Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель
Коми научный центр
УрО РАН

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

№2(10) **2012**

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,* к.т.н. *И.И. Волкова,*
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. Дегтева,* к.геогр.н. *Т.Е. Дмитриева,*
д.и.н. *И.Л. Жеребцов,* чл.-корр. РАН *А.В. Кучин,*
д.г.-м.н. *О.Б. Котова,* д.б.н. *Н.В. Ладанова* (отв. секретарь),
чл.-корр. РАН *В.Н. Лаженцев* (зам. главного редактора),
чл.-корр. РАН *И.М. Рощевская,* к.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,* акад. *Н.П. Юшкин*

Редакционный совет:

акад. *В.В. Алексеев,* чл.-корр. РАН *В.Н. Анфилогов,*
чл.-корр. РАН *В.И. Бердышев,* акад. *В.Н. Большаков,*
д.э.н. *В.Н. Задорожный,* 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,* акад. *Ю.С. Оводов,*
чл.-корр. РАН *Е.В. Пименов,* акад. *М.П. Рощевский,*
чл.-корр. РАН *А.Ф. Титов,* 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

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.

© Коми научный центр УрО РАН, 2012

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

А.В. Жубр. Об одной экстремальной задаче на многомерном кубе..... 4
В.Р. Шагинян, К.Г. Попов. Сильнокоррелированная спиновая жидкость в гербертсмитите 12

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Н.А. Секушин, П.В. Истомин, Ю.И. Рябков, Б.А. Голдин. Электрические свойства керамики, синтезированной из ильменитсодержащего природного сырья 20

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

С.В. Дёгтева, Н.Н. Гончарова. Проблемы охраны болот Республики Коми 29
И.В. Новаковская, Е.Н. Патова. Коллекция живых штаммов микроводорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН и перспективы ее использования 36
Е.Н. Мелехина, А.Н. Зиновьева. Первые сведения о панцирных клещах (acari: oribatida) хребта Пай-Хой (Югорский полуостров). 42
Д.А. Каверин, А.В. Пастухов, Г.Г.Мажитова. О современном состоянии почвенно-геокриологического комплекса в южной тундре европейского Северо-Востока 51
И.А. Кузнецова, И.Н. Коркина, И.В. Ставишенко, Л.В. Черная, М.Я.Чеботина, С.Б. Холостов. К организации комплексного мониторинга состояния природной среды в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей на территории Северного Урала 57
А.П. Скоромец, Ю.В. Ветчинкина, А.В. Ветчинкин. Динамика накопления аутоантител к NMDA-рецепторам и белку S-100 у доношенных новорожденных, родившихся в условиях асфиксии 68

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

С.Н. Шанина, Т.М. Безносова. Аминокислоты в раннепалеозойских брахиоподах Тимано-Североуральского бассейна 73
М.Н. Буравская, Ю.В. Голубева, Т.И. Марченко-Вагапова. Расчленение старичных отложений в обнажении Седкыркещ (среднее течение р. Вычегды) по результатам комплексного анализа.....84

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

И.Н. Андронов, Н.П. Богданов, Н.А. Северова. Деформационные эффекты в никелиде титана после тренировки изотермическим механоциклированием 98
Ю.Г. Смирнов. Математическое моделирование процесса очистки сточных вод от нефти с использованием магнитных наночастиц 104

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Р.Д.Голдина. Истоки «дальнего импорта» в Приуралье..... 108
М.Г. Иванова, И.В. Журбин. Междисциплинарные исследования археологических памятников Камско-Вятского региона: некоторые итоги и задачи 120
И.М. Нуриева. О генезисе жанра удмуртских импровизаций-*крезей*..... 131
Г.С. Савельева. География Выми в песенном фольклоре..... 137

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Т.Е. Дмитриева, В.А.Щенявский. Пространство и развитие внутреннего туризма в Республике Коми 144
И.С. Мальцева. Локальные системы в агропромышленном комплексе Республики Коми 152

РЕЦЕНЗИИ 159

ХРОНИКА 161

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ (ЮБИЛЕИ) 168

CONTENTS

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

A.V. Zhubr. On one extremal problem for n-cube 4
V.R. Shaginyan, K.G. Popov. Strongly correlated spin liquid in herbertsmithite 12

CHEMICAL SCIENCES

N.A. Sekushin, P.V. Istomin, Yu.I. Ryabkov, B.A. Goldin. Electrical properties of ceramics synthesized from natural ilmenite-containing raw materials 20

BIOLOGICAL SCIENCES

S.V. Degteva, N.N. Goncharova. Problems of mire ecosystems protection in the Komi Republic 29
I.V. Novakovskaya, E.N. Patova. Collection of living microalgae strains of the Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, and its perspective using 36
E.N. Melekhina, A.N. Zinovyeva. First data on oribatid mites (Acari: Oribatida) of Pay-Khoy ridge (Yugor peninsula) 42
D.A. Kaverin, A.V. Pastukhov, G.G. Mazhitova. The present state of soil-geocryological complex in the southern tundra of the European northeast 51
I.A. Kuznetsova, I.N. Korkina, I.V. Stavishenko, L.V. Chernaya, M.Ya. Chebotina, S.B. Holostov. To organization of complex monitoring of environment condition in the area of falling of separating parts of carrier-rockets in territory of the Northern Urals 57
A.P. Skoromets, Yu.V. Vetchinkina, A.V. Vetchinkin. Dynamics of accumulation of autoantibodies to NMDA-receptors and protein S-100 in full term newborns born in asphyxia .. 68

GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

S.N. Shanina, T.M. Beznosova. Amino acids of the Early Paleozoic brachiopods in the Timan-North Urals basin 73
M.N. Buravskaya, Yu.V. Golubeva, T.I. Marchenko-Vagapova. Separation of Holocene sediments at the Sedkyrkeshch section (the Middle Vychegda river) based on integrated analysis 84

TECHNICAL SCIENCES

I.N. Andronov, N.P. Bogdanov, N.A. Severova. Deformation effects in titanium nickelide after training by isothermal mechanocycling 98
Yu.G. Smirnov. Mathematical modeling of wastewater treatment from oil using magnetic nanoparticles 104

HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES

R.D. Goldina. On the origins of “distant import” in the Pre-Urals region 108
M.G. Ivanova, I.V. Zhurbin. Interdisciplinary research of archaeological sites of the Kama-Vyatka region: some results and problems 120
I.M. Nurieva. About the origin of *krez’* as a genre of Udmudt improvisations 131
G.S. Savelyeva. Geography of the Vym in folk songs 137

SOCIAL SCIENCES

T.E. Dmitrieva, V.A. Shchenyavsky. Space and development of domestic tourism in the Komi Republic 144
I.S. Maltseva. Local systems in the agro-industrial complex of the Komi Republic 152

REVIEWS 159

CHRONICLE 161

OFFICIAL (ANNIVERSARIES) 168

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 514.124,519.146

ОБ ОДНОЙ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ НА МНОГОМЕРНОМ КУБЕ

А.В. ЖУБР

Отдел математики, Коми научный центр УрО РАН, г.Сыктывкар
avzhubr@gmail.com

Строятся контрпримеры к двум гипотезам, касающимся экстремальных свойств одномерных проекций n-мерного куба и имеющим теоретико-вероятностную мотивировку.

Ключевые слова: **n-мерный куб, сферическая геометрия, вероятности больших отклонений**

A.V. ZHUBR. **ON ONE EXTREMAL PROBLEM FOR N-CUBE**

Counterexamples are constructed for two conjectures concerning certain extremal properties of one-dimensional projections of the n-cube, and having probabilistic motivation.

Key words: **n-cube, spherical geometry, tail probabilities**

В ходе одного довольно давнего моего разговора с С.Г. Бобковым речь зашла о гипотезах, касающихся вероятностей больших уклонений (tail probabilities) для линейных комбинаций независимых бернуллиевских случайных величин с $p = \frac{1}{2}$. Гипотезы допускали довольно очевидную геометрическую формулировку и, как мне показалось, должны были решаться в отрицательном смысле. Через несколько дней у меня действительно получились контрпримеры, вызвавшие некоторое обсуждение, но так тогда и не опубликованные. Настоящая заметка представляет собой изложение этих контрпримеров вместе с некоторыми более поздними исправлениями и дополнениями. Применяемые здесь методы совершенно элементарны, за исключением разве что некоторых хорошо известных фактов римановой геометрии в последних разделах.

1. Формулировка задачи

Для ненулевого $x \in \mathbb{R}^n$ и для произвольного $t \in \mathbb{R}$ обозначим через $\mu(x,t)$ число тех $a \in \{\pm 1\}^n$, для которых выполнено неравенство

$$x{\cdot}a \geqslant t \cdot |x| \,, \tag{1}$$

где $x{\cdot}a = \sum_{i=1}^n x_i a_i$ и $|x| = \sqrt{x{\cdot}x}$ обозначают обычные скалярное произведение и норму в $\mathbb{R}^n$. Функция $\mu(x,t)$ описывает, таким образом, образ множества $\{\pm 1\}^n$ при ортогональной проекции на прямую $\mathbb{R}x$. В геометрическом смысле при определении функции $\mu(x,t)$ более естественным было бы считать, что вектор x — единичный (т. е. принадлежит сфере S^{n-1}), и в этом случае (1) записывалось бы просто как $x{\cdot}a \geqslant t$; нам, однако, будет технически удобнее рассматривать векторы произвольной длины.

Функцию $\mu(x,t)$ можно, конечно, определить в вероятностных терминах. Пусть $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ — независимые случайные величины, принимающие равновероятно значения ± 1. Определим семейство случайных величин $\varepsilon_x = \sum_i x_i \varepsilon_i / |x|$; тогда, очевидно,

$$2^{-n}\mu(x,t) = \mathbb{P}\big\{\varepsilon_x \geqslant t\big\} = 1 - F_x(t) \,, \tag{2}$$

где $F_x(t)$ — функция распределения случайной величины ε_x.

Из определения ясно, что функция $\mu(x,t)$ — ступенчатая (принимает конечное число значений), непрерывна слева и убывает по t, полунепрерывна сверху по x, и что $\mu(x,t) = 2^n$ при $t < -\sqrt{n}$ и $\mu(x,t) = 0$ при $t > \sqrt{n}$. Очевидно также, что функция $\mu(x,t)$ обладает следующими свойствами инвариантности:

$$\mu(gx) = \mu(x) \tag{3}$$

для любого $g \in G$, где $G \subset O(n)$ — группа симметрий множества $\{\pm 1\}^n$, порожденная всевозможными перестановками координат и заменами их знаков, и

$$\mu(\lambda x, t) = \mu(x,t) \tag{4}$$

для любого $\lambda \neq 0$. Кроме того, нетрудно убедиться посредством обычного теоретико-множественного вычитания, что имеет место равенство

$$\mu(t) = 2^n - \mu(-t+0) \,, \tag{5}$$

где «$+0$» обозначает, как обычно, предел справа (очевидно, он требуется для того, чтобы «не потерять» те точки a, для которых (1) обращается в равенство).

Естественным образом возникает вопрос об экстремальном поведении функции $\mu(x,t)$ (или, что равносильно, вероятностей (2)) по отношению к параметру x. Введем обозначения

$$M(t) = \sup_x \mu(x,t) \tag{6}$$

и

$$m(t) = \inf_x \mu(x,t)\ . \tag{7}$$

Из сказанного выше следует, что обе функции равны 2^n при $t < -\sqrt{n}$ и нулю при $t > \sqrt{n}$, что обе они убывают на отрезке $[-\sqrt{n}, \sqrt{n}]$, и что функция $M(t)$ непрерывна слева, а $m(t)$ — справа. Кроме того, имеется соотношение

$$m(t) = 2^n - M(-t+0) \tag{8}$$

— прямое следствие формулы (5). Заметим еще, что, как нетрудно убедиться, $m(t) = 0$ при $t > 1$ (соответственно, $M(t) = 2^n$ при $t < -1$). Достаточно, таким образом, уметь вычислять или оценивать функцию $M(t)$ на отрезке $[-1, \sqrt{n}]$.

Обозначим через $D(t)$ множество

$$\left\{x \in \mathbb{R}^n \;\middle|\; \mu(x,t) = M(t)\right\}$$

(ясно, что $D(t)$ замкнуто и непусто для любого $t \in \mathbb{R}$). Из (3),(4) следует, что множества $D(t)$ инвариантны относительно соответствующих преобразований координат. Поэтому здесь можно ограничиться лишь теми $x \in \mathbb{R}^n$, которые удовлетворяют условиям

$$x_1 \geqslant x_2 \geqslant \ldots \geqslant x_n \geqslant 0$$

и, кроме того, считать, что выполняется то или другое условие нормировки, например $|x| = 1$ или $x_1 = 1$.

«Максимально благоприятная» ситуация могла бы состоять, например, в следующем: для каждого значения параметра t мы явно указываем конечное множество $X(t)$, удовлетворяющее условию $X(t) \cap D(t) \neq \varnothing$. Вычисление значений функции $M(t)$ свелось бы тогда, для каждого t, к вычислению максимума функции $\mu(x,t)$ на множестве $X(t)$, т. е., в итоге, к конечному перебору.

Следующая гипотеза предполагает именно такой вариант событий:

Предположение 1. *Каждое множество $D(t)$ содержит по меньшей мере одну из точек вида*

$$x(n,k) = (\underbrace{1,\ldots,1}_{n-k},\underbrace{0,\ldots,0}_{k}), \quad k = 0,1,\ldots,n-1. \tag{9}$$

Мы будем называть это предположение «сильной гипотезой», в отличие от «слабой гипотезы», которая формулируется в следующем параграфе. В том случае, если «сильная гипотеза» верна, исследование функции $M(t)$ сводится к вычислению всевозможных значений $\mu(x(n,k),t)$, что не представляет проблемы: нетрудно убедиться, что имеет место равенство

$$\mu(x(n,k),t) = 2^n\left(1 - F\left(\frac{t\sqrt{n-k}+n-k}{2}\right)\right),$$

где $F(y)$ — биномиальная функция распределения с параметрами k (объем выборки) и $\frac{1}{2}$ (вероятность успеха). Оказывается, однако, что дело обстоит не столь хорошо.

2. Контрпример к предположению 1

Начиная с этого момента везде предполагается, что $n \geqslant 5$. Положим

$$x_* = (1, \lambda_*, \ldots, \lambda_*), \tag{10}$$

где $\lambda_* = (n-3)/(n-1)$, и

$$t_* = |x_*| = \sqrt{1 + (n-1)\lambda_*^2} = \sqrt{\frac{n^2-5n+8}{n-1}}. \tag{11}$$

Лемма 1. *Имеют место следующие неравенства:*

$$t_* \cdot |x(n,k)| > n-k-2; \tag{12}$$

$$t_* \cdot |x(n,k)| > n-k \text{ при } k \geqslant 4; \tag{13}$$

$$t_* \cdot |x(n,k)| \leqslant n-k \text{ при } k \leqslant 3. \tag{14}$$

Доказательство. (а) Неравенство (12) может быть записано в виде

$$t_* > \frac{n-k-2}{\sqrt{n-k}},$$

где правая часть, как нетрудно убедиться, представляет собой убывающую функцию переменной k. Таким образом, достаточно проверить последнее неравенство для $k = 0$, где оно (после возведения в квадрат) принимает вид

$$\frac{n^2-5n+8}{n-1} > \frac{(n-2)^2}{n}$$

и устанавливается непосредственно.

(б) Аналогичным образом, неравенство (13) может быть записано в виде $t_* > \sqrt{n-k}$. Здесь правая часть также убывает по k, так что все сводится к

$$\frac{n^2-5n+8}{n-1} > n-4$$

и также проверяется непосредственно.

(в) Наконец, неравенство (14) достаточно проверить для $k = 3$, где оно оказывается равносильным принятому выше условию $n \geqslant 5$.

□

Теорема 1. *Имеют место следующие равенства:*

$$\mu(x_*, t_*) = n; \tag{15}$$

$$\mu\big(x(n,k), t_*\big) = \begin{cases} 2^k & \text{при } k \leqslant 3, \\ 0 & \text{при } k \geqslant 4. \end{cases} \tag{16}$$

Доказательство. (а) Выражение

$$x_* \cdot a = a_1 + \lambda_* \sum_{i=2}^{i=n} a_i, \quad a \in \{\pm 1\}^n$$

достигает максимума $n-2$ при $a = (1,1,\ldots,1)$. Значение, непосредственно предшествующее этому максимуму, получается при замене знака одной из координат a_2, a_3, $\ldots$, a_n с плюса на минус; как легко убедиться, это значение равно $(n^2-5n+8)/(n-1)$, т. е. $t_* \cdot |x_*|$. Таким образом, получается ровно n решений неравенства (1), что и доказывает соотношение (15).

(б) Если $a \in \{\pm 1\}^n$ удовлетворяет неравенству (1) с $x = x(n,k)$ и $t = t_*$, то, в силу (12), мы имеем

$$a_1 + a_2 + \ldots + a_{n-k} > n-k-2, \tag{17}$$

что возможно лишь при $(a_1, \ldots, a_{n-k}) = (1, \ldots, 1)$. Это значит, что все решения неравенства (1) содержатся, при данных значениях параметров, среди 2^k точек вида

$$a = (\underbrace{1,\ldots,1}_{n-k},\underbrace{\pm 1,\ldots,\pm 1}_{k}). \tag{18}$$

При этом в случае $k \leqslant 3$ из (14) следует, что все точки вида (18) и в самом деле являются решениями. С другой стороны, при $k \geqslant 4$ вместо неравенства (17) должно было бы выполняться, в силу (13), более сильное неравенство

$$a_1 + a_2 + \ldots + a_{n-k} > n - k,$$

что, разумеется, невозможно для $a \in \{\pm 1\}^n$. □

Следствие 1. *При $n \geqslant 9$ множество $D(t_*)$ не содержит точек $x(n,k)$.*

3. Продолжение темы: «слабая гипотеза» и второй контрпример

Характер построенного выше контрпримера наводит на мысль, что, возможно, максимумы функции $\mu(x,t)$ следует искать среди точек, координаты которых принимают два различных значения (именно к такому типу относится точка x_*, участвующая в построении этого контрпримера). Для любых значений $k \in \{1,2,\ldots,n-1\}$ и $\lambda \in [0,1]$ положим

$$x(n,k,\lambda) = (\underbrace{1,\ldots,1}_{n-k},\underbrace{\lambda,\ldots,\lambda}_{k}).$$

Определенное таким образом семейство точек $x(n,k,\lambda)$ содержит все встречавшиеся выше: очевидно, $x(n,k,0) = x(n,k)$ и $x(n,n-1,\lambda_*) = x_*$.

Предположение 2. *Каждое множество $D(t)$ содержит по меньшей мере одну из точек $x(n,k,\lambda)$.*

Но и это оказывается неверным. Положим

$$x_{**} = (1,\underbrace{\lambda_{**},\ldots,\lambda_{**}}_{n-2},0)\ , \qquad (19)$$

где $\lambda_{**} = (n-4)/(n-2)$, и

$$t_{**} = |x_{**}| = \sqrt{1+(n-2)\lambda_{**}^2} = \sqrt{\frac{n^2-7n+14}{n-2}} \qquad (20)$$

(таким образом, x_{**} и t_{**} — это просто x_* и t_* для размерности $n-1$).

Теорема 2.

1. *Имеет место равенство $\mu(x_{**},t_{**}) = 2(n-1)$;*
2. *При $n \geqslant 6$ для любых допустимых k и λ имеет место неравенство $\mu(x(n,k,\lambda),t_{**}) \leqslant n+12$.*

Следствие 2. *При $n \geqslant 15$ множество $D(t_{**})$ не содержит точек вида $x(n,k,\lambda)$.*

Доказательство теоремы 2 существенно более утомительно, чем доказательство теоремы 1. Вместо того, чтобы пытаться изложить здесь это доказательство, мы сначала перейдем к более геометрической точке зрения, которая позволит сделать оба доказательства значительно более «мотивированными».

4. Переформулировка задачи. Поверхность n-мерного куба и геометрия $(n-1)$-мерной сферы

n-мерным кубом здесь называется множество $[-1,1]^n \subset \mathbb{R}^n$, обозначаемое короче Δ^n. Для каждого $k \in \{0,1,\ldots,n-1\}$ куб Δ^n имеет набор k-мерных клеток — подмножеств, каждое из которых изометрично k-мерному кубу и получается посредством выбора каких-то $n-k$ координат и присвоения каждой из них значения 1 или -1 (ясно, что число таких клеток $2^{n-k}C_n^k$). Нульмерные клетки называются, как обычно, вершинами, одномерные — ребрами, $(n-1)$-мерные — гранями. Как правило, произвольные вершины мы обозначаем малыми буквами a,b,c, а произвольные клетки других размерностей — большими буквами A,B,C. Множество всех клеток куба Δ^n размерности k, т. е. его k-мерный остов, обозначается Δ_k^n, так что выражение $A \in \Delta_k^n$ равносильно фразе «A является k-мерной клеткой». Нульмерный остов $\Delta_0^n = \{\pm 1\}^n$ — то самое множество, на котором решается наше неравенство (1). Объединение же всех граней, обозначаемое далее через $\partial\Delta^n$,— не что иное как граница (поверхность) куба, гомеоморфная сфере S^{n-1}, и мы будем считать, что точка x, участвующая в неравенстве (1),— иначе говоря значение первого аргумента функции $\mu(x,t)$ — выбирается как раз из множества $\partial\Delta^n$. Нам будет удобно сохранить аналогичные обозначения и для клеток куба Δ^n (также являющихся кубами), так что, например, A_0 обозначает множество всех вершин клетки A и т. д.

Для любых $a,b \in \Delta_0^n$ с $a \neq \pm b$ однозначно определена клетка, для которой отрезок $[a,b]$ является главной диагональю и которая будет обозначаться $[[a,b]]$. Как нетрудно видеть, размерность клетки $[[a,b]]$ совпадает с расстоянием Хэмминга $h(a,b)$ (числом тех $i \in \{1,\ldots,n\}$, для которых $a_i \neq b_i$).

Мы введем, для удобства последующих формулировок, ряд констант, являющихся точками или клетками куба Δ^n (некоторые из этих констант уже встречались выше под другими наименованиями). Через $\mathbf{p}_0$ мы обозначаем «лексикографически максимальную» вершину куба — точку $(1,\ldots,1)$, а через $\mathbf{p}_k$, для $k \in \{1,\ldots,n\}$,— «максимальную» вершину из находящихся на расстоянии Хэмминга k от $\mathbf{p}_0$:

$$\mathbf{p}_k = (\underbrace{1,\ldots,1}_{n-k},\underbrace{-1,\ldots,-1}_{k}).$$

Далее, $\mathbf{E}_k$ обозначает «лексикографически максимальную» k-мерную клетку:

$$\mathbf{E}_k = [[\mathbf{p}_0,\mathbf{p}_k]] = \{(1,\ldots,1,\lambda_1,\ldots,\lambda_k)\}, \quad -1 \leqslant \lambda_i \leqslant 1.$$

Центр клетки $\mathbf{E}_k$ (или, что то же самое, центр отрезка $[\mathbf{p}_0,\mathbf{p}_k]$) обозначается через $\mathbf{x}_k$ (эта же точка в разделе 1 записывалась как $x(n,k)$); для произвольного $\lambda \in [0,1]$, точка $(1,\ldots,1,\lambda,\ldots,\lambda)$ отрезка $[\mathbf{p}_0,\mathbf{x}_k]$ (точка $x(n,k,\lambda)$ предыдущего раздела) обозначается более компактно как $\mathbf{x}_k^\lambda$. Если по каким-то причинам нам потребуется в явном виде указать размерность «основного» куба Δ^n, то будем писать $\mathbf{p}_k(n)$, $\mathbf{E}_k(n)$, $\mathbf{x}_k(n)$ и т. д.

Мы рассматриваем $\mathbb{R}^{n-1}$ как подмножество пространства $\mathbb{R}^n$, заданное уравнением $x_n = 0$, так что $\Delta^n \cap \mathbb{R}^{n-1} = \Delta^{n-1}$ (таким образом, Δ^{n-1} *не является* гранью куба Δ^n) и $\mathbf{E}_k(n) \cap \mathbb{R}^{n-1} = \mathbf{E}_{k-1}(n-1)$. Проекция $\mathbb{R}^n \to \mathbb{R}^{n-1}$ отображает Δ_0^n на Δ_0^{n-1}, при этом у каждой вершины $a \in \Delta_0^{n-1}$ имеется два прообраза, которые мы обозначаем a^+ и a^-, в зависимости от знака последней координаты. Очевидно, что в этих обозначениях имеем $\mathbf{p}_0(n) = \mathbf{p}_0(n-1)^+$, и $\mathbf{p}_k(n) = \mathbf{p}_{k-1}(n-1)^-$ при $k \geqslant 1$.

Как уже отмечалось, множество $\partial\Delta^n$ — это топологическая сфера. Рассмотрим «радиальный» гомеоморфизм

$$p : \partial\Delta^n \to S^{n-1}, \quad p(x) = x/|x|.$$

Сфера S^{n-1} (множество всех $x \in \mathbb{R}^n$ с $|x| = 1$) рассматривается здесь как риманово многообразие с индуцированной метрикой $d(x, y) = \arccos x{\cdot}y$. Как хорошо известно, соответствующие этой метрике кратчайшие (геодезические линии) — это дуги «больших кругов», т. е. окружностей радиуса 1, получающихся как пересечения сферы S^{n-1} с проходящими через начало координат плоскостями (двумерными подпространствами в $\mathbb{R}^n$). Гомеоморфизм p индуцирует метрику на $\partial\Delta^n$, которую мы обозначаем той же буквой d:

$$d(x, y) = \arccos \frac{x{\cdot}y}{|x| \cdot |y|}. \tag{21}$$

В дальнейшем, говоря о расстояниях, геодезических линиях, углах и т. д. на поверхности куба, мы будем иметь в виду именно эту метрику (иногда, впрочем, может оказаться более удобным посмотреть на эту ситуацию «с другой стороны» и считать, что не метрика сферы перенесена на поверхность куба, а, наоборот, клеточное разбиение поверхности куба перенесено на сферу). Заметим, что «геодезические линии» на $\partial\Delta^n$ в смысле определенной таким образом метрики — это радиальные прообразы больших кругов сферы, т. е. пересечения поверхности куба с двумерными подпространствами; в частности, геодезические внутри клеток куба — это, как и в евклидовой метрике, прямолинейные отрезки. Конечно, расстояния и углы в сферической метрике на $\partial\Delta^n$ отличаются от евклидовых, однако полезно иметь в виду, что на множестве вершин куба все три расстояния — евклидово, сферическое и расстояние Хэмминга — являются монотонными функциями друг друга. Что касается измерения углов, то можно отметить, что радиальная проекция любой клетки куба на сферу сохраняет углы в центре этой клетки (точнее, дифференциал радиальной проекции в соответствующей точке является гомотетией, ср. ниже доказательство леммы 3); это означает, что «сферический» угол между линиями, принадлежащими некоторой клетке и пересекающимися в ее центре, совпадает с обычным евклидовым углом.

Неравенство (1) теперь можно, введя обозначение

$$r_n(t) = \arccos \frac{t}{\sqrt{n}}, \tag{22}$$

записать как

$$d(x, a) \leqslant r_n(t)\ , \tag{23}$$

так что $\mu(x, t)$ оказывается числом вершин, попадающих в замкнутый шар

$$B_r(x) = \{y \mid d(x, y) \leqslant r\}$$

с центром в точке x радиуса $r = r_n(t)$. Отметим еще раз, что «шар» здесь понимается в смысле сферической метрики, при этом, в силу принятых нами соглашений, и в зависимости от удобства, мы можем наши вершины и шары представлять как на поверхности куба $\partial\Delta^n$, так и на сфере S^{n-1}.

5. Некоторые метрические соотношения на поверхности n-мерного куба

Введем теперь некоторый набор числовых констант, связанных с «взаимодействием» метрики d и клеточного разбиения куба. Для $k \in \{1, \dots, n-1\}$ мы обозначаем через δ_k сферический диаметр (длину диагонали) клетки $\mathbf{E}_k$ (или, что то же, произвольной k-мерной клетки куба Δ^n):

$$\delta_k = d(\mathbf{E}_k) = d(\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_k) = \arccos\left(1 - \frac{2k}{n}\right). \tag{24}$$

По-другому можно сказать, что δ_k — это сферическое расстояние между любыми двумя вершинами a, b с $h(a, b) = k$ (напомним, что $h(a, b)$ здесь — расстояние Хэмминга). Через ρ_k удобно обозначить соответствующий радиус:

$$\rho_k = \frac{\delta_k}{2} = \arccos\sqrt{1 - \frac{k}{n}} = \arcsin\sqrt{\frac{k}{n}}. \tag{25}$$

Далее, для любых $k \in \{2, \dots, n-1\}$, $i \in \{1, \dots, [k/2]\}$, мы обозначаем через η_k^i сферическое расстояние между отрезком $[\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_k]$ и точкой $\mathbf{p}_i$ или, что эквивалентно, между произвольным отрезком $[a, b]$ длины Хэмминга k и произвольной вершиной $c \in [[a, b]]_0$ с $h(c, \{a, b\}) = i$:

$$\eta_k^i = \min_\lambda d\big(\mathbf{p}_i, \mathbf{x}_k^\lambda\big) = \arccos\left(\max_\lambda \frac{n - k + (k - 2i)\lambda}{\sqrt{n(n - k + k\lambda^2)}}\right) \tag{26}$$

(условие $i \leqslant [k/2]$ связано с тем очевидным фактом, что $[k/2]$ — это наибольшее возможное расстояние Хэмминга между главной диагональю k-мерной клетки и какой-то ее вершиной). Соответствующее значение λ_* нетрудно вычислить посредством элементарного дифференцирования:

$$\lambda_* = \frac{k - 2i}{k} \tag{27}$$

(загадочным образом, λ_* оказывается здесь не зависящим от n и, более того, совпадающим с тем, что получилось бы в случае евклидовой метрики). Пусть $\mathbf{q}_k^i = \mathbf{x}_k^{\lambda_*}$ обозначает основание перпендикуляра, опущенного из вершины $\mathbf{p}_i$ на отрезок $[\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_k]$. Рутинная подстановка дает:

$$\eta_k^i = d(\mathbf{p}_i, \mathbf{q}_k^i) = \arccos\frac{\sqrt{k(n-k) + (k-2i)^2}}{\sqrt{kn}}. \tag{28}$$

Далее нам окажутся полезными и другие варианты этой же формулы:

$$\begin{aligned} \eta_k^i &= \arccos\sqrt{1 - \frac{4i}{n}\Big(1 - \frac{i}{k}\Big)} = \\ &= \arccos\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\sqrt{n - 4i + \frac{4i^2}{k}}\right). \end{aligned} \tag{29}$$

Приведем теперь некоторый набор неравенств, связывающих введенные выше величины; доказательства большинства из них представляют собой простую проверку и будут поэтому опускаться.

Цепочка неравенств

$$\rho_1 < \rho_2 < \ldots < \rho_{n-1} < \tfrac{\pi}{2} \tag{30}$$

— следствие формулы (25). Далее, как нетрудно проверить,

$$\rho_3 < \delta_1 < \rho_4 \quad \text{при } n \geqslant 5 \tag{31}$$

(напомним, что, начиная с раздела 2, условие $n \geqslant 5$ предполагается выполненным). В действительности, нетрудно доказать более общее утверждение:

$$\rho_{4k-1} < \delta_k < \rho_{4k} \quad \text{при } n > 4k^2. \tag{32}$$

(Доказательство: вычисляя косинусы, перепишем данные неравенства в виде

$$\sqrt{n-(4k-1)} > \sqrt{n} - 2k/\sqrt{n} > \sqrt{n-4k},$$

что после возведения в квадрат и упрощения превратится в $1 > 4k^2/n > 0$.)

Замечание 1. Условие $n > 4k^2$ нужно только для первого из неравенств, второе лишь естественно предполагает, что $n > 4k$.

Замечание 2. В евклидовом случае второе неравенство превратилось бы в равенство, в сферической же метрике радиусы ρ_k растут быстрее из-за кривизны.

Следующая цепочка неравенств

$$\eta_k^1 < \eta_k^2 < \ldots < \eta_k^{[k/2]} \tag{33}$$

непосредственно следует из формулы (28) (выражение в числителе очевидным образом убывает при возрастании i).

Наконец, можно «уплотнить» цепочку неравенств (31), вставив туда величину η_{n-1}^1:

$$\rho_3 \leqslant \eta_{n-1}^1 < \delta_1 \tag{34}$$

(опять для $n \geqslant 5$; фактически, при $n \geqslant 6$ имеет место строгое неравенство $\rho_3 < \eta_{n-1}^1$).

Замечание 3. Подобным же образом «уплотняется» более общая цепочка (32):

$$\rho_{4k-1} \leqslant \eta_{n-1}^k < \delta_k \quad \text{при } n \geqslant 4k^2+1.$$

Мы закончим этот раздел несколькими более или менее тривиальными леммами, речь в которых будет идти о треугольниках на сфере (или, что равносильно, на поверхности куба). Выражение вида «треугольник ABC» (или, в другом варианте обозначений, «треугольник xyz») будет означать, как обычно, треугольник с вершинами A, B и C (или, соответственно, x, y и z) и соединяющими их кратчайшими геодезическими (дугами больших окружностей длины $< \pi$). В варианте «треугольника ABC» длины этих дуг (как и сами дуги) обозначаются, соответственно, a, b и c, выражение «угол C» обозначает угол, образованный парой дуг a, b в точке C и т. д. В варианте «треугольника xyz» мы обозначаем стороны треугольника (как и их длины) xy, yz и xz, а угол при вершине, скажем y,— как $\widehat{xyz}$. Кроме того, выражения вида «треугольник xyz» или «угол $\widehat{xyz}$» будут использоваться в ситуации, когда x, y и z — точки на поверхности куба (имея в виду треугольник, образованный их проекциями на сферу и добавляя иногда слово «сферический» для предотвращения возможной двусмысленности).

Лемма 2. *При $2i < k$ имеют место неравенства $\mathbf{p}_0\mathbf{q}_k^i < \eta_k^i < \rho_k$; при $2i = k$ оба неравенства становятся равенствами.*

Доказательство. Указанные соотношения нетрудно проверить аналитически, как все предыдущие. Вместо этого мы приведем «синтетическое» рассуждение. Рассмотрим для любой допустимой пары индексов k, i треугольник $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_i\mathbf{x}_k$, образованный двумя вершинами клетки $\mathbf{E}_k$ и ее центром (и дополним его затем до бóльшего треугольника, добавив вершину $\mathbf{p}_k$, см. рис. 1).

Треугольник $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_i\mathbf{x}_k$ — равнобедренный: его боковые стороны равны радиусу клетки $\mathbf{E}_k$, т. е. ρ_k. Далее, при $2i < k$ угол при вершине $\mathbf{x}_k$ острый — это следует из того, что $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_i < \mathbf{p}_i\mathbf{p}_k$, что, в свою очередь, вытекает из $i < k - i$. Следовательно, отрезок $\mathbf{p}_i\mathbf{q}_k^i$ (перпендикуляр из вершины $\mathbf{p}_i$ к стороне $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_k$) проходит внутри треугольника, так что угол при вершине $\mathbf{p}_i$ треугольника $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_i\mathbf{q}_k^i$ меньше угла при $\mathbf{p}_0$. Осталось применить известное правило «против мéньшего угла — мéньшая сторона». Наконец, при $2i = k$ треугольник $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_i\mathbf{x}_k$ становится прямоугольным (ввиду $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_i\mathbf{p}_k$), так что точка $\mathbf{q}_k^i$ совмещается с $\mathbf{x}_k$, и оба неравенства становятся равенствами. Уточним еще раз, что расстояния и углы понимаются здесь в смысле геометрии на сфере. □

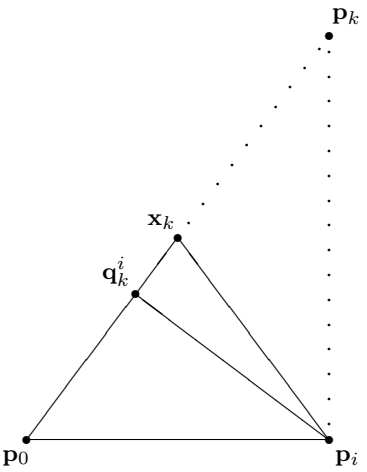


Рис. 1. К доказательству леммы 2.

Пусть A, B — клетки куба Δ^n (предполагается, что их размерности положительны, т. е. это не вершины). Будем называть эти клетки *дополнительными в вершине* c, если выполнены условия:

1. $\dim A + \dim B = n$;
2. $A \cap B = \{c\}$.

Очевидно, аффинные оболочки клеток A и B будут в этом случае ортогональными дополнениями друг друга в смысле евклидовой геометрии. Клетка B (однозначно определенная клеткой A и вершиной c) будет в этой ситуации обозначаться через $A^{\perp_c}$. Легко убедиться, что $[[a,b]]^{\perp_b} = [[b,-a]]$.

Лемма 3. *Пусть A, B — дополнительные клетки куба с общей вершиной c. Пусть $x \in A$, $y \in B$ — точки, отличные от c. Тогда (сферический) угол $\widehat{xcy}$ не меньше $\pi/2$.*

Доказательство. Проекция $p : \partial\Delta^n \to S^{n-1}$ переводит отрезки $[c,x]$ и $[c,y]$ в дуги cx и cy и, соответственно, дифференциал $d_c p$ переводит векторы $v = \overrightarrow{cx}$

и $w = \overrightarrow{cy}$ в касательные векторы к этим дугам в точке c. Пусть l_c — прямая в пространстве $\mathbb{R}^n$, проходящая через вершину c и $l_c^\perp$ — ее ортогональное дополнение. Отображение $d_c p$ может быть, с точностью до умножения на константу, отождествлено с обычной ортогональной проекцией $\mathbb{R}^n \to l_c^\perp$. Мы можем считать (применив при необходимости соответствующее преобразование координат), что $A = \mathbf{E}_k$ и $a = \mathbf{p}_0$, т. е.

$$A = [[\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_k]] = \{(1, \dots, 1, \alpha_1, \dots, \alpha_k)\},$$
$$B = [[\mathbf{p}_0, -\mathbf{p}_k]] = \{(\beta_1, \dots, \beta_{n-k}, 1, \dots, 1)\}$$

с $-1 \leqslant \alpha_i, \beta_j \leqslant 1$. Векторы $v = x - c$ и $w = y - c$ запишутся тогда в координатах как

$$v = (0, \dots, 0, v_1, \dots, v_k),$$
$$w = (w_1, \dots, w_{n-k}, 0, \dots, 0),$$

с $v_i, w_j \leqslant 0$. Проделав теперь рутинное упражнение по линейной алгебре и вычислив проекции $\tilde{v}, \tilde{w}$ векторов v, w на гиперплоскость $l_c^\perp$, получаем

$$\tilde{v} \cdot \tilde{w} = -\frac{\sum_i v_i \cdot \sum_j w_j}{n} \leqslant 0.$$

□

Лемма 4. *Пусть x — центр клетки $[[a, b]]$ и y — произвольная точка дополнительной клетки $[[a, b]]^{\perp_b} = [[b, -a]]$. Тогда угол $\widehat{axy}$ не меньше $\frac{\pi}{2}$.*

Доказательство здесь полностью аналогично предыдущему.

Лемма 5. *Пусть заданы $a_0, b_0 \in (0, \pi/2]$. Пусть сферический треугольник ABC удовлетворяет условиям:*

1. *$C \geqslant \pi/2$;*
2. *$a \geqslant a_0$, $b \geqslant b_0$;*
3. *хотя бы одна из длин a, b не превосходит $\pi/2$.*

Тогда выполнено неравенство:

$$c \geqslant \arccos(\cos a_0 \cdot \cos b_0). \tag{35}$$

Доказательство. Это немедленно следует из «формулы косинусов» для сферического треугольника:

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C$$

(см. [1]). Заметим, что $\arccos(\cos a_0 \cdot \cos b_0)$ — это, согласно «сферической теореме Пифагора», длина гипотенузы сферического прямоугольного треугольника с катетами a_0, b_0. □

Следствие 3. *В предположениях леммы имеет место неравенство $c \geqslant \max\{a_0, b_0\}$.*

В дальнейшем будет удобно следующее обозначение: для любых $\varphi, \psi \in [0, \pi]$ мы пишем:

$$\varphi \sharp \psi = \arccos(\cos \varphi \cdot \cos \psi).$$

Очевидно, что получающаяся таким образом бинарная операция на отрезке $[0, \pi]$ сопряжена с обыкновенным умножением относительно гомеоморфизма $\cos : [0, \pi] \to [-1, 1]$. При фиксированном φ функция $f(\psi) = \varphi \sharp \psi$ — это сжимающее отображение отрезка $[0, \pi]$ в себя с неподвижной точкой $\frac{\pi}{2}$, с $f'(\frac{\pi}{2}) = \cos \varphi$ и $f'(0) = f'(\pi) = 0$. Неравенство (35) может быть теперь записано в виде $c \geqslant a_0 \sharp b_0$.

6. Возвращение к теоремам 1 и 2

Новая версия доказательства теоремы 1. Мы используем обозначения, введенные в предыдущем разделе. Непосредственная проверка показывает, что точка x_* раздела 2 совпадает с $\mathbf{q}_{n-1}^1$, а величина t_* — с $\sqrt{n} \cos \eta_{n-1}^1$. Расстояние η_{n-1}^1 будет обозначаться короче как r_*; таким образом, $r_* = r_n(t_*)$ (см. равенство (22)). Используя лемму 2 (с $k = n - 1$ и $i = 1$) и неравенства (30), (31), (33), (34), получаем следующий набор соотношений:

$$d(\mathbf{p}_0, x_*) < r_*, \tag{36}$$

$$r_* < \eta_{n-1}^i \quad \text{при } i \geqslant 2, \tag{37}$$

$$\rho_3 \leqslant r_* < \delta_1 < \rho_4 \leqslant \rho_{n-1} \tag{38}$$

(напомним, что, как всегда, $n \geqslant 5$).

Два утверждения, составляющие формулировку теоремы 1, можно теперь изложить в таком виде:

1. шар $B_{r_*}(x_*)$ содержит ровно n вершин;
2. шар $B_{r_*}(\mathbf{x}_k)$ содержит 2^k вершин при $k \leqslant 3$, и не содержит ни одной вершины при $k \geqslant 4$.

Те n вершин, о которых говорится в первом утверждении — это все вершины клетки $\mathbf{E}_{n-1}$ на расстоянии Хэмминга 1 от вершины $\mathbf{p}_0$, принадлежащие шару $B_{r_*}(x_*)$ «по построению», и сама вершина $\mathbf{p}_0$, принадлежащая ему в силу (36). Все остальные вершины данной клетки либо находятся на расстоянии Хэмминга $\geqslant 2$ от диагонали $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_{n-1}$ (следовательно, не попадают в шар ввиду (37)), либо на том же расстоянии единица, но ближе к другому концу диагонали (и, следовательно, имеют отличную от x_* ближайшую точку на $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_{n-1}$), либо, наконец, это противоположный конец диагонали — точка $\mathbf{p}_{n-1}$ (в этом случае расстояние, очевидно, больше ρ_{n-1}, а следовательно, и подавно больше r_*, см., неравенства (38)). Что же касается вершин a, не принадлежащих клетке $\mathbf{E}_{n-1}$, то применение к ним леммы 3, следствия 3 и второго неравенства (38) дает $d(a, x_*) \geqslant \delta_1 > r_*$, т. е. все они опять-таки не попадают в шар.

Второе утверждение проверяется еще проще. Точка $\mathbf{x}_k$ — центр клетки $\mathbf{E}_{n-1}$ — находится на одном и том же расстоянии ρ_k от ее вершин, так что либо все эти 2^k вершин лежат в рассматриваемом шаре, либо все находятся вне него, в зависимости от соотношения между величинами r_* и ρ_k, ответ же здесь дается неравенствами (38). Что касается остальных вершин (вне клетки $\mathbf{E}_{n-1}$), то к ним применимы те же соображения, что и в конце предыдущего абзаца.

□

Для доказательства теоремы 2 нужна некоторая дополнительная подготовка. Как было отмечено в разделе 3, определенные там точка x_{**} и число t_{**} — это не что иное как x_* и t_* раздела 2, только взятые для размерности $n - 1$ вместо n. Таким образом, используя новые обозначения, мы можем написать:

$$x_{**} = x_*(n-1) = \mathbf{q}_{n-2}^1(n-1),$$
$$t_{**} = t_*(n-1) = \sqrt{n-1} \cos(r_*(n-1)).$$

Теперь определим новую величину r_{**} формулой

$$r_{**} = r_n(t_{**}) = \arccos\left(\sqrt{\tfrac{n-1}{n}} \cos(r_*(n-1))\right). \tag{39}$$

Вспомнив, что $\sqrt{\frac{n-1}{n}}$ — это $\cos\rho_1(n)$ (равенство (25)) и использовав введенное в конце раздела 5 обозначение, запишем это как

$$r_{**} = \rho_1(n)\sharp r_*(n-1). \tag{40}$$

Наконец, подставив в правую часть соотношения (39) значение $r_*(n-1) = \eta^1_{n-2}(n-1)$ по формуле (29), получим:

$$r_{**} = \arccos\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\sqrt{n-5+\frac{4}{n-2}}\right). \tag{41}$$

Следующая лемма позволяет понять геометрический смысл величины r_{**}.

Лемма 6. *Пусть a — вершина куба Δ^{n-1}. Для любой точки $x \in \Delta^{n-1}$ имеет место соотношение*

$$d(a^+, x) = d(a^-, x) = \rho_1(n)\sharp d(a, x). \tag{42}$$

Доказательство. Отрезок, соединяющий точку a с a^+ или a^-, является перпендикуляром к «экваториальной» $(n-2)$-мерной сфере (или, что в нашей терминологии то же самое, поверхности куба Δ^{n-1}), и остается лишь сослаться на «сферическую теорему Пифагора». □

Замечание 4. Приведенное рассуждение — «синтетическое»; не составило бы никакого труда проверить это и аналитически.

Равенства (40), (42) и определение величины r_* показывают, что r_{**} — не что иное как расстояние между точкой x_{**} и вершиной $\mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_1(n-1)^-$ куба Δ^n (или, более «инвариантным» образом, это расстояние между произвольной диагональю $[a,b]$ куба Δ^{n-1} с $h(a,b) = n-2$ и любой вершиной куба Δ^n, проекция которой на Δ^{n-1} принадлежит клетке $[[a,b]]$ и находится на расстоянии Хэмминга 1 от $\{a,b\}$).

Сопоставление равенств (40) и (42) показывает, что для любой точки $x \in \Delta^{n-1}$ и любой вершины $a \in \Delta^{n-1}_0$ имеет место эквивалентность

$$d(a,x) < r_*(n-1) \Leftrightarrow d(a^\pm, x) < r_{**}(n),$$

откуда сразу же вытекает

Следствие 4. *Число вершин куба Δ^n в шаре $B_{r_{**}}(x)$ совпадает с удвоенным числом вершин куба Δ^{n-1} в шаре $B_{r_*}(x)$.*

Теперь мы приведем несколько неравенств, связывающих величину r_{**} с введенными выше:

$$\delta_1 < r_{**} < \delta_2, \tag{43}$$

$$\rho_4 \leqslant r_{**} < \rho_5 \quad (n \geqslant 6), \tag{44}$$

$$r_{**} < \eta^2_k \quad (k \geqslant 6). \tag{45}$$

Проверка здесь сводится к сравнению формулы (41) для r_{**} с формулами, определяющими величины δ_k, ρ_k и η^i_k — соответственно, (24), (25) и (29).

Приведем, наконец, последние три леммы, требующиеся для доказательства теоремы 2.

Лемма 7. *Для любого $k \geqslant 5$ и любого $\lambda \in [0,1]$ сферическое расстояние между точкой $\mathbf{x}^\lambda_k$ и любой вершиной $a \in (\mathbf{E}_k)_0$ с $h(a,\mathbf{p}_0) > h(a,\mathbf{p}_k)$ — т. е. расположенной ближе к «правому» концу диагонали $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_k$,— удовлетворяет неравенству $d(\mathbf{x}^\lambda_k, a) > r_{**}$.*

Доказательство. Достаточно рассмотреть случай $a = \mathbf{p}_i$ с $i > k/2$ (остальные сводятся к этому в силу симметрии). На рис. 2 изображена (условно) диагональ $\mathbf{p}_0\mathbf{p}_k$ клетки $\mathbf{E}_k$, а также цепочка (одна из многих) вершин этой клетки, расположенных в порядке возрастания их расстояния Хэмминга от точки $\mathbf{p}_0$ (или, что то же самое, убывания расстояния от точки $\mathbf{p}_k$).

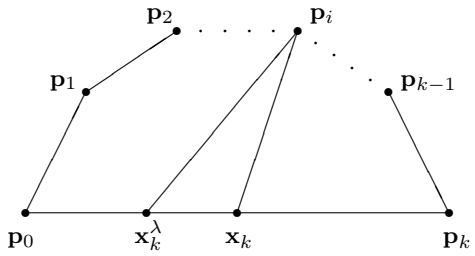


Рис. 2. К доказательству леммы 7.

Интересующее нас расстояние — одна из сторон треугольника $\mathbf{x}^\lambda_k\mathbf{x}_k\mathbf{p}_i$. Очевидно, угол при вершине $\mathbf{x}_k$ этого треугольника — тупой; здесь следовало бы уточнить, какой угол — сферический или евклидов — имеется в виду, однако, к счастью, в данном случае это одно и то же (как уже отмечалось выше, радиальная проекция клетки куба на сферу сохраняет углы в центре клетки). Применяя к треугольнику $\mathbf{x}^\lambda_k\mathbf{x}_k\mathbf{p}_i$ следствие 3 (или, если угодно, «сферическую теорему косинусов»), мы получаем

$$d(\mathbf{x}^\lambda_k, \mathbf{p}_i) > d(\mathbf{x}_k, \mathbf{p}_i) = \rho_k,$$

и теперь остается сослаться на второе из неравенств (44). □

Лемма 8. *Для всех $k = 2, \ldots, n-1$ выполнено неравенство $\eta^1_k\sharp\delta_1 > r_{**}$.*

Доказательство. В силу определения операции $\sharp$ и равенств (24), (29),

$$\cos(\eta^1_k\sharp\delta_1) = \cos\eta^1_k \cdot \cos\delta_1 = \frac{1}{\sqrt{n}}\sqrt{n-4+\frac{4}{k}} \cdot \left(1-\frac{2}{n}\right),$$

так что все сводится к неравенству

$$\sqrt{n-5+\frac{4}{n-2}} > \sqrt{n-4+\frac{4}{k}} \cdot \left(1-\frac{2}{n}\right).$$

Подставляя в правой части самое «невыгодное» значение $k=2$, возводя в квадрат и упрощая, получаем

$$1+\frac{4}{n-2} > \frac{12}{n} - \frac{8}{n^2}. \tag{46}$$

Заменяя знаменатель в левой части на n и отбрасывая отрицательный член в правой части (т. е. усиливая неравенство), мы получаем утверждение, эквивалентное $n > 8$. Оставшиеся случаи $n = 5,6,7,8$ проверяются прямой подстановкой в (46). □

Лемма 9. *Для всех $n \geqslant 6$ и всех $k = 1, \ldots, n-1$ (сферическое) расстояние между точкой $\mathbf{x}_k$ и любой из вершин $a \in (\mathbf{E}_k^{\perp\mathbf{p}_k})_0$, находящихся на расстоянии Хэмминга единица от точки $\mathbf{p}_k$, удовлетворяет неравенству $d(\mathbf{x}_k, a) > r_{**}$.*

Доказательство. Можно предполагать (опять в силу симметрии), что $a = \mathbf{p}_{k+1}$. Вычисление расстояния по формуле (21) дает

$$d(\mathbf{x}_k, \mathbf{p}_{k+1}) = \arccos\left(\frac{n-k-2}{\sqrt{n(n-k)}}\right),$$

так что требуемое неравенство, с учетом формулы (41), может быть записано в виде

$$n-5+\frac{4}{n-2} > \left(\sqrt{n-k}-\frac{2}{\sqrt{n-k}}\right)^2 = n-k-4+\frac{4}{n-k},$$

что равносильно

$$k-1 > \frac{4(k-2)}{(n-2)(n-k)}.$$

Остается заметить, что, согласно нашим предположениям, $n-2 \geqslant 4$ и $n-k \geqslant 1$. □

Доказательство теоремы 2. Два утверждения, составляющие данную теорему, могут быть представлены в следующем виде:

1. шар $B_{r_{**}}(x_{**})$ содержит ровно $2(n-1)$ вершин;
2. при $n \geqslant 6$, для любых $k = 1, 2, \ldots, n-1$ и $\lambda \in [0,1]$ шар $B_{r_{**}}(\mathbf{x}_k^\lambda)$ содержит не более $n+12$ вершин.

Первое из этих утверждений, по существу, уже доказано: в самом деле, согласно следствию 4, число вершин в шаре $B_{r_{**}(n)}(x_{**}(n))$ совпадает с удвоенным числом для шара $B_{r_*(n-1)}(x_*(n-1))$, равным $n-1$ по теореме 1. Перейдем теперь к доказательству второго утверждения (что, благодаря проведенной подготовке, сведется к довольно легкому подсчету). Мы разобьем этот подсчет на две части.

1-я часть. Вершины, принадлежащие $\mathbf{E}_k$.

Случай $k \leqslant 4$. В этом случае $r_{**} \geqslant \rho_k$ (по крайней мере при $n \geqslant 6$, см. первое неравенство (44)), и все вершины клетки $\mathbf{E}_k$ могут оказаться внутри шара $B_{r_{**}}(\mathbf{x}_k^\lambda)$ (например, при $\lambda = 0$); таким образом, оценкой здесь будет 2^k.

Случай $k = 5$. Теперь в дело вступает лемма 7, «отсекающая» ровно половину вершин; следовательно, оценка здесь $2^5/2 = 16$.

Случай $k \geqslant 6$. Здесь мы имеем неравенство (45), дополнительно исключающее все вершины a с $h(a, \mathbf{p}_0) > 1$. Таким образом, остается только вершина $\mathbf{p}_0$ и k соседних с ней (имеющих с $\mathbf{p}_0$ общее ребро); значит, в этом случае ответ $k+1$.

2-я часть. Вершины, не принадлежащие $\mathbf{E}_k$.

Заметим, что можно сразу же исключить вершины a, расстояние Хэмминга которых от $\mathbf{E}_k$ больше единицы: применяя к ним лемму 3, следствие 3 и второе неравенство (43), получаем $d(a, \mathbf{x}_k^\lambda) \geqslant \delta_2 > r_{**}$ (ср. доказательство теоремы 1). Каждая из оставшихся вершин a является соседней с одной и только одной вершиной $a_0 \in \mathbf{E}_k$, и мы рассмотрим опять три случая, в зависимости от расположения вершины a_0.

Случай $a_0 = \mathbf{p}_k$. Применяя к треугольнику $\mathbf{x}_k^\lambda \mathbf{x}_k a$ лемму 4 и следствие 3, получаем неравенство $d(\mathbf{x}_k^\lambda, a) \geqslant d(\mathbf{x}_k, a)$, а в силу леммы 9 имеет место неравенство $d(\mathbf{x}_k, a) > r_{**}$. Таким образом, ни одна из рассматриваемых точек не попадает в наш шар.

Случай $a_0 = \mathbf{p}_0$. В силу первого из неравенств (43) все вершины, соседние с вершиной $\mathbf{p}_0$, могут оказаться внутри шара $B_{r_{**}}(\mathbf{x}_k^\lambda)$, например при $\lambda = 1$ (т. е. при $\mathbf{x}_k^\lambda = \mathbf{p}_0$). Следовательно, оценка здесь $n-k$ (размерность клетки, дополнительной к $\mathbf{E}_k$).

Случай $a_0 \neq \mathbf{p}_0, \mathbf{p}_k$. Здесь работает та же схема, что и в случае $a_0 = \mathbf{p}_k$: мы рассматриваем треугольник $\mathbf{x}_k^\lambda a_0 a$ с тупым углом в вершине a_0; однако вместо следствия 3 здесь требуется более сильное утверждение — лемма 5, из которой вытекает неравенство $d(\mathbf{x}_k^\lambda, a) \geqslant \eta_k^1 \sharp \delta_1$, что ввиду леммы 8 дает $d(\mathbf{x}_k^\lambda, a) > r_{**}$. Таким образом, как и в случае $a_0 = \mathbf{p}_k$, ни одна из вершин не попадает в шар.

Обозначая через N полное число вершин в шаре $B_{r_{**}}(\mathbf{x}_k^\lambda)$, окончательно получаем:

$$N \leqslant \begin{cases} n+2^k-k & \text{при } k = 1,2,3,4; \\ n+11 & \text{при } k = 5; \\ n+1 & \text{при } k \geqslant 6. \end{cases} \qquad (47)$$

Очевидно, максимум здесь достигается при $k = 4$, и он равен $n+12$. □

Литература

1. *Берже М.* Геометрия. Т.2. М.: Мир, 1984. 368 с.

Статья поступила в редакцию 10.02.2012.

УДК 538.94

СИЛЬНОКОРРЕЛИРОВАННАЯ СПИНОВАЯ ЖИДКОСТЬ В ГЕРБЕРТСМИТИТЕ

В.Р. ШАГИНЯН*, К.Г. ПОПОВ**

**Петербургский институт ядерной физики, г.Гатчина*
vrshag@thd.pnpi.spb.ru
*** Отдел математики, Коми научный центр УрО РАН, г.Сыктывкар*
kpopov@dm.komisc.ru

Экзотическая сильнокоррелированная квантовая спиновая жидкость (СККСЖ), состоящая из квазичастиц-спинонов со спином $S = 1/2$ и нулевым зарядом, формируется кагоме решеткой в изоляторе гербертсмитите $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$. Спиноны заполняют ферми-сферу с граничным импульсом p_F. Проведены расчеты термодинамических и релаксационных свойств КСЖ. Результаты находятся в хорошем согласии с данными экспериментов. Наши вычисления выявили фундаментальные свойства СККСЖ: жидкость находится вблизи ферми-конденсатного квантового фазового перехода, а ее поведение идентично поведению сильнокоррелированных ферми-систем с тяжелыми фермионами (ТФ) и $2D$ ^{3}He. Предсказано, что тепловое сопротивление СККСЖ при постоянной температуре T и в магнитных полях B имеет поведение, аналогичное наблюдаемому в металлах с ТФ. Ключевым свойством КСЖ является спин-зарядовое разделение, когда заряд электрона локализован, а спин образует КСЖ, поэтому низкотемпературные термодинамические и транспортные свойства изолятора $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ подобны соответствующим свойствам металла с ТФ, а не изолятора.

Ключевые слова: **квантовые фазовые переходы, не Ферми жидкостное основное состояние, спиновая динамика, спин-решеточная релаксация**

V.R. SHAGINYAN, K.G. POPOV. STRONGLY CORRELATED SPIN LIQUID IN HERBERTSMITHITE

Exotic strongly correlated quantum spin liquid (SCQSL) is formed in an insulator Herbertsmithite $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ with such hypothetic particles as fermionic spinons carrying spin $1/2$ and no charge. Here we calculate its thermodynamic and relaxation properties. Our calculations unveil the fundamental properties of SCQSL, forming strongly correlated Fermi system located at a fermion condensation quantum phase transition. These are in good agreement with experimental data and allow us to detect the behavior of SCQSL as that observed in heavy fermion metals and 2D ^{3}He. We predict that the thermal resistivity of SCQSL under the application of magnetic fields at fixed temperature demonstrates a very specific behavior. The key features of our findings are the presence of spin-charge separation and QSL formed with itinerant heavy spinons in herbertsmithite.

Key words: **Quantum phase transitions, non-Fermi-liquid ground states, spin dynamics, spin-lattice relaxation**

1. Введение

Поиск материалов, содержащих ферми-спиноны-частицы со спином $1/2$ и нулевым зарядом, является важной задачей физики конденсированного состояния вещества [1]. Экспериментальное изучение отдельных кристаллов гербертсмитита $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ не обнаружило ни дальнего магнитного порядка, ни структур типа спинового льда. Это позволяет надеяться на то, что $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ является перспективной системой для изучения квантовой спиновой жидкости (КСЖ) [2–11]. Теоретическое изучении КСЖ началось с основополагающей статьи Андерсена [12], которая инициировала жаркие дискуссии в научном сообществе. КСЖ может рассматриваться как экзотическое квантовое состояние вещества, состоящего из гипотетических частиц — беззарядовых ферми-спинонов, имеющих спин $1/2$ и способных к течению, как обычная жидкость. Существует теоретическое мнение, что основное состояние КСЖ не должно иметь магнитного упорядочения как в случае спиновых жидкостей со щелью, так и без нее [1]. Экспериментальное исследование КСЖ ограничено нехваткой реальных веществ, в которых они могут существовать. Точнее, до недавнего времени не было найдено ни одного надежного модельного вещества с КСЖ, хотя можно было назвать несколько возможных кандидатов в их число. Таким образом, поиск материалов с явной реализацией КСЖ является принципиальной задачей в современной физике конденсированного состояния вещества. До настоящего времени гербертсми-

тит $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ считался Гайзенберговским антиферромагнетиком [2] на совершенной кагоме решетке. Однако недавние экспериментальные исследования выявили ряд необычных свойств этого соединения [3–7]. В $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ ионы Cu^{2+}, имеющие спин $S = 1/2$, образуют плоские слои из треугольных кагоме решеток, которые разделены немагнитными промежуточными слоями из атомов Zn и Cl. Слои из ионов Cu^{2+} могут рассматриваться как двухмерные $(2D)$ подсистемы с пренебрежимо малым магнитным взаимодействием в перпендикулярном к их поверхности направлении. Специальные эксперименты [3, 7] показали, что в них нет ни дальнего магнитного порядка, ни замораживания типа спинового стекла вплоть до температуры $50mK$, что делает $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ лучшим кандидатом на вещество, в котором реализуется КСЖ. Фрустрации в элементарных ячейках кагоме решеток гербертсмитита приводят к бездисперсионным, топологически защищенным ветвям в одночастичном спектре с нулевой энергией возбуждения, известным как "плоская зона" [13, 14]. В этом случае спиновую систему $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$, состоящую из беззарядовых подвижных фермионов со спином $S = 1/2$, занимающих соответствующую Ферми сферу с ферми-импульсом p_F, можно считать сильнокоррелированной квантовой спиновой жидкостью (СККСЖ). Для ее описания может быть применена концепция ферми конденсатного квантового фазового перехода (ФККФП) [16]. Поскольку мы имеем дело с $3D$ соединением $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$, а не с идеальной $2D$ кагоме решеткой, мы должны понимать, что реальные магнитные взаимодействия в веществе могут сдвигать состояние СККСЖ относительно ФККФП в соответствии с фазовой T-B диаграммой, помещая его либо до, либо после квантовой критической точки (ККТ). Поэтому реальное состояние СККСЖ может быть установлено только путем анализа экспериментальных данных. С одной стороны, считается общепринятым, что спиновая с $S = 1/2$ модель на кагоме решетке может рассматриваться как безщелевая спиновая жидкость [3–11]. С другой стороны, недавние довольно точные вычисления утверждают, что эта жидкость полностью гаппирована (см. [15] и содержащиеся в ней ссылки). Таким образом, существует настоятельная необходимость проверить, какого типа КСЖ формируется в гербертсмитите и определить ее низкотемпературные термодинамические и релаксационные свойства.

Для того, чтобы однозначно идентифицировать соединение, имеющее экзотическую СККСЖ, находящуюся в критической точке ФККФП [16, 17], мы должны проанализировать не один, а целый набор экспериментов. При очень низких температурах и при наложенных магнитных полях можно ожидать, что возможное вещество с КСЖ будет демонстрировать Ландау Ферми жидкостное (ЛФЖ) поведение его физических характеристик, таких как магнитная удельная теплоемкость и восприимчивость, частота спин-решеточной релаксации и коэффициенты теплопроводности. В то же время при повышении температуры появляется не Ферми жидкостной (НФЖ) режим, отделенный от ЛФЖ режима переходной (или кроссоверной) областью. Другими словами, при изменении температуры вещество-кандидат должно демонстрировать ЛФЖ, НФЖ и переходный режимы аналогичные тем, что наблюдаются у металлов с тяжелыми фермионами (ТФ) и $2D$ ^3He [16–19]. Это означает, что СККСЖ играет роль ТФ жидкости, помещенной в изоляторную среду. В то время как электрон, которому принадлежит спин, локализован, сам спин мигрирует. Такое поведение получило название спин-зарядовое разделение, недавно наблюдаемое в $1D$ системах взаимодействующих нелокализованных электронов [20]. В нашем случае заряды полностью локализованы, в то время как спины перемещаются в пределах топологически защищенной зоны. В результате мы имеем поразительную картину: новые частицы управляют свойствами системы при низких температурах и это не те частицы, которые присутствуют в гамильтониане, описывающем систему.

2. Магнитная восприимчивость и удельная теплоемкость СККСЖ

Начнем с анализа магнитной восприимчивости $\chi(T)$ $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$, приведенной на панели A (рис. 1). Она демонстрирует необычное поведение [5]: для $B \geq 3\ T$ $\chi(T)$ имеет максимум $\chi_{\max}(T)$ при некоторой температуре $T_{\max}(B)$.

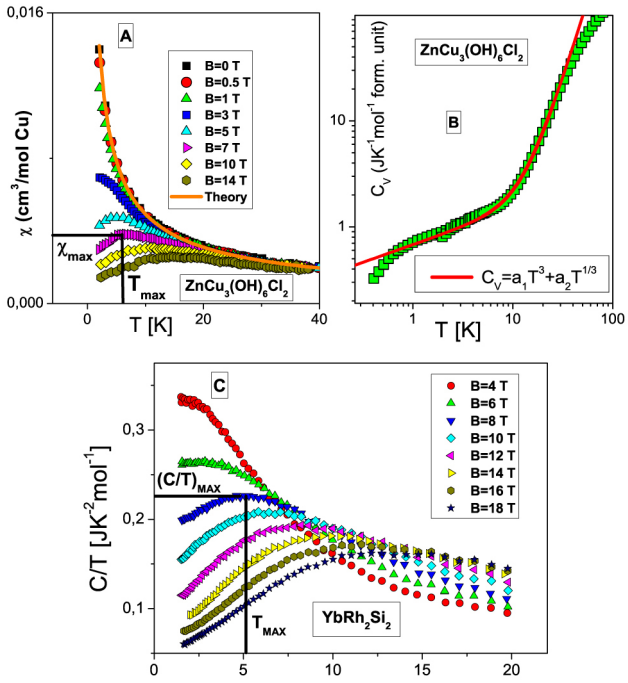


Рис. 1. Панель A: Температурная зависимость магнитной восприимчивости χ для различных магнитных полей [5], представленных на рисунке. Величины $\chi_{\max}$ и $T_{\max}$ при $B = 7T$ приведены там же. Наши вычисления при $B = 0$ обозначены сплошной кривой и соответствуют $\chi(T) \propto T^{-\alpha}$ с $\alpha = 2/3$. Панель B: Теплоемкость, измеренная в $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ при $B = 0$ [4], обозначена квадратами. Сплошная линия соответствует нашей теоретической аппроксимации, с использованием функции $C = a_1T^3 + a_2T^{1/3}$, где a_1 и a_2 — подгоночные параметры (см. уравнение (9)). Панель C: Температурная зависимость электрон-

ной удельной теплоемкости C/T для $YbRh_2Si_2$ для различных магнитных полей [21], представленных на рисунке. Там же приведены значения $(C/T)_{\max}$ и $T_{\max}$ при $B = 8T$.

Величина максимума $\chi_{\max}(T)$ уменьшается с ростом магнитного поля B, в то время как $T_{\max}(B)$ сдвигается в сторону больших температур T, достигая $15\ K$ при $B = 14\ T$. Из панели А (рис. 1) видно, что $\chi(T) \propto T^{-\alpha}$ с $\alpha = 2/3$. Вычисленный нами показатель совпадает с экспериментальным значением $\alpha = 2/3 \simeq 0.66$ [5]. Наблюдаемое поведение χ сильно напоминает ее поведение в металлах с ТФ и очень близко результатам вычислений в теории ФККФП [16, 17]. Теплоемкость C, связанная со спиновой системой Cu, в исследованной области низких температур $106 < T < 400\ mK$ демонстрирует линейную зависимость от температуры, $C \propto T$. Как видно из панели В (рис. 1), для температур от нескольких Кельвинов и выше теплоемкость $C(T) \propto T^3$, что соответствует преимущественному вкладу в теплоемкость колебаний решетки. При низких температурах, $T \leq 1\ K$, сильная зависимость теплоемкости C от магнитного поля позволяет заключить, что она формируется в основном вкладом теплоемкости C_{mag} КСЖ, $C_{mag} = C - a_1 T^3$, поскольку вклад решетки не зависит от поля B [3–5]. Иллюстрацией сказанного может служить рис. 2. Поскольку в ЛФЖ области при $k_B T \lesssim \mu_B B$, $C(B,T) \propto M^* T \propto B^{-2/3} T$, то, как будет показано позднее, поле B полностью определяет поведение $M^*(B)$ в соответствии с уравнением (3). Как видно из рис. 2, наши вычисления хорошо согласуются с результатами измерений, когда система демонстрирует ЛФЖ поведение. Действительно, если при $T = 1\ K$ система ведет себя как ЛФЖ для $B \geq 2\ T$, то при $T = 0.5\ K$ ЛФЖ поведение наблюдается при значительно более слабых полях, примерно $B \geq 1\ T$.

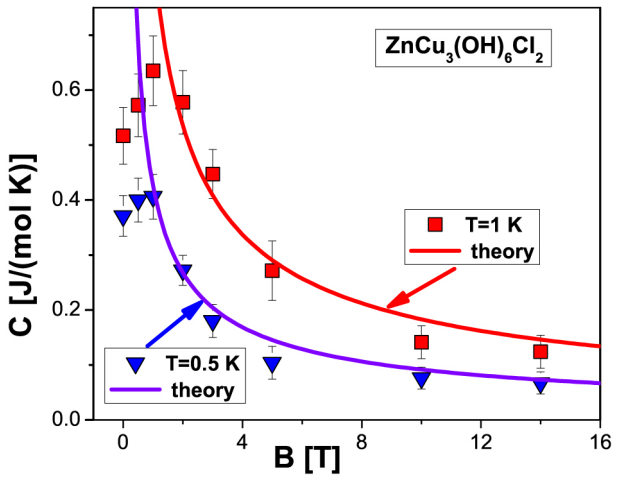


Рис. 2. Удельные теплоемкости $C(B,T)$ как функции магнитного поля B, измеренные в $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ при двух различных температурах T [3], значения которых приведены на рисунке, обозначены треугольниками и квадратами. Наши вычисления представлены сплошными линиями, соответствующими ЛФЖ поведению $C(B,T) = a_1 B^{-2/3} T$ (см. уравнение (3)), где a_1 – подгоночный параметр.

Описанное выше поведение χ (рис. 1), панель А сильно напоминает аналогичные характеристики металлов с ТФ, наблюдаемые при измерениях C/T в $YbRh_2Si_2$, представленных на панели С (рис. 1). Это совпадение станет очевидным, если мы вспомним, что для ТФ жидкости $\chi \propto C/T$ [16]. Из панели С (рис. 1) видно, что электронная удельная теплоемкость $YbRh_2Si_2$ [21] также сильно зависит от наложенного магнитного поля и, как мы увидим далее, эта теплоемкость и теплоемкость C_{mag} для $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ демонстрируют одинаковое поведение.

3. Влияние температуры и магнитного поля на СККСЖ

Для теоретического изучения низкотемпературных термодинамических, релаксационных и скейлинговых свойств гербертсмитита мы использовали модель однородной ТФ жидкости [16]. Эта модель позволяет избежать усложнений, связанных с анизотропией кристаллической структуры вещества. В нашем случае определенная ранее СККСЖ состоит из беззарядовых фермионов (спинонов) со спином $S = 1/2$, занимающих соответствующую Ферми сферу с ферми-импульсом p_F. Энергия основного состояния $E(n)$ рассматриваемой системы задается функционалом Ландау, зависящим от функции распределения квазичастиц $n_\sigma(\mathbf{p})$, где $\mathbf{p}$ импульс, а σ спиновый индекс. Эффективная масса M^* определяется уравнением Ландау [16, 22]

$$\frac{1}{M^*(T,B)} = \frac{1}{M^*} + \frac{1}{p_F^2} \sum_{\sigma_1} \int \frac{\mathbf{p}_F \mathbf{p}_1}{p_F} \times F_{\sigma,\sigma_1}(\mathbf{p_F}, \mathbf{p}_1) \frac{\partial \delta n_{\sigma_1}(\mathbf{p}_1, T, B)}{\partial p_1} \frac{d\mathbf{p}_1}{(2\pi)^3}. \quad (1)$$

Здесь мы переписали функцию распределения квазичастиц в виде $n_\sigma(\mathbf{p}, T, B) \equiv n_\sigma(\mathbf{p}, T = 0, B = 0) + \delta n_\sigma(\mathbf{p}, T, B)$. Амплитуда Ландау F полностью определяется тем фактом, что система находится в ККТ ФККФП [16, 23–25]. Решение уравнения (1) подробно описано в [25]. Основная роль амплитуды Ландау состоит в том, что она помещает систему в точку ФККФП, где поверхность Ферми изменяет свою топологию так, что эффективная масса квазичастиц начинает зависеть от температуры и магнитного поля. В этой точке слагаемое $1/M^*$ в уравнении (1) исчезает. Оно становится однородным и может быть решено аналитически [16, 23]. При конечных температурах и $B = 0$ эффективная масса, сильно зависящая от T, демонстрирует НФЖ поведение, следующее из уравнения (1)

$$M^*(T) \simeq a_T T^{-2/3}. \quad (2)$$

При конечных температурах T, наложение магнитного поля B переводит систему в область справедливости ЛФЖ теории, что также вытекает из уравнения (1)

$$M^*(B) \simeq a_B B^{-2/3}. \quad (3)$$

Из уравнений (2) и (3) следует, что эффективная масса расходится в точке ФККФП. При конечных B и T вблизи ФККФП решение уравнения (1) для $M^*(B,T)$ может быть аппроксимировано простой универсальной интерполяционной функцией. Эта интерполяция хорошо работает от режима ЛФЖ, задаваемого уравнением (3), до НФЖ режима, задаваемого уравне-

нием (2) [16, 23]. В случае сильно коррелированных ферми-систем, таких как ТФ металлы и $2D$ ^{3}He, их термодинамические и релаксационные свойства определяются эффективной массой M^*, а именно, $\chi \propto (C/T) \propto \sqrt{1/T_1T} \propto M^*$, где $1/T_1T \propto \chi^2$ есть частота спин решеточной релаксации [16]. Для изучения универсальных скейлинговых свойств сильнокоррелированных ферми-систем удобно определить нормированную эффективную массу M_N^* и нормированную температуру T_N путем деления эффективной массы M^* и температуры T на ее максимальное значение M_M^* и температуру T_M, при этом значении, соответственно. Поведение $M_N^* = M^*/M_M^*$ как функции $y = T/T_M$, представленное на вставке в рис. 3, не зависит от специфических свойств конкретной сильнокоррелированной ферми-системы, в то время как M_M^* и T_M полностью определяются свойствами этой системы [16]. В результате мы получаем [16]

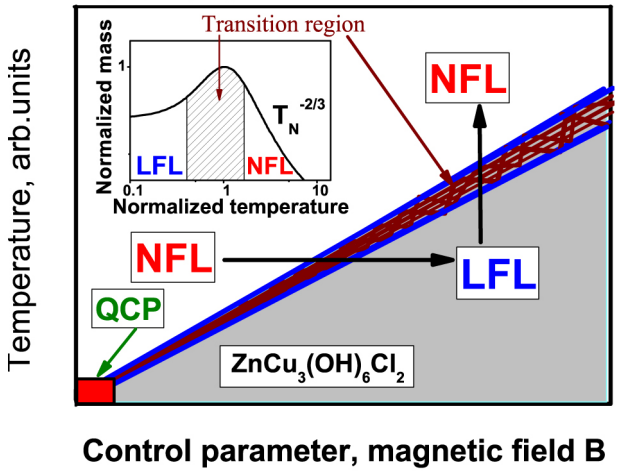


Рис. 3. Схематическая T-B фазовая диаграмма гербертсмитита $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$. Квадрат в начале координат, показанный стрелкой, обозначает ККТ, около которой находится КСЖ. Вертикальные и горизонтальные стрелки показывают ЛФЖ-НФЖ и НФЖ-ЛФЖ переходы при фиксированных B и T соответственно. При фиксированном T увеличение B переводит систему вдоль горизонтальной стрелки из НФЖ режима в ЛФЖ. С другой стороны, при постоянном B и увеличивающейся температуре система смещается вдоль вертикальной стрелки из ЛФЖ режима в НФЖ. Вставка представляет поведение нормированной эффективной массы M_N^* как функции нормированной температуры T_N в соответствии с уравнением (5). Видно, что температуры $T_N \sim 1$ обозначают переходную область между ЛФЖ режимом с почти постоянной эффективной массой и НФЖ режимом, демонстрирующим $T^{-2/3}$ зависимость эффективной массы от температуры. Из уравнения (5) видно, что ширина переходной области $T_w \propto T \propto B$. Переходная область, когда M_N^* достигает максимума при $T/T_{\max} = 1$, показана стрелками и заштрихованной областью на основном рисунке и вставке в него.

$$\chi_N = (C_{mag}/T)_N = \left(\sqrt{1/T_1T}\right)_N = M_N^*, \qquad (4)$$

где χ_N, $(C/T)_N$ и $(\sqrt{1/T_1T})_N$ нормированные значения χ, C/T и $\sqrt{1/T_1T}$, соответственно. В качестве типичного примера значения χ_{max} и T_{max}, использованные для нормировки восприимчивости, приведены на рис. 1, панели A и C. Отметим, что наши вычисления M_N^*, основанные на уравнении (1) не содержат каких-либо подгоночных параметров. Нормированная эффективная масса $M_N^* = M^*/M_M^*$ как функция нормированной температуры $y = T_N = T/T_M$ имеет вид

$$M_N^*(y) \approx c_0 \frac{1 + c_1 y^2}{1 + c_2 y^{8/3}}. \qquad (5)$$

Здесь $c_0 = (1 + c_2)/(1 + c_1)$, c_1 и c_2 подгоночные параметры, аппроксимирующие амплитуду Ландау. Поскольку магнитное поле B входит в выражение (1) только в виде отношения $B\mu_B/T$, получаем $T_{\max} \propto B\mu_B$ [16, 23]. Таким образом, для конечных магнитных полей переменная y приобретает вид

$$y = T/T_M \propto T/\mu_B B. \qquad (6)$$

Мы будем использовать уравнение (5), чтобы в упрощенной форме продемонстрировать наши вычисления, основанные на уравнении (1). Переменные B и T входят в уравнение (1) симметрично, поэтому уравнение (5) определяет M^* как функцию B при фиксированном T [16]. Из уравнений (3), (5) и (1) прямо следует, что

$$\chi(k_BT/\mu_BB)\,T^{2/3} \simeq \chi(T,B)\,T^{0.66} \propto y^{2/3}M_N^*(y). \qquad (7)$$

Поскольку намагниченность $M(T,B) = \int \chi(T,b)db$, следовательно

$$M(T,B)\,T^{-1/3} \simeq M(T,B)\,T^{-0.34} \qquad (8)$$

и зависит только от одной переменной y. Уравнения (7) и (8) подтверждают скейлинговые свойства как $\chi T^{0.66}$, так и $MT^{-0.34}$, экспериментально установленные в [5].

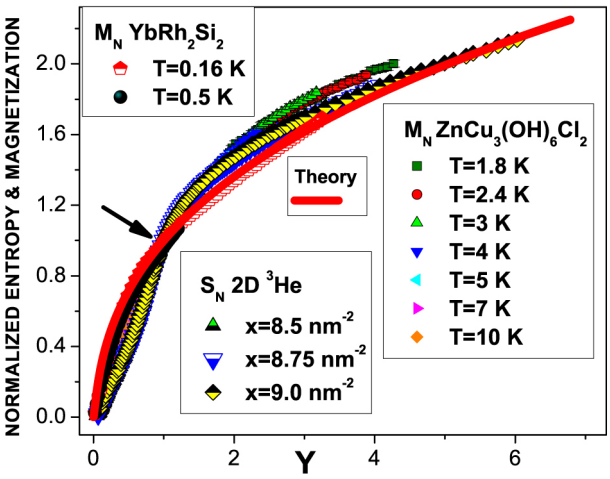


Рис. 4. Нормированная намагниченность $M_N(y)$, полученная из измерений в $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ [5] и в $YbRh_2Si_2$ [27] при различных температурах, значения которых указаны на рисунке. Обозначенный стрелкой излом ясно виден при $y \simeq 1$. Нормированная энтропия $S_N(y)$ получена из измерений в $2D$ ^{3}He [26] при различных плотностях x, значения которых приведены на рисунке. Сплошной линией изображены результаты наших вычислений нормированной намагниченности.

Нормированная намагниченность $M_N(y) = M(B/B_k)/M(B_k)$, полученная из измерений намагниченности $M(B)$ [5], изображена на рис. 4 в ви-

де геометрических фигур. Вычисленная нами $M_N(y)$ изображена на рис. 4 в виде сплошной линии. Здесь T_k – температура, при которой намагниченность демонстрирует излом, когда система входит в переходную область, изображенную на рис. 3 [16]. Нормированная энтропия $S_N(y) = S(T/T_{inf})/S(T_{inf})$ получена из измерений энтропии S в $2D$ ^{3}He [26]. Здесь T_{inf} – температура, при которой система входит в переходную область, а S обладает точкой перегиба, ясно видимой на экспериментальных данных (см. вспомогательные онлайн материалы для [26], рис. S8, A). Как видно из уравнения (5) и из вставки в рис. 3, при $y < 1$, $S_N = M_N \propto y$, а при $y > 1$, $S_N = M_N \propto y^{1/3}$. Такое поведение порождает излом и заставляет участки линии с разными наклонами слиться в одну кривую, описываемую переменной y [16]. Наши вычисления находятся в хорошем согласии с измерениями.

4. Фазовая диаграмма СККСЖ

Рассмотрим схематическую T-B фазовую диаграмму $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$. Она представлена на рис. 3. При $T = 0$ и $B = 0$ система находится вблизи ККТ ФККФП без дополнительной настройки. Фактически она находится перед ККТ ФККФП со стороны неупорядоченного состояния, поскольку $C(T)$ демонстрирует ЛФЖ поведение, характеризуемое линейной зависимостью от T при низких температурах [3].

Магнитное поле B и температура T играют роль управляющих параметров, перемещая систему из НФЖ в ЛФЖ область, как показано вертикальной и горизонтальной стрелками. Из рис. 5 следует, что в соответствии с уравнением (4) поведение χ_N совпадает с поведением $(C/T)_N$ для $YbRh_2Si_2$.

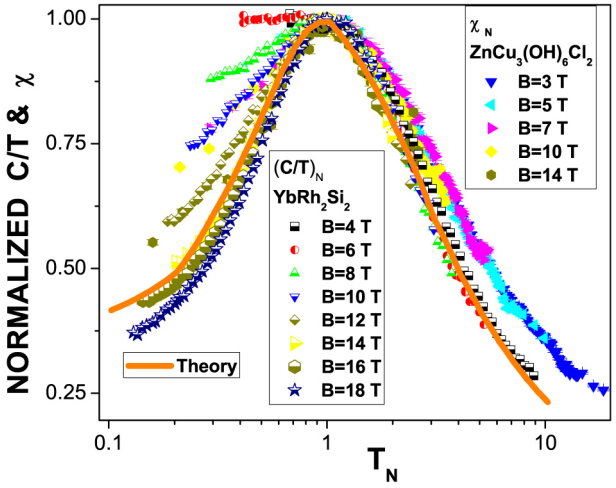


Рис. 5. Экспериментальные данные по измерению χ_N [5], $(C/T)_N = M_N^*$ [21] и наши вычисления M_N^* при постоянном сильном магнитном поле (сильное — означает то, что оно полностью поляризует спины квазичастиц) показаны фигурами различной формы и сплошной линией соответственно. Ясно видно, что данные, относящиеся как к $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$, так и к $YbRh_2Si_2$, слились в одну кривую, демонстрируя скейлинговые свойства. В соответствии с фазовой диаграммой, представленной на рис. 3, при увеличении температуры (до $y \simeq 1$) ЛФЖ режим преобразуется в переходный, который затем становится НФЖ режимом. Из этого следует, что спиновая жидкость гербертсмитита находится вблизи ККТ и ведет себя аналогично ТФ жидкости $YbRh_2Si_2$ в сильных магнитных полях [25].

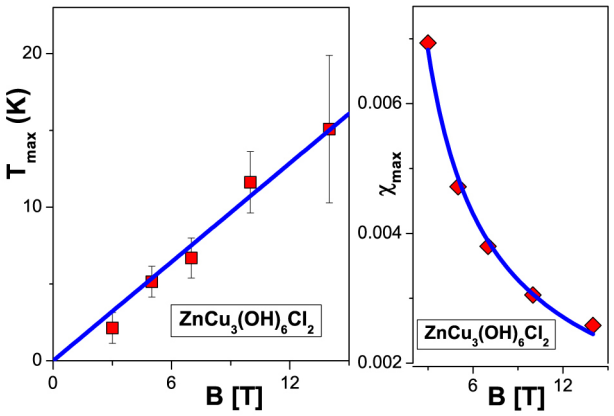


Рис. 6. Левая панель: Температура $T_{\max}(B)$, при которой χ (см. рис. 1, панель A) достигает максимума. Сплошная линия представляет функцию $T_{\max} \propto aB$, a подгоночный параметр (см. уравнение (6)). Правая панель: Максимальное значение $\chi_{\max}$ магнитной восприимчивости $\chi(T)$ как функция магнитного поля B (см. рис. 1, панель A). Сплошная линия представляет аппроксимацию этих точек функцией $\chi_{\max}(B) = dB^{-2/3}$ (см. уравнение (3)), d подгоночный параметр.

Рисунок 6: правая и левая панели соответственно демонстрируют, что уравнения (6) и (3) находятся в хорошем согласии с результатами экспериментов.

5. Скейлинговые свойства термодинамических функций СККСЖ

В соответствии с уравнением (4), в случае СККСЖ поведение нормированной удельной теплоемкости, деленной на T, $(C_{mag}/T)_N$, должно совпадать с поведением χ_N. Для того, чтобы выделить вклад C_{mag}, мы аппроксимировали общую теплоемкость $C(T)$ при $T > 2$ K функцией

$$C(T) = a_1 T^3 + a_2 T^{1/3}, \qquad (9)$$

где первое слагаемое, пропорциональное T^3, отвечает за вклад решетки (фононов), а второе слагаемое определяется вкладом СККСЖ, когда она демонстрирует НФЖ поведение в соответствии с уравнением (2). Из рис. 1 (панель B), видно, что такая аппроксимация справедлива для широкого интервала изменения температуры. Отметим, что величина a_1, почти не зависимая от a_2, позволила нам добиться значительно более точной аппроксимации для C. Полученная удельная теплоемкость $C_{mag}/T = (C - a_1 T^3)/T$ представлена на левой панели (рис. 7), в то время как на правой панели B приведена температура максимума теплоемкости как функция магнитного поля B. Можно заметить, что $C_{mag}/T \propto M^*$ ведет себя как $\chi \propto M^*$, приведенная на рис. 1 (панель A).

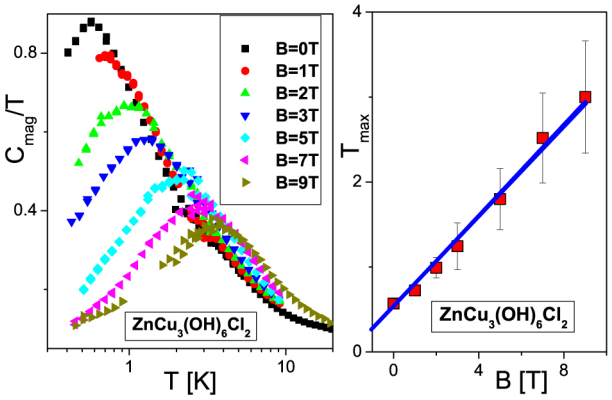


Рис. 7. Левая панель: Удельная теплоемкость C_{mag}/T СККСЖ, полученная с использованием уравнения (9) из измерений теплоемкости $C(B)$ в $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ при различных магнитных полях, значения которых приведены на вставке в рисунок [4]. Правая панель: Температура $T_{\max}(B)$, при которых достигаются максимумы C_{mag}/T (см. левую панель) в зависимости от напряженности наложенного магнитного поля B. Сплошная линия представляет функцию $T_{\max} \propto B$ (см. уравнение (6)).

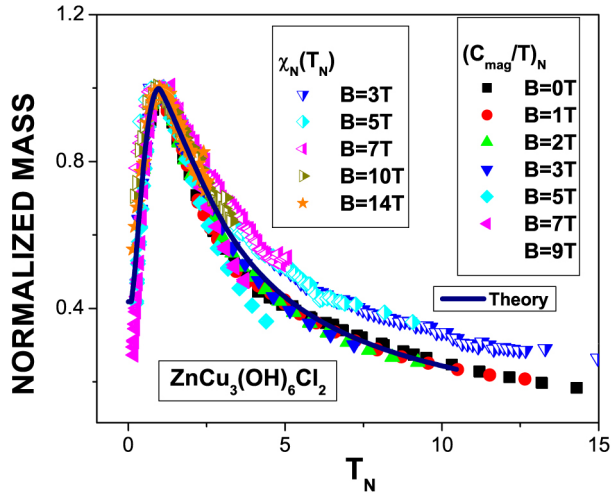


Рис. 8. Нормированная восприимчивость $\chi_N = \chi/\chi_{\max} = M_N^*$ и нормированная теплоемкость $(C_{mag}/T)_N = M_N^*$ как эффективная масса КСЖ в зависимости от нормированной температуры T_N для различных магнитных полей, указанных на рисунке. χ_N получена из измерений магнитной восприимчивости χ для различных магнитных полей B [5], приведенной на панели A (рис. 1). Нормированная теплоемкость получена из данных, представленных на рис. 7, левая панель. Наши вычисления изображены сплошной линией, демонстрирующей скейлинговое поведение M_N^*.

На рисунках 8 и 9 представлены нормированные $(C_{mag}/T)_N$ и χ_N. Из этих рисунков видно, что результаты, полученные для различных образцов и в различных экспериментах [3, 4], демонстрируют одинаковые свойства. Как видно из рисунков 5, 8 и 9 и в соответствии с уравнением (4), $(C_{mag}/T)_N \simeq \chi_N$ демонстрирует такое же скейлинговое поведение, как и $(C/T)_N$, измеренная в металле с ТФ, $YbRh_2Si_2$. Таким образом, скейлинговое поведение термодинамических функций гербертсмитита является характерной особенностью этого соединения и никак не определяется магнитными примесями в нем. Это наблюдение позволяет исключить, что дополнительные спины Cu> вне кагоме плоскостей, действующие как парамагнитные примеси, могут привести к расходимости магнитной восприимчивости при низких температурах и разрушить скейлинговое поведение.

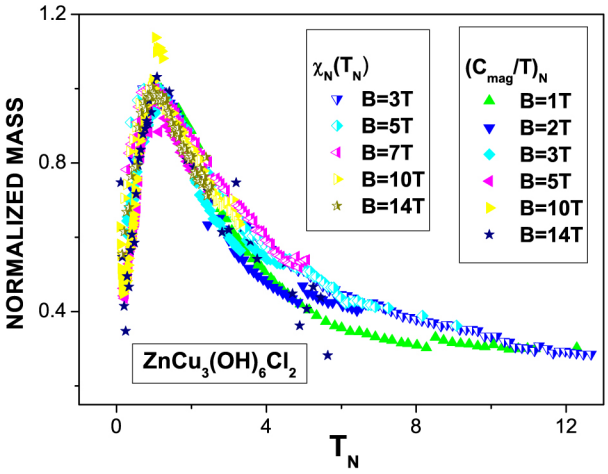


Рис. 9. Нормированная восприимчивость χ_N и нормированная теплоемкость $(C_{mag}/T)_N$, выраженные через эффективную массу квазичастиц СККСЖ как функции нормированной температуры T_N для различных значений магнитного поля, указанных на рисунке. χ_N и $(C_{mag}/T)_N$ получены из работ [5] и [3], соответственно.

6. Частота спин-решеточной релаксации СККСЖ

На рис. 10 представлены нормированные частоты спин-решеточной релаксации $(1/T_1T)_N$ как функции нормированного магнитного поля B_N при фиксированных температурах.

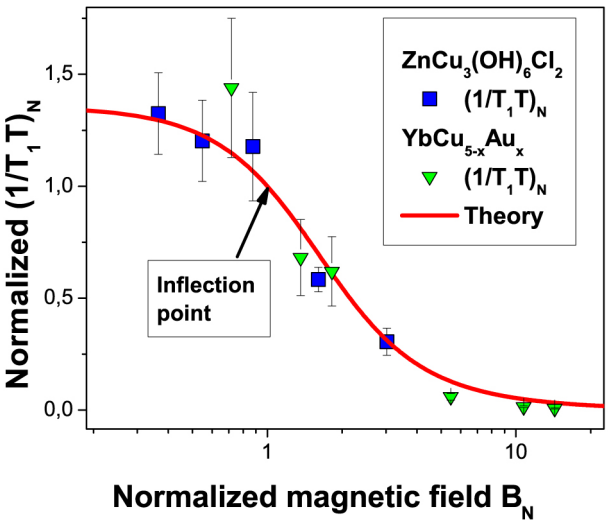


Рис. 10. Релаксационные свойства гербертсмитита при сравнении с аналогичными характеристиками металлов с ТФ и $2D$ ^{3}He. Нормированная частота спин-решеточной релаксации $(1/T_1T)_N$ при фиксированной температуре как функция магнитного поля. Квадратами обозначены данные для $(1/T_1T)_N$, полученные из измерений в $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ [28], а треугольниками — аналогичные данные, полученные из измерений в $YbCu_{5-x}Au_x$ с $x = 0.4$ [29]. Точка переги-

ба, использованная для нормировки, указана стрелкой. Наши вычисления представлены непрерывной линией, изображающей функцию $(M_N^*(B))^2$.

Из рис. 10 следует, что с ростом магнитного поля B величина $1/T_1T$ монотонно убывает, проходя через точку перегиба при некотором значении магнитного поля $B = B_{inf}$, показанного стрелкой. Для того, чтобы выявить скейлинговый характер частоты релаксации, необходимо нормировать как $1/T_1T$, так и магнитное поле. А именно, необходимо нормировать $1/T_1T$ на ее значение в точке перегиба, а магнитное поле — на B_{inf}, $B_N = B/B_{inf}$. Из уравнения (4) следует, что $(1/T_1T)_N = (M_N^*)^2$ и можно ожидать, что различные сильнокоррелированные ферми-системы, находящиеся вблизи ФККФП, будут демонстрировать аналогичное поведение нормированной спин-решеточноой частоты релаксации [16]. Из рис. 10 видно, что как металл с ТФ, $\mathrm{YbCu_{5-x}Au_x}$, так и гербертсмитит, $\mathrm{ZnCu_3(OH)_6Cl_2}$ демонстрируют одинаковое поведение нормированной частоты спин-решеточной релаксации. Из рис. 10 также видно, что при $B \leq B_{inf}$ (или $B_N \leq 1$) нормированная частота релаксации $(1/T_1T)_N$ слабо зависит от магнитного поля, в то время как при более высоких полях $(1/T_1T)_N$ изменяется в соответствии с уравнением (3), $(1/T_1T)_N = (M_N^*)^2 \propto B^{-4/3}$. Таким образом, можно заключить, что наложение магнитного поля B приводит к переходу из НФЖ в ЛФЖ режим и к существенному уменьшению частоты релаксации СККСЖ гербертсмитита. Как было отмечено ранее, СККСЖ играет роль ТФ жидкости, помещенной в диэлектрическое окружение. Можно предположить, что СККСЖ в гербертсмитите ведет себя так же, как электронная жидкость в ТФ металлах, как если бы заряд электронов был равен нулю. В этом случае термическое сопротивление ($w = LT/\kappa$), $w = w_0 + A_wT^2$, СККСЖ ведет себя как электрическое сопротивление $\rho = \rho_0 + A_\rho T^2$ электронной жидкости, и следовательно, A_w представляет вклад спинон-спинонного рассеяния в транспорт тепла. Это аналогично вкладу A_ρ в транспорт заряда за счет электрон-электронного рассеяния. Здесь L – число Лоренца, κ – термическая проводимость СККСЖ, ρ_0 и w_0 – остаточные электро- и термосопротивления электронной жидкости и СККСЖ, соответственно. Коэффициенты $A_w \sim A_\rho \propto (M^*)^2$ [30]. Можно предсказать, что коэффициент A_w термического сопротивления СККСЖ при наложении на систему магнитного поля при фиксированной температуре будет вести себя как частота спин-решеточной релаксации, показанная на рис. 10, $A_w(B) \propto 1/T_1T(B) \propto (M^*(B))^2$, а в ЛФЖ режиме при постоянном магнитном поле термическая проводимость является линейной функцией температуры, $\kappa \propto T$.

7. Выводы

В работе были определены термодинамические и релаксационные свойства гербертсмитита. Вычисления выявили фундаментальные свойства СККСЖ, являющейся сильнокоррелированной ферми-системой и находящейся вблизи ФККФП. Результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными, что позволяет считать поведение СККСЖ схожим с поведением ТФ металлов. Ключевой особенностью КСЖ является спин-зарядовое разделение и формирование СККСЖ, состоящей из подвижных тяжелых спинонов. Гербертсмитит является привлекательным минералом для изучения. В нем новые частицы-спиноны, не существующие в свободном состоянии, полностью замещают исходные частицы-электроны и определяют его низкотемпературные свойства. С целью дальнейшего прояснения физических свойств гербертсмитита полезно выполнить подробное экспериментальное изучение транспорта тепла. Интересно выяснить условия, при которых спиновая жидкость переходит в сверхтекучее состояние.

Мы благодарны В.А. Ходелю за ценные обсуждения, а также А. Харрисону и М.А. де Врие за их помощь в трактовке, полученных ими экспериментальных данных [4]. Эта работа была поддержана U.S. DOE, Division of Chemical Sciences, Office of Basic Energy Sciences, Office of Energy Research, AFOSR и РФФИ # 12-02-00017.

Литература

1. *Balents L.* Spin liquids in frustrated magnets // Nature. 2010. Vol. 464. P. 199–208.
2. *Shores M.P., Nytko E.A., Bartlett B.M., Nocera D.G.* A Structurally Perfect $S = 1/2$ Kagome Antiferromagnet // J. Am. Chem. Soc. 2005. Vol. 127. P. 13462–13463.
3. *Helton J.S. et al.* Spin Dynamics of the Spin-$1/2$ Kagome Lattice Antiferromagnet $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ // Phys. Rev. Lett. 2007. Vol. 98. P. 107204–107207.
4. *de Vries M.A., Kamenev K.V., Kockelmann W.A., Sanchez-Benitez J., Harrison A.* Magnetic Ground State of an Experimental $S = 1/2$ Kagome Antiferromagnet // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 100. P. 157205–157208.
5. *Helton J.S. et al.* Dynamic Scaling in the Susceptibility of the Spin-$1/2$ Kagome Lattice Antiferromagnet Herbertsmithite // Phys. Rev. Lett. 2010. Vol. 104. P. 147201–147204.
6. *Han T.H. et al.* Synthesis and characterization of single crystals of the spin-$1/2$ kagome-lattice antiferromagnets $Zn_xCu_{4-x}(OH)_6Cl_2$ // Phys. Rev. B. 2011. Vol. 83. P. 100402–100405(R).
7. *Bert F., Mendels P.* Quantum Kagome Antiferromagnet $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ // J. Phys. Soc. Jpn. 2010. Vol. 79. P. 011001–011010.
8. *Lee S., Lee P.U.* U(1) Gauge Theory of the Hubbard Model: Spin Liquid States and Possible Application to $\kappa - (BEDT - TTF)_2Cu_2(CN)_3$ // Phys. Rev. Lett. 2005. Vol. 95. P. 036403–036406.
9. *Motrunich O.I.* Variational study of triangular lattice spin-$1/2$ model with ring exchanges and spin liquid state in $\kappa - (ET)_2Cu_2(CN)_3$ // Phys. Rev. B. 2005. Vol. 72. P. 045105–11.
10. *Ran Y., Hermele M., Lee P.A., Wen X.-G.* Projected-Wave-Function Study of the Spin-$1/2$ Heisenberg Model on the Kagome Lattice //

Phys. Rev. Lett. 2007. Vol. 98. P. 117205–117208.
11. *Ryu S., Motrunich O.I., Alicea J., Fisher M.P.A.* Algebraic vortex liquid theory of a quantum antiferromagnet on the kagome lattice // Phys. Rev. B. 2007. Vol. 75. P. 184406–184418.
12. *Anderson P.W.* Resonating valence bonds: A new kind of insulator? // Mater. Res. Bull. 1973. Vol. 8. P. 153–160.
13. *Green D., Santos L., Chamon C.* Isolated flat bands and spin-1 conical bands in two-dimensional lattices // Phys. Rev. B. 2010. Vol. 82. P. 075104–075110.
14. *Heikkila T.T., Kopnin N.B., Volovik G.E.* Flat bands in topological media // http: arxiv.org/abs/1012.0905v5
15. *Yan S., Huse D.A., White S.R.,* Spin-Liquid Ground State of the S = $1/2$ Kagome Heisenberg Antiferromagnet // Science. 2011. Vol. 332. P. 1173–1176.
16. *Shaginyan V.R., Amusia M.Ya, Msezane A.Z., Popov K.G.* Scaling Behavior of Heavy Fermion Metals // Phys. Rep. 2010. Vol. 492. P. 31–109.
17. *Shaginyan V.R., Msezane A.Z., Popov K.G.* Thermodynamic properties of the kagome lattice in herbertsmithite // Phys. Rev. B. 2011. Vol. 84. P. 060401–060404.
18. *Shaginyan V.R., Msezane A.Z., Popov K.G., Stephanovich V.A.* Universal Behavior of Two-Dimensional 3He at Low Temperatures // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 100. P. 096406–096409.
19. *v. Lųhneysen H., Rosch A., Vojta M., Wųlfle P.* Fermi-liquid instabilities at magnetic quantum phase transitions // Rev. Mod. Phys. 2007. Vol. 79. P. 1015–1075.
20. *Jompol Y. et al.* Probing Spin-Charge Separation in a Tomonaga-Luttinger Liquid // Science. 2009. Vol. 325. P. 597–601.
21. *Gegenwart P. et al.* High-field phase diagram of the heavy-fermion metal $YbRh_2Si_2$ // New J. Phys. 2006. Vol. 8. P. 171–182.
22. *Ландау Л.Д.* Теория ферми-жидкости // ЖЭТФ. 1956. Т. 30. С. 1058–1066.
23. *Clark J.W., Khodel V.A., Zverev M.V.* Anomalous low-temperature behavior of strongly correlated Fermi systems // Phys. Rev. B. 2005. Vol. 71. P. 012401–012404.
24. *Khodel V.A., Clark J.W., Zverev M.V.* Topology of the Fermi surface beyond the quantum critical point // Phys. Rev. B. 2008. Vol. 78. P. 075120–075137.
25. *Shaginyan V.R., Popov K.G., Stephanovich V.A., Fomichev V.I., Kirichenko E.V.* High magnetic fields thermodynamics of heavy fermion metal $YbRh_2Si_2$ // Europhys. Lett. Vol. 93. P. 17008–17013.
26. *Neumann M., Nyŭki J., Cowan B., Saunders J.* Bilayer 3^He: A Simple Two-Dimensional Heavy-Fermion System with Quantum Criticality // Science 2007. Vol. 317. P. 1356–1359.
27. *Gegenwart P. et al.* Multiple Energy Scales at a Quantum Critical Point // Science 2007. Vol. 315. P. 969–971.
28. *Imai T., Nytko E.A., Bartlett B.M., Shores M.P., Nocera D.G.* 63^Cu, 35^Cl, and 1^H NMR in the S=1/2 Kagome Lattice $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 100. P. 077203–077206.
29. *Carretta P., Pasero R., Giovannini M., Baines C.* Magnetic-field-induced crossover from non-Fermi to Fermi liquid at the quantum critical point of $YbCu_{5-x}Au_x$ // Phys. Rev. B. 2009. Vol. 79. P. 020401–020404(R).
30. *Khodel V.A., Schuck P.* Universal behavior of the collision rate in strongly correlated Fermi systems // Z. Phys. B. 1997. Vol. 104. P. 505–508.

Статья поступила в редакцию 21.02.2012.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 54-116 : 543.556

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ, СИНТЕЗИРОВАННОЙ ИЗ ИЛЬМЕНИТСОДЕРЖАЩЕГО ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Н.А. СЕКУШИН, П.В. ИСТОМИН, Ю.И. РЯБКОВ, Б.А. ГОЛДИН

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

Приведены результаты исследования влияния макроструктуры на электрические свойства керамических полупроводниковых материалов, синтезированных из природного ильменитсодержащего сырья. Обнаружена индуктивная составляющая в низкочастотной области импеданс-спектра образцов. Данный эффект объяснен электрофизическими свойствами межзеренных границ. Впервые построена эквивалентная схема межзеренной границы.

Ключевые слова: **ильменит, ферропсевдобрукит, ульвошпинель, межзеренные границы, эквивалентная схема, двухчастотный критерий, индуктивно-емкостная цепь**

N.A. SEKUSHIN, P.V. ISTOMIN, Y.I. RYABKOV, B.A. GOLDIN. **ELECTRICAL PROPERTIES OF CERAMICS SYNTHESIZED FROM NATURAL ILMENITE-CONTAINING RAW MATERIALS**

Research results of macrostructure influence on electric properties of semiconducting ceramics synthesized from natural ilmenite-containing raw materials are given. Inductive component in low-frequency range of specimen's impedance spectrum was discovered. This effect was explained by electro physical properties of the contacts between crystal grains. The equivalent circuit of boundary between crystal grains was found for the first time.

Key words: **ilmenite, ferropseudobrookite, ferrospinel, boundary between crystal grains, equivalent circuit, two frequency criterion, inductive-capacitive circuit**

Введение

В последние годы наблюдается стремительный рост использования бытовых технических устройств, являющихся источниками сверхвысокочастотного (СВЧ) электромагнитного излучения, что оказывает вредное воздействие на человека. Снижение электромагнитного загрязнения окружающей среды может быть достигнуто за счет использования радиопоглощающих материалов, среди которых наиболее эффективны ферриты. Известно, что ильменитсодержащее природное сырье является эффективным поглотителем СВЧ-излучения. В работе [1] был получен радиопоглощающий композит путем введения в эпоксидно-полимерную матрицу ильменита Кусинского месторождения (Челябинская область). В Республике Коми имеется Пижемское ильменит-лейкоксеновое месторождение, являющееся перспективным источником титана. Это сырье также может быть использовано для получения радиопоглощающих ферритовых материалов.

На рис. 1 приведен концентрационный треугольник оксидов железа и титана, с помощью которого можно спрогнозировать возможные высокотемпературные реакции при вакуумном обжиге ильменитсодержащего сырья [2].

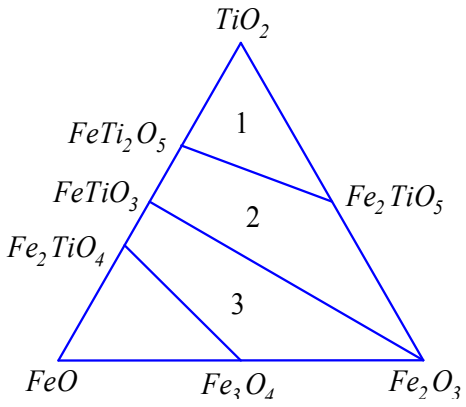


Рис. 1. Концентрационный треугольник тройной системы FeO – TiO_2 – Fe_2O_3. Выделены области твер-дых растворов: 1 – псевдобрукита; 2 – гематита – ильменита; 3 – ульвошпинели – магнетита.

Поскольку природный ильменит Кусинского месторождения $FeTiO_3$ имеет добавки в виде гематита Fe_2O_3 или магнетита Fe_3O_4, то при вакуумном

обжиге возможны две следующие реакции с образованием ульвошпинели Fe_2TiO_3:

$$2FeTiO_3 + Fe_2O_3 \xrightarrow{1450^oC \times 1\,час\ в\ вакууме} 2Fe_2TiO_4 + \frac{1}{2}O_2 \uparrow \quad (1)$$

$$3FeTiO_3 + Fe_3O_4 \xrightarrow{1450^oC \times 1\,час\ в\ вакууме} 3Fe_2TiO_4 + \frac{1}{2}O_2 \uparrow \quad (2)$$

В ильменит-лейкоксеновом концентрате Пижемского месторождения имеется избыток оксида титана. В этом случае термообработка в вакууме приводит к образованию ферропсевдобрукита Fe_2TiO_4 [3]:

$$FeTiO_3 + TiO_2 \xrightarrow{1200^oC \times 1\,час\ в\ вакууме} FeTi_2O_5. \quad (3)$$

В работах [1, 3, 4] были осуществлены синтезы в соответствии с реакциями (1–3) и получены материалы с доминирующей фазой ульвошпинели и ферропсевдобрукита. Первый материал в дальнейшем будем называть ульвошпинелевой керамикой (УШК), а второй – ферропсевдобрукитовой керамикой (ФПБК). В настоящей работе приведены электронно-микроскопические изображения и результаты исследования электрических свойств УШК и ФПБК с помощью гармонических сигналов в интервале температур от 20°С до 620°С.

Экспериментальная часть

Синтез, структура и химический состав УШК и ФПБК подробно описаны в работах [1, 3, 4], где также приведены краткие сведения об их электрических свойствах. Известно, что процесс переноса зарядов зависит не только от электрофизических свойств доминирующей фазы, но также и от процессов на межзеренных границах (МЗГ) [5–7]. Для изучения МЗГ нами была использована электронная микроскопия. На рис. 2(A, B, C) приведены электронно-микроскопические изображения аншлифа ФПБК, на рис. 2(D) – снимок скола ФПБ керамики, на котором видна огранка кристаллов. Основными элементами микроструктуры являются ферропсевдобрукитовые зёрна, размер которых достигает 10 мкм, и силикатная фаза темного цвета, равномерно заполняющая межзёренное пространство. Следует отметить, что на стадии подготовки шихты в ильменит-лейкоксеновый концентрат были введены спекающие добавки: 6 мас. % MgO и 0.5 мас. % $Mg_3(BO_3)_2$. Это привело к образованию стеклофазы, которая заняла приблизительно 30 % объема. На рис. 2(B) видна крупная пора диаметром около 20 мкм. На рис. 2(C) изображена область стеклофазы, внутри которой присутствуют наночастицы кварца. Открытая пористость материала,

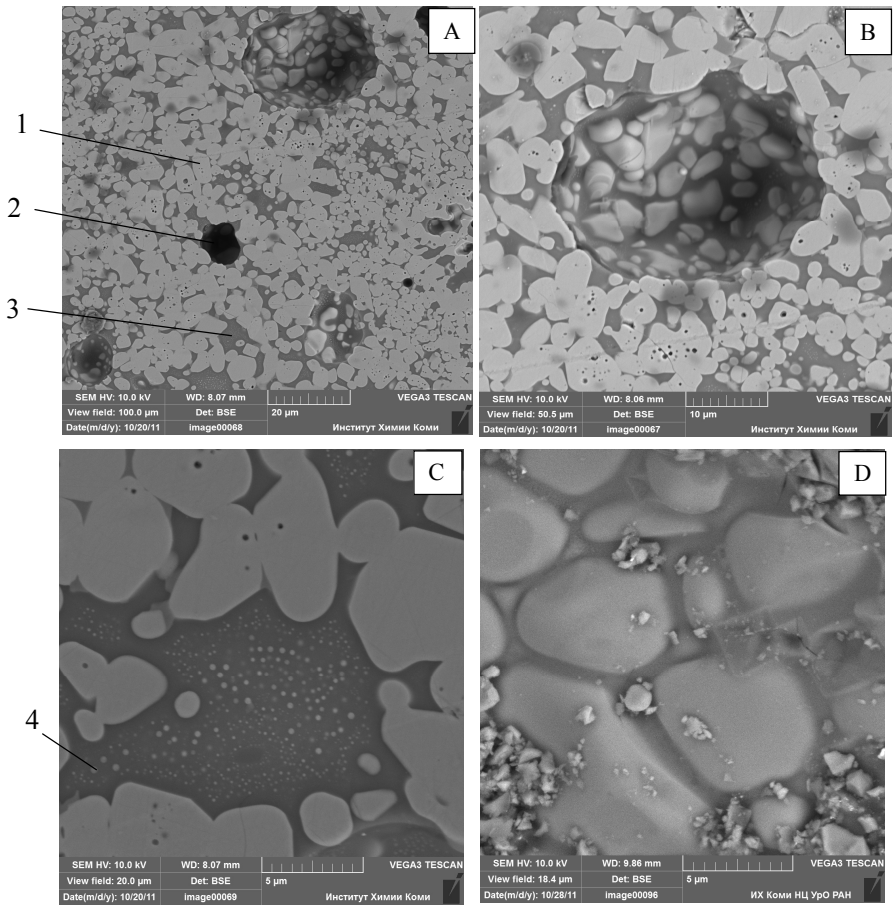


Рис. 2. Электронно-микроскопические изображения (VEGA3 TESCAN) микроструктуры материала, полученного в результате вакуум-термической обработки ИЛК: 1 – зерна ферропсевдобрукита; 2 – глубокая мезопора; 3 – силикатная фаза; 4 – нанокристаллы кварца в стеклофазе.

измеренная гидростатическим методом, не превышает 10%, однако уровень закрытой пористости значительно выше. Кажущаяся плотность материала составляет 3.33 г/см^3.

На рис. 3(А) представлены электронно-микроскопические изображения УШК, синтезированной со спекающими добавками: 6 мас. % MgO и 0.5 мас. % $Mg_3(BO_3)_2$. На рис. 3(В) – электронно-микроскопическое изображение внутренней части крупной поры в УШК, приготовленной непосредственно из природного сырья без спекающих добавок. При введение спекающих добавок доля объема, занятого стеклофазой, возрастает в два – три раза, размер зерна увеличивается в два раза, пористость уменьшается. При спекании силикатная составляющая переходит в жидкое состояние, обволакивает растущие зерна ульвошпинели и тем самым оказывает сильное влияние на МЗГ.

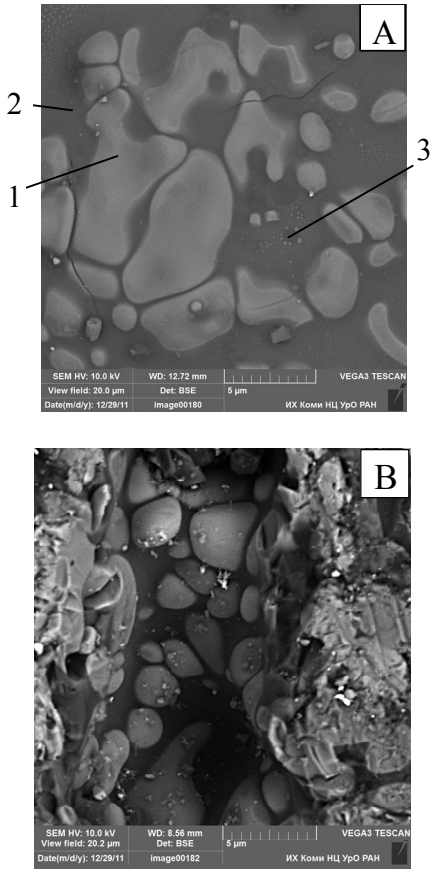


Рис. 3. Электронно-микроскопические изображения ульвошпинелевой керамики, синтезированной со спекающими добавками (А): 1 – зерна ульвошпинели; 2 – стеклофаза; 3 – нанокристаллы кварца в стеклофазе. И без спекающих добавок (В).

Электрические свойства ФПБК и УШК были изучены методом импеданс-спектроскопии (ИС) с помощью моста переменного тока МТ4090 и цифрового измерителя отклика Z-1000P. Оба метода дали одинаковые результаты. Однако при измерениях мостовым методом отношение полезного сигнала к шуму оказалось более высоким. Поэтому ниже приведены экспериментальные данные, полученные только с помощью моста МТ4090. Также были проведены измерения термо-ЭДС в интервале температур 20–200 °С. Регистрация осуществлялась вольтметром В7-34А.

Для исследования электрических свойств на таблетки диаметром 19 мм и толщиной 4 мм были нанесены серебряные электроды методом вжигания пасты KB-Leitsilber. Отдельные измерения выполнены с платиновыми электродами, которые готовили путем нанесения суспензии платины с последующей её сушкой. Достоверная точность моста составляла четыре знака (±0,1 %), а точность удержания температуры ±1°С.

По результатам исследования термо-ЭДС установлена принадлежность как ФПБК, так и УШК к полупроводникам *n*-типа. Коэффициент Зеебека при температурах 100 – 200°С отрицателен и по абсолютной величине для ФПБК равен 0.41±0,09 мВ/К. Проводимость ФПБК зависит как от частоты тока, так и от температуры [3]. Энергия активации составляет 0.206 – 0.216 эВ при температурах ниже 250°С и 0.429 – 0.435 эВ в области более высоких температур, что хорошо согласуется с литературными данными по монокристаллическому ФПБ [8]. Температурные зависимости проводимости УШК также подчиняются закону Аррениуса. Необычность этих материалов заключается в том, что энергия активации их проводимости зависит от частоты (таблица).

Энергия активации E и величина предэкспоненциального множителя σ_0, входящего в закон Аррениуса, для УШК (без спекающих добавок)

Частота, кГц	$\ln(\sigma_0)$ (См)	*E* (эВ)
0,1	14,38±0,21	0,592±0,009
0,12	14,427±0,19	0,594±0,009
1	14,261±0,14	0,583±0,009
10	13,651±0,17	0,544±0,008
100	12,893±0,08	0,491±0,004
200	12,58±0,1	0,469±0,005

Керамика, полученная обжигом в вакууме, имеет дефицит кислорода. Вследствие этого такие материалы обладают смешанной электронно-кислородной проводимостью. Кислородные вакансии в процессе роста зерен концентрируются на МЗГ. При выносе таких образцов на воздух идет медленный процесс захвата вакансиями атмосферного кислорода, что влияет на электрические характеристики образцов. На рис. 4 приведены температурные зависимости емкости ФПБК, измеренные на частотах от 100 Гц до 100 кГц после различной по длительности выдержки образцов на воздухе.

Нами определено, что время уменьшения емкости в два раза равно 10 – 15 суткам. При этом проводимость также падает, но значительно медленнее. При хранении образцов в вакууме электрические характеристики ФПБК и УШК не изменяются. Установлено, что термическое воздействие в условиях воздушной атмосферы приводит к окислению поверхностного слоя как ФПБК, так и УШК, что обуславливает появление на поверхности бурого оттенка [3].

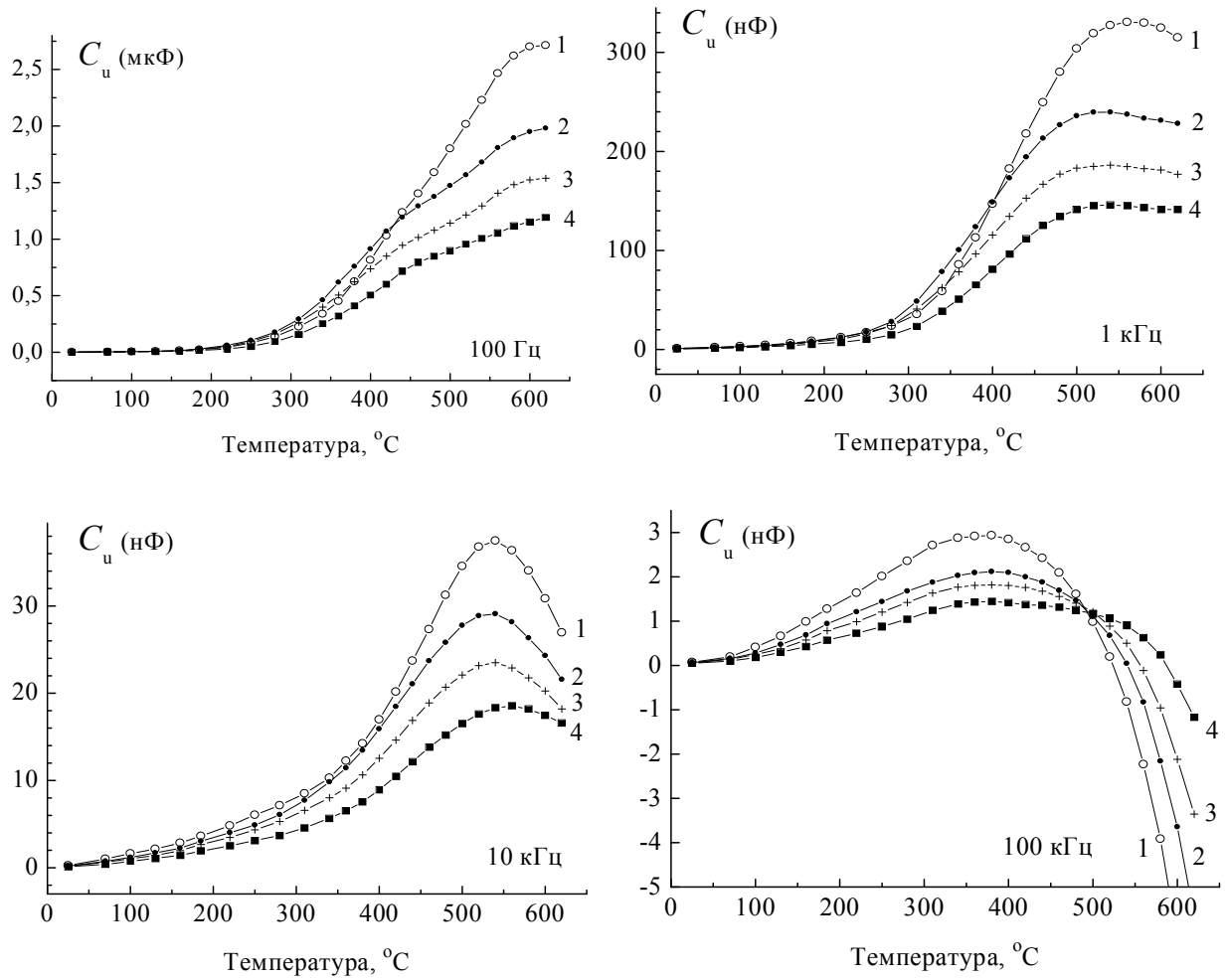


Рис. 4. Зависимости действительной емкости от температуры для ФПБК сразу после обжига (1), выдержки на воздухе в течение 3 суток (2), 6 суток (3) и 16 суток (4). Измерения проводились на частоте 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц.

Еще одной примечательной особенностью рассматриваемых материалов является их температурная память, что приводит к появлению гистерезисов на температурных зависимостях емкости, измеряемых в режиме: нагревание – охлаждение [9]. У сегнетоэлектриков температурный гистерезис на кривой емкости связан с явлением спонтанной поляризации [10]. У УШК, синтезированной без спекающих добавок, температурная память проявляется особенно сильно. Исследование температурной памяти проводили в вакууме, так как на импеданс образцов могут повлиять кислород и другие газы из атмосферы. Результаты этого исследования представлены на рис. 5. Процесс осуществлялся при постоянной скорости нагрева 200°С/час. После первого измерения зависимости емкости от температуры (кривые 1 на рис. 5) установку выключали и выжидали около 3 час. За это время образец и все элементы установки приобретали комнатную температуру. Затем производили второе измерение емкости (кривая 2 на рис. 5), при котором поддерживалась скорость нагрева такая же, как и при первом измерении. Полученные вторые зависимости $C_u(T)$ существенно отличаются от первых, что указывает на наличие температурной памяти. Выдержка образцов при комнатной температуре приводит к частичному восстановлению начальных электрических свойств. Следует также отметить, что на температурных зависимостях действительной проводимости эффект температурной памяти отсутствует.

Наиболее вероятная причина температурной памяти связана с тем, что изучаемые материалы являются неоднородными. При нагревании происходит термическое расширение кристаллических зерен, погруженных в стеклофазу, которая при высоких температурах приобретает текучесть. Этот процесс сопровождается значительными изменениями геометрических параметров межзеренных границ (МЗГ). При охлаждении поликристаллический материал не возвращается в исходное состояние, что и приводит к изменению его электрических свойств. После термического воздействия такие материалы, вероятно, имеют значительные внутренние механические напряжения, которые постепенно релаксируют, что приводит к частичному восстановлению их электрофизических характеристик.

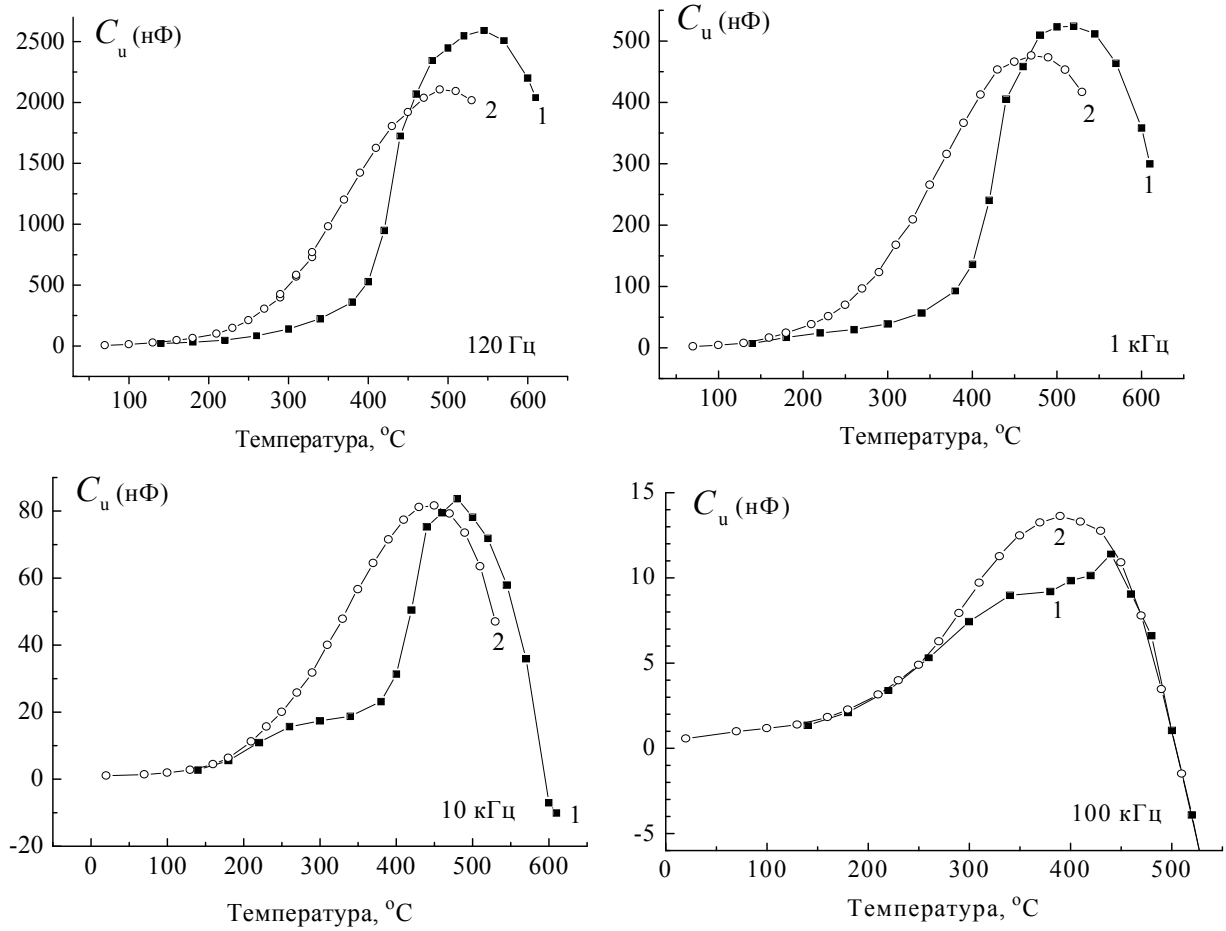


Рис. 5. Зависимости емкости C_u УШК от температуры, измеренные на частотах 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц, для свежеприготовленного образца (1) и спустя 3 ч после снятия первой кривой (2).

Формальный анализ данных импеданс-спектроскопии

Конечной стадией исследования электрических свойств материала методом ИС является построение эквивалентной схемы (ЭС). Следует отметить, что такая схема должна отражать всю совокупность физико-химических процессов в объекте, связанных с электрическими токами и потенциалами. Для изучения этих процессов необходимо привлекать не только ИС, но и многие другие методы. Только в результате комплексного исследования возможно создание математической модели, которую можно затем трансформировать в эквивалентную схему. Если ЭС известна, то с помощью импеданс-спектроскопии можно определить ее параметры.

Что касается ФПБК и УШК, то в настоящее время мы не располагаем достаточной информацией для построения полной ЭС. В таком случае полезно провести формальный анализ данных ИС, который позволяет, в частности, зарегистрировать присутствие индуктивной составляющей в импедансе образцов. В работе [11] было показано, что для формального анализа данные ИС необходимо построить в виде Cσ-диаграмм, где по оси абсцисс откладывается действительная проводимость образца σ_u, а по оси ординат – действительная емкость об-

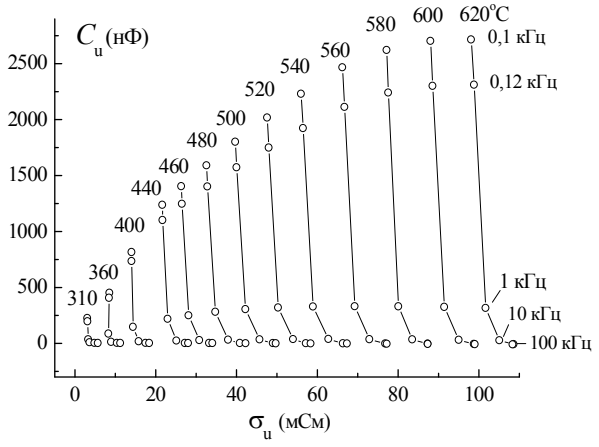


Рис. 6. *Cσ*-диаграммы свежеприготовленной ФПБК (со спекающими добавками) в температурном диапазоне 310 – 620 °С.

разца C_u. На рис. 6–8 приведены Cσ-диаграммы исследуемых в настоящей работе образцов.

Следует отметить, что материалы, как правило, являются резисторно (*R*) - конденсаторными (*C*) системами. Это означает, что при пропускании через эти образцы электрического тока, изменяющегося во времени по гармоническому закону, ток

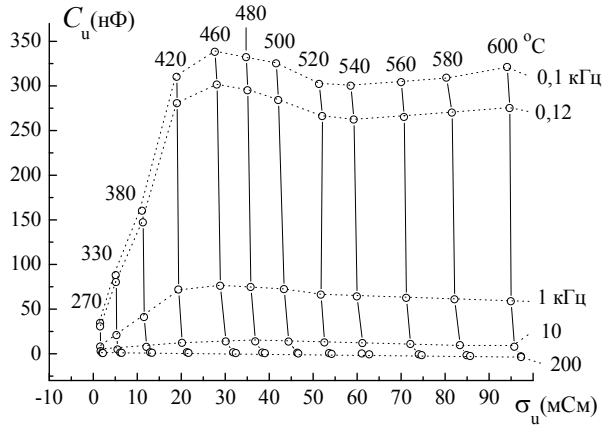


Рис. 7. Cσ-диаграммы УШК (со спекающими добавками) в интервале температур 270 – 600°С.

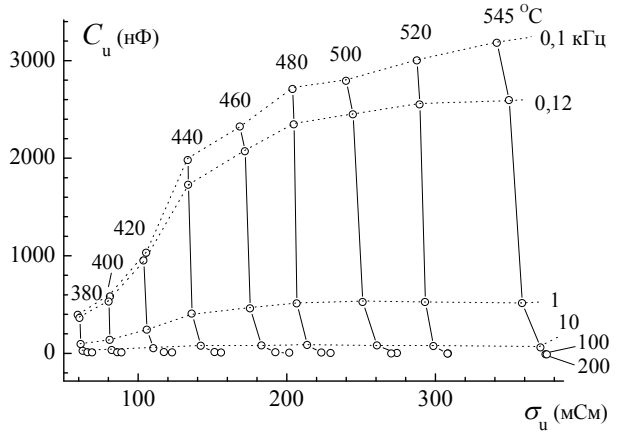


Рис. 8. Cσ-диаграммы УШК (без спекающих добавок) в интервале температур 380 – 545°С.

будет опережать напряжение по фазе на угол от 0° до +90°. Вместе с тем, могут присутствовать процессы, при которых ток отстает от напряжения по фазе на угол от 0° до –90°. Наиболее известной причиной отрицательных фазовых сдвигов является присутствие магнитных полей, что учитывают в эквивалентных схемах введением индуктивности (*L*). Однако отрицательные фазовые сдвиги могут возникать и по другим причинам, не связанными с магнитным полем [12]. При формальном анализе все процессы, при которых фаза тока отрицательна, мы будем называть индуктивными процессами.

В работе [13] сформулированы три признака присутствия индуктивной составляющей в импедансе образца.

1. Инверсия знака емкости C_u (появление отрицательных емкостей).

2. Нарушение принципа монотонности: в *RC*-системах при увеличении частоты действительная емкость монотонно падает, а действительная проводимость монотонно растет.

3. Двухчастотный критерий присутствия индуктивной составляющей в импедансе образца, можно использовать, если принцип монотонности соблюдается. В этом случае необходимо провести измерение импеданса на двух достаточно близких частотах: ω_1 и ω_2 ($\omega_1 < \omega_2$). Пусть для параллельной схемы замещения получены следующие величины: C_{1u}, σ_{1u} – для низкой частоты и C_{2u}, σ_{2u} – для высокой. Далее необходимо рассчитать параметр α по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{(C_{1u} - C_{2u})(\omega_2^2 C_{2u} - \omega_1^2 C_{1u})}{(\sigma_{2u} - \sigma_{1u})^2}. \qquad (4)$$

Если α<1, то в импедансе образца присутствует индуктивная составляющая. В этом случае никакой *RC* эквивалентной схемой нельзя точно описать данные импеданс-спектроскопии.

В работе [13] установлен физический смысл критерия (4). В *RC*-системах с увеличением частоты емкость не может слишком быстро уменьшаться, а проводимость – слишком быстро расти.

Рассмотрим теперь экспериментальные данные, представленные на рис. 6 – 8 в виде Cσ-диаграмм. Следует отметить сильную дисперсию емкости на низких частотах и слабую дисперсию проводимости. Несмотря на то, что принцип монотонности соблюдается, общий вид Cσ-диаграмм свидетельствует о возможном присутствии индуктивной составляющей на низких частотах. Нами был проведен расчет параметра α для ФПБК по измерениям емкости и проводимости на частотах 100 и 120 Гц в температурном интервале от 25 до 620°С (рис. 9).

При частоте около 100 Гц, как это следует из рис. 9, надежно регистрируется α<1 для температуры выше 300°С у свежеприготовленного образца (рис. 9, А). После 72 час выдержки ФПБК на воздухе пограничная температура составляет около 400°С (рис. 9, В). После хранения на воздухе в течение 144 часов α>1. Таким образом, индуктивная составляющая импеданса регистрируется только у свежеприготовленной ФПБК и при повышенных температурах.

На рис. 10(А) приведены результаты расчета α для свежеприготовленного образца УШК (без спекающих добавок) для низких (1), средних (2) и высоких (3) частот. На рис. 10(В) показано, как термическое воздействие на воздухе влияет на температурную зависимость α УШК (без спекающих добавок). На рис. 11 представлены результаты расчета α для УШК со спекающими добавками.

Из представленных на рисунках 10, 11 данных, можно сделать следующий вывод. Электрические свойства данных материалов нельзя точно смоделировать эквивалентной схемой, состоящей только из резисторов и конденсаторов. Особенно это относится к области низких частот. В исследуемых полупроводниковых материалах на обычный *RC*-процесс заряда и разряда накладывается некоторый дополнительный процесс индуктивного типа, приводящий к отставанию тока по фазам относительно напряжения. Это явление наблюдается только у свежеприготовленных образцов. При пассивном хранении или термообработке на воздухе влияние этого неизвестного процесса на импеданс снижается (рис. 10В), а при повышении температуры – усиливается (рис. 10, А и 11).

Индуктивный процесс отмечается также и в области высоких частот (кривая 3 на рис. 10, А).

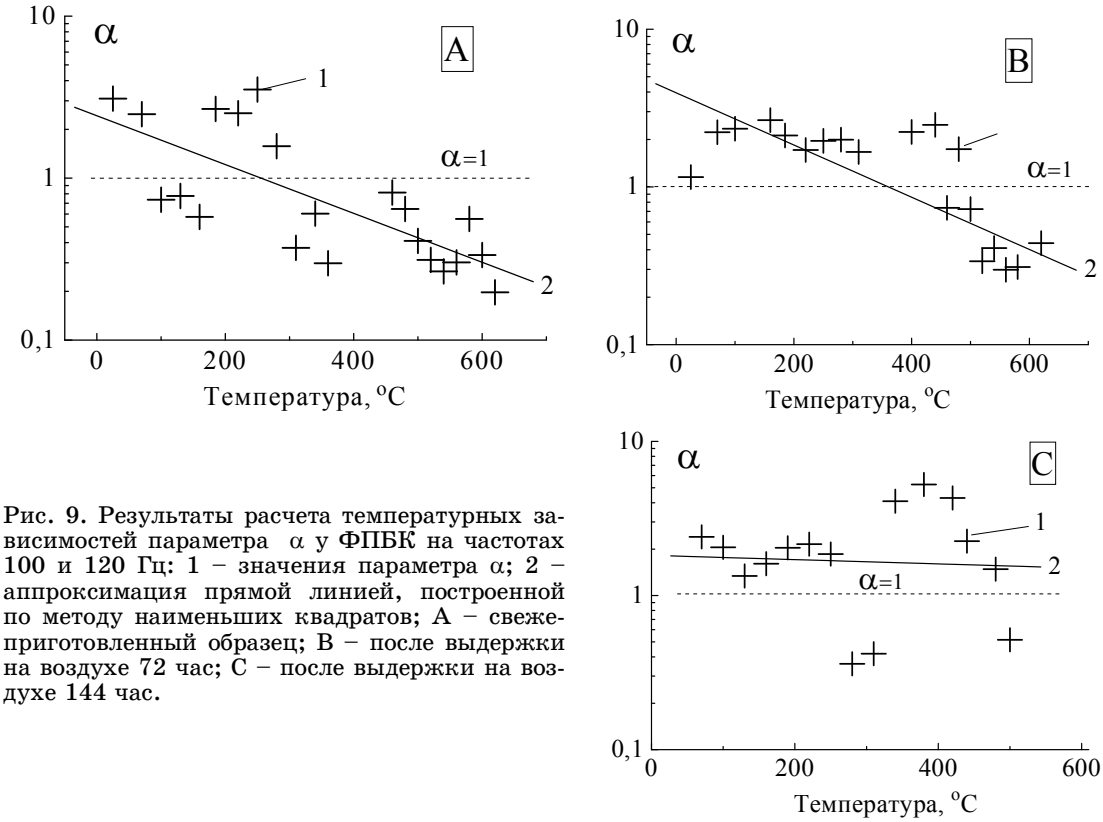


Рис. 9. Результаты расчета температурных зависимостей параметра α у ФПБК на частотах 100 и 120 Гц: 1 – значения параметра α; 2 – аппроксимация прямой линией, построенной по методу наименьших квадратов; A – свежеприготовленный образец; B – после выдержки на воздухе 72 час; C – после выдержки на воздухе 144 час.

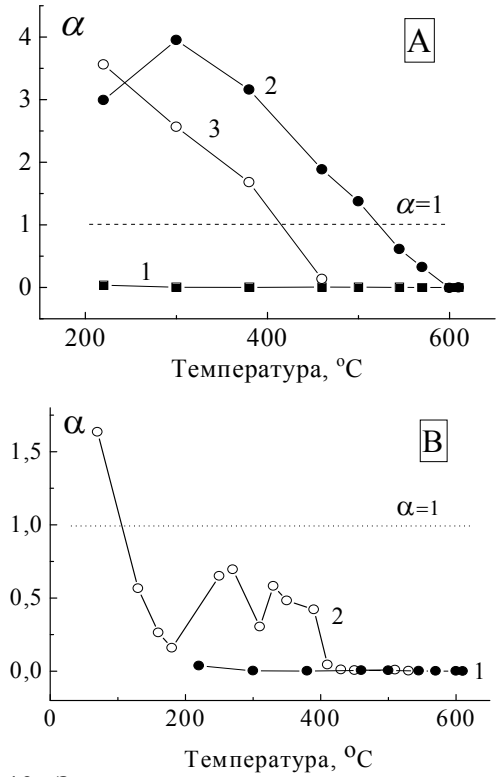


Рис. 10. Зависимость коэффициента α от температуры *T* для УШК (без спекающих добавок): A – α рассчитана на частотах 100/120 Гц (1); 1/10 кГц (2) и 100/200 кГц (3). B – α рассчитана на частотах 100 и 120 Гц для свежеприготовленного УШК (1) и после кратковременной термообработки на воздухе (2).

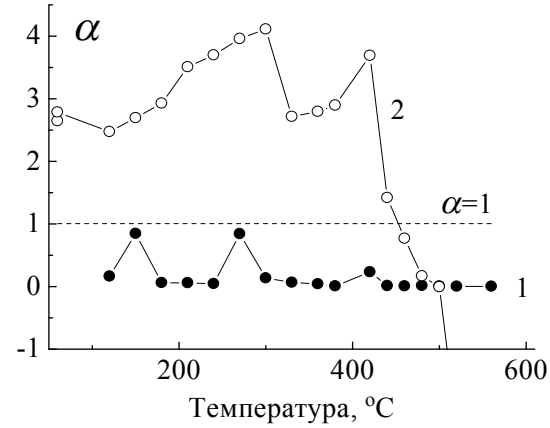


Рис. 11. Зависимости α(*T*) для свежеприготовленного УШК (со спекающими добавками), полученные по измерениям импеданса на частотах: 100/120 Гц (1) и 100/200 кГц (2).

При высоких температурах можно наблюдать инверсию знака емкости, измеренной на частотах свыше 100 кГц. Это явление связано, главным образом, с индуктивностью подводящих проводов.

Эквивалентная схема межзеренной границы

Необычные свойства в низкочастотном электрическом поле исследованных полупроводниковых материалов определяются, вероятно, межзеренными границами (МЗГ). В работе [5] для описания электрических свойств МЗГ бикристалла кремния была предложена модель «транзистора на ловушках», которую мы используем для интерпретации экспериментальных данных. На рис. 12 приведена

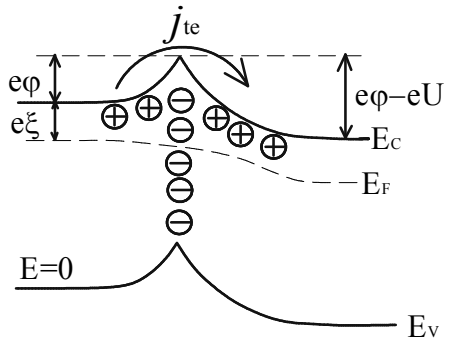


Рис. 12. Зонная диаграмма заряженной МЗГ в полупроводниках *n*–типа (пояснение в тексте).

зонная диаграмма заряженной МЗГ для полупроводника *n*-типа.

Оборванные химические связи на МЗГ формируют систему локализованных квантовых состояний, которые в литературных источниках называют ловушками. Если контактируют полупроводниковые зерна с *n*-типом проводимости, то глубокие ловушки на МЗГ с энергией ниже уровня Ферми E_F заняты электронами, которые на рис. 12 обозначены символом Θ. При высоких температурах может происходить эмиссия электронов из ловушек в зону проводимости и захвата свободными ловушками электронов из зоны проводимости. Электронейтральность всей системы обеспечивается тем, что по обе стороны от МЗГ возникают области объемного заряда, которые сформированы ионизованными донорами, обозначенными на рис. 12 символами ⊕. Поэтому рассматриваемую модель называют двойным потенциальным барьером типа Шотки [7]. При отсутствии разности потенциалов на МЗГ распределение положительных зарядов по обе стороны от МЗГ симметрично. Если подать на МЗГ напряжение смещения U, то возникнет небольшой электронный ток прыжкового характера через ловушки. Этот ток проходит, в сущности, сквозь барьер и является относительно небольшим, так что в расчетах им пренебрегают.

Основной ток связан с термоэлектронной эмиссией, при которой наиболее «горячие» электроны перепрыгивают через барьер. Ток термоэлектронной эмиссии можно рассчитать по следующей формуле [5]:

$$j_{te} = A^* T^2 \exp(-\beta(\xi+\varphi))(1-\exp(-\beta U)), \quad (5)$$

где $\beta = \frac{e}{kT}$ (*k*–постоянная Больцмана, *T*–температура, *e*–заряд электрона); A^*–постоянная Ричардсона, *U* – приложенное напряжение; $e\varphi$ – высота потенциального барьера, $e\xi$ – положение уровня Ферми в кристаллическом зерне относительно дна зоны проводимости E_C (рис. 12).

Потенциальный барьер на МЗГ обладает двумя свойствами, влияющими на импеданс. Во-первых, высота барьера зависит от напряжения смещения *U*. Это связано с известным эффектом Пула–Френкеля [14], согласно которому внешнее электрическое поле ускоряет эмиссию электронов из ловушек. Вследствие этого средняя «населенность» ловушек на МЗГ в присутствии поляризующего поля U уменьшается. Следовательно, уменьшается заряд МЗГ, что приводит к снижению потенциального барьера. Во-вторых, процесс эмиссии электронов из ловушек требует достаточно большого времени. Это связано с тем, что волновые функции ловушек практически не перекрываются, что делает невозможным туннелирование электронов с одного квантового состояния на другое. Поэтому эмиссия из ловушек осуществляется по прыжковому механизму в результате флуктуаций энергии электронов. Этот процесс можно охарактеризовать временем оседлой жизни электрона τ. Таким образом, при ступенчатом изменении напряжения смещения на величину ΔU высота потенциального барьера на МЗГ будет достаточно медленно уменьшаться, пока не примет свое равновесное значение. Такой барьер можно было бы назвать «запаздывающим барьером». В теории технических систем используют звено чистого запаздывания, имеющее передаточную функцию: $W = \exp(-\tau p)$ [15], где τ – время запаздывания; *p* – переменная Лапласа. Это звено пропускает сигналы без искажений, но задерживает их на время τ. Рассмотрим «идеальный запаздывающий барьер», в котором в пространстве изображений [15] связь между током *I*(*p*) и напряжением *U*(*p*) имеет следующий вид:

$$I(p) = Ke^{-p\tau}U(p), \quad (6)$$

где *K* – константа с размерностью проводимости.

Из (6) находим выражение для операторного адмиттанса (ОА) «идеального запаздывающего барьера»:

$$Y(p) = \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{K}{\exp(\tau p)}. \quad (7)$$

Далее необходимо найти максимально простой двухполюсник, с помощью которого можно было бы моделировать «запаздывающий барьер» в области низких частот (для малых значений *p*). С этой целью разложим экспоненту в (7) в степенной ряд, оставив в нем два первых элемента. В результате получаем следующее выражение для ОА:

$$Y(p) = \frac{K}{1+\tau p}. \quad (8)$$

Формула (8) полностью соответствует ОА двухполюсника, который состоит из последовательно соединенных резистора R_1 и индуктивности *L* (рис. 13). В этом случае $\tau = \frac{L}{R_1}$, $K = \frac{1}{R_1}$.

В импедансе МЗГ также присутствует емкостная составляющая, связанная с объемными зарядами, которые нейтрализуют отрицательный заряд МЗГ. При воздействии на МЗГ переменным напряжением возникают токи связанных зарядов (или токи смещения), которые приводят к изменению протяженности области пространственных зарядов. По одну сторону от МЗГ эта область уменьшается, а по другую увеличивается при одной полярности напряжения. Как только полярность подаваемого

напряжения изменяется на обратную, области объемных зарядов претерпевают обратные изменения. В работе [5] эта часть импеданса была охарактеризована идеальной (частотно независимой) емкостью C_{hf}. Однако в природе не существует идеальных емкостей. Поэтому указанный процесс было бы более правильно моделировать емкостью с диэлектрическими потерями. Следовательно, для учета рассматриваемого емкостного процесса в эквивалентную схему необходимо ввести последовательно соединенные емкость C и резистор R_2 (рис. 13). Постоянная времени емкостного процесса $\tau_2 = R_2 C$ зависит от постоянной времени индуктивного процесса τ_1, поскольку изменение заряда МЗГ влияет на суммарный объемный заряд ионизованных доноров, что вытекает из условия электронейтральности системы.

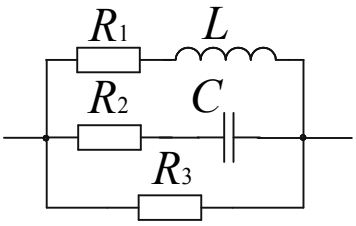


Рис. 13. Эквивалентная схема МЗГ.

Последний процесс, который необходимо учесть в эквивалентной схеме, – это сквозная (низкочастотная) проводимость. При постоянном напряжении смещения через МЗГ будет проходить постоянный ток термоэлектронной эмиссии, который можно учесть в эквивалентной схеме введением резистора R_3 (рис. 13).

В заключение следует отметить, что частотно зависимая часть изображенного на рис. 13 двухполюсника, состоящая из L, C, R_1 и R_2, была названа в работе [16] индуктивно-емкостной цепью. Там же приведен подробный теоретический анализ частотных свойств этой цепи.

Заключение

Модель межзеренных границ позволяет непротиворечиво интерпретировать всю совокупность электрических свойств исследованных материалов. Присутствие индуктивной составляющей в импедансе образцов объяснено моделью «запаздывающего барьера». Влияние кислорода на импеданс связано с уменьшением концентрации ловушек на МЗГ вследствие процесса окисления. Температурная память обусловлена частично необратимым термическим расширением зерен, что влияет на геометрические характеристики МЗГ. Впервые построена эквивалентная схема МЗГ, в которой присутствует индуктивность. Приведено оригинальное обоснование необходимости введения этого элемента для учета запаздывающего эффекта на МЗГ.

Литература

1. *Голдин Б.А., Секушин Н.А., Назарова Л.Ю., Рябков Ю.И.* Композиционные материалы на основе железо-титанового минерального сырья для поглощения высокочастотного электромагнитного излучения // Огнеупоры и техническая керамика, 2010. № 1–2. С. 36–40.
2. *Игнатьев В.Д., Бурцев И.Н.* Лейкоксен Тимана: минералогия и проблемы технологии. СПб.: Наука, 1997. 215 с.
3. *Грасс В.Э., Секушин Н.А., Голдин Б.А.* Термохимические превращения ильменит-лейкоксенового концентрата // Стекло и керамика. 2010. № 2. С. 15–18.
4. *Разработка наноструктурированных* керамических композитов / Б.А.Голдин, В.Э.Грасс, П.В.Истомин, Н.А.Секушин, Ю.И.Рябков // Известия Коми науч. центра УрО РАН. 2010. № 1. С. 16–23.
5. *Вернер Ю.* Электронные свойства межзеренных границ // Поликристаллические полупроводники. Физические свойства и применение / Под. ред. Г. Харбеке. М.: Мир, 1989. С. 116–144.
6. *Бронятовский А.* Электронные состояния на межзеренных границах в полупроводниках// Поликристаллические полупроводники. Физические свойства и применения / Под. ред. Г. Харбеке. М. : Мир, 1989. С. 145–173.
7. *Блатер Г., Грютер Ф.* Электрические свойства межзеренных границ в присутствии глубоких объемных ловушек // Поликристаллические полупроводники. Физические свойства и применения / Под. ред. Г. Харбеке. М.: Мир, 1989. С. 175–200.
8. *Novel magnetic-semiconductors* in modified iron titanates for radhard electronics / R.K. Pandey, P. Padmini, R. Schad, J. Dou, H. Stern, R. Wilkins, R. Dwivedi, W.J. Geerts, C.O'Brien// J. Electroceram. 2009. Vol. 22. No. 1–3. P. 334–341.
9. *Salvi S.V., Karande A.H, Madare M.A., Gurav S.S.* Dielectric Hysteresis in Fe_2TiO_5 on Substitution of Titanium by Tin // Ferroelectrics. 2005. Vol. 323. № 1. P. 97–106.
10. *Шаскольская М.П.* Кристаллография. М.: Высшая школа, 1975. 391с.
11. *Секушин Н.А.* Способ представления экспериментальных данных по импеданс-спектроскопии // Электрохимия. 2009. Т. 45. № 11. С. 1403–1408.
12. *Barsoukov E., Macdonald J.R.* Impedance Spectroscopy: Theory, Experiment and Application. Wiley – Interscience. 2005. 606 c.
13. *Секушин Н.А.* Двухчастотный критерий присутствия индуктивной составляющей в импедансе электрохимической ячейки // Электрохимия. 2010. Т. 46. № 3. С. 362–370.
14. *Frenkel J.* On pre-breakdown phenomena in insulators and electronic semi-conductors // Phys. Rev. 1938. Vol. 54. No. 8. P. 647–648.
15. *Бесекерский В.А., Попов Е.П.* Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1975. 768 с.
16. *Секушин Н.А.* Теория *RCL*-двухполюсников и её применение для построения моделей в импеданс-спектроскопии. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского лесного института, 2009. 209 с.

Статья поступила в редакцию 10.01.2012.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 574:502.72 (470.13)

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ БОЛОТ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

С.В. ДЁГТЕВА, Н.Н. ГОНЧАРОВА

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

В статье приведены результаты анализа репрезентативности различных типов болот на объектах природно-заповедного фонда Республики Коми. Показаны имеющиеся пробелы. Полученные результаты будут положены в основу совершенствования региональной сети особо охраняемых природных территорий.

Ключевые слова: **болотные экосистемы, особо охраняемые природные территории, Республика Коми**

S.V. DEGTEVA, N.N. GONCHAROVA. **PROBLEMS OF MIRE ECOSYSTEMS PROTECTION IN THE KOMI REPUBLIC**

Analysis of different types of mire ecosystems representation at the nature protected areas (NPA) of the Komi Republic is given. Gaps are shown. The results obtained will form the basis for perfecting of regional NPA's system.

Key word: **mire ecosystems, nature protected areas, Komi Republic**

Создание сетей особо охраняемых природных территорий (ООПТ) локального, регионального и международного уровней – важнейшая составляющая часть рационального природопользования, залог сохранения биологического разнообразия и экологического равновесия. История создания системы ООПТ в Республике Коми в целом отражает основные этапы развития природно-заповедного дела в России [1–10]. К настоящему моменту в республике учреждены и функционируют ООПТ четырех категорий, определенных Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» (1995): Печоро-Илычский государственный природный заповедник, национальный парк «Югыд ва», заказники и памятники природы различных профилей – комплексные, биологические, гидрологические, геологические. Всего в составе природно-заповедного фонда насчитывается 239 ООПТ, занимающих общую площадь порядка 5,6 млн. га или около 13,5 % территории республики [11–13]. Заповедник и национальный парк имеют федеральный статус, остальные ООПТ – республиканский.

При формировании региональной сети ООПТ специалисты решали, прежде всего, проблему сохранения в естественном состоянии типичных, а также редких для различных географических подзон, природных комплексов и объектов, которым грозят уничтожение и деградация. Важнейшие компоненты ландшафтов, определяющие их облик, – растительные сообщества. Согласно геоботаническому районированию европейской России [14], большая часть территории Республики Коми относится к Евразиатской таежной (хвойно-лесной) области. Зональная растительность представлена преимущественно темнохвойными лесами, древостои которых образованы типичными для сибирской полидоминантной тайги видами: прежде всего, *Picea obovata* Ledeb., в меньшей степени – *Abies sibirica* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour. Из азональных экосистем наиболее распространены болота. Это обусловлено физико-географическими условиями региона (избыточной влажностью, преимущественно равнинным характером рельефа). Торфяной фонд Республики Коми составляет 3,2 млн. га или около 7,7% территории [16].

Болота Республики Коми характеризуются высоким видовым, ценотическим и экосистемным разнообразием. Всего на территории республики выявлено шесть типов болот и более 10 их региональных вариантов [15, 16]. Они различаются по геоморфологическому положению и приуроченности к элементам рельефа, типу питания, стадии развития, растительному покрову, мощности и строению торфяной залежи.

На равнинных территориях таежной зоны Республики Коми наиболее широко распространены верховые, или сфагновые болота. Среди них преобладают олиготрофные комплексные грядово-мочажинные массивы. Большинство из них приурочено к сточным, слабопроточным котловинам и неглубоким депрессиям на водоразделах. Растительный покров представлен типичным для данного региона комплексом фитоценозов. Центральная часть безлесная с кустарничково-морошково-сфаг-

новыми грядами (*Rubus chamaemorus* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench., *Ledum palustre* L., *Empetrum hermaphroditum* (Lange) Hagerup, *Vaccinium uliginosum* L., *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr.), шейхцериево-сфагновыми, пушицево-сфагновыми, осоково-сфагновыми мочажинами (*Scheuchzeria palustris* L., *Eriophorum russeolum* Fries, *Carex limosa* L., *Sphagnum balticum* (Russ.) C. Jens.). Окрайки олигомезотрофные или мезотрофные, кочковатые, облесены сосной (*Pinus sylvestris* L.). Меньшую площадь в таежном биоме занимают небольшие по размерам облесенные сосной окрайки, или лесные болота, также относящиеся к типу верховых. Для них характерны слабо выпуклая поверхность, крайне бедные видовой состав и ценотическое разнообразие. Морфологическая структура таких болот довольно проста. В пределах массивов преобладают кочковатые участки с господством сосново-кустарничково-пушицево-сфагновых, сосново-кустарничково-морошково-сфагновых фитоценозов и лишь на некоторых из них прослеживается формирование в центральной части плохо выраженного грядово-мочажинного комплекса.

Значительная часть болот относится к типу травяно-сфагново-гипновых, или аапа. Они распространены на широтном градиенте от притундровых лесов до южной тайги, встречаются на водоразделах и речных террасах. В подзонах северной и крайнесеверной тайги аапа болота столь же обычны, как и грядово-мочажинные верховые болота. Большинство массивов рассматриваемого типа имеют вогнутую поверхность, периферийный олиготрофный грядово-мочажинный комплекс, который в центре сменяется гетеротрофным грядово-озерково-мочажинным, и мезоолиготрофную окрайку. Болота безлесные или слабо облесенные. Растительность гряд представлена травяно-кустарничково-сфагновыми сообществами, доминантами которых выступают *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*, *Betula nana* L., *Baeothryon caespitosum* (L.) A. Diet., *Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum* Brid., *S. papillosum* Lindb. Понижения мозаичные травяно-сфагновые и травяно-гипновые (*Menyanthes trifoliata* L., *Equisetum fluviatile* L., *Carex chordorrhiza* Ehrh., *C. paupercula* Michx., *Sphagnum papillosum*, *S. jensenii* H. Lindb., *Warnstorfia exannulata* (Bruch et al.) Loeske). В крайнесеверной тайге и полосе притундровых лесов аапа болота имеют несколько иной облик: с мезоолиготрофными сообществами (кустарничково-сфагновыми, либо осоковыми кустарничково-травяными) и лесными топями по краю, кустарничково-морошково-сфагновыми фитоценозами на безлесных грядах, травяно-сфагновыми, травяно-гипновыми и травяными сообществами в мочажинах.

Бугристые болота приурочены, в основном, к полосе притундровых лесов и подзоне крайнесеверной тайги. Изредка они отмечены на севере подзоны северной тайги, в местах распространения островной вечной мерзлоты. Крупнобугристые болота формируются в депрессиях рельефа, преимущественно на водоразделах и надпойменных террасах. Могут встречаться в виде небольших массивов, состоящих из нескольких бугров, но чаще образуют обширные системы со сложной морфологической структурой. Такие системы представляют собой комплексы бугров разной высоты и расположенных между ними обводненных пространств (топей, ложбин, ручьев, озерков и пр.). На севере республики на болотах данного типа преобладают хорошо выраженные мерзлотные бугры, имеющие округлую форму и высоту 1,5–3 м. В летний период мерзлота на буграх оттаивает на глубину 40–70 см. Растительный покров комплексный, со сложной структурой. На плоских вершинах бугров развиты полидоминантные кустарничково-лишайниковые и кустарничково-морошково-лишайниковые фитоценозы с *Ledum palustre*, *Empetrum hermaphroditum*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea* L., *Flavocetraria nivalis* (L.) Karnefelt & Thell, *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot., *C. rangiferina* (L.) F.N. Wigg. и *Cetraria islandica* (L.) Ach.), на склонах – сообщества с доминированием *Betula nana*. В понижениях микрорельефа преобладают пушицево- и осоково-сфагновые сообщества *(Eriophorum russeolum*, *Carex limosa*, *Sphagnum lindbergii* Schimp. ex Lindb., *S. riparium* Aongstr., *S. jensenii*).

Тип низинных болот объединяет большинство минеротрофных травяных и травяно-гипновых массивов, включая облесенные березой (*Betula pubescens* Ehrh.), сосной (*Pinus sylvestris*) и елью (*Picea obovata*) лесные болота. Область распространения низинных болот довольно широка, их можно встретить от подзоны южной тайги до тундровой зоны. В то же время по площади они значительно уступают массивам других типов. Низинные болота приурочены к поймам рек и ручьев, старицам, проточным котловинам и участкам с близким залеганием или выходом на поверхность грунтовых вод. В последнем случае выделяют особую категорию ключевых болот. Основной характерной чертой низинных и ключевых болот является высокое видовое и ценотическое разнообразие, мозаичный растительный покров со сложной горизонтальной и вертикальной структурой. Преобладают многообразные разнотравно-гипновые, разнотравные, травяные, травяно-гипновые и травяно-моховые фитоценозы. В их формировании значительную роль играют требовательные к условиям водно-минерального питания виды: *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* L., *Carex paupercula*, *C. chordorrhiza*, *C. appropinquata* Schum., *C. rostrata* Stokes, *Equisetum fluviatile*, *Epilobium palustre* L., *Galium uliginosum* L., *Naumburgia thyrsiflora* (L.) Reichenb., *Eriophorum gracile* Koch, *E. polystachion* L., *Cicuta virosa* L., *Sphagnum teres* (Schimp.) Aongstr., *Calliergon giganteum* (Schimp.) Kindb., *Straminergon stramineum* (Dicks. ex Brid.) Hedenäs, *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T. Kop., *Warnstorfia fluitans* (Hedw.) Loeske и др. Преимущественно это травянистые растения и гипновые мхи, большая часть которых не встречается на болотах других типов.

При создании региональной сети ООПТ сохранению болот уделено большое внимание [9, 11, 12, 18]. Данная задача была особенно актуальной с середины 70-х до начала 90-х гг. прошлого столе-

тия, когда происходило постоянное нарастание объемов мелиоративных работ в бассейнах рек Вычегда и Печора. В этот период на основании предложений ученых Института биологии Коми НЦ УрО РАН, поддержанных органами государственной власти, в республике взято под охрану 112 болот [11, 12].

Среди категорий ООПТ, созданных специально для охраны болотных экосистем, преобладают заказники (табл. 1). Один из резерватов данной категории – «Усинский комплексный», имеет ландшафтный (комплексный) профиль, еще один – «Борганнюр» – гидрологический. Болотные экосистемы как неотъемлемые компоненты ландшафтов сохраняются также в Печоро-Илычском государственном природном биосферном заповеднике и национальном парке «Югыд ва», а также в заказниках комплексного («Адак», «Понъю-Заостренная», «Удорский», «Сэбысь», «Гажаягский», «Белая Кедва» «Белоборский», «Важъелью», «Верхнелокчимский», «Сывъюдорский», «Маджский», «Белоярский» и др.) и ботанического («Белый», «Сыктывкарский») профилей [11, 12].

Таблица 1

Особо охраняемые болота Республики Коми

Тип	Количество	Площадь, га	Процент от площади республики
ЗАКАЗНИКИ			
Комплексные (ландшафтные)	1	138300	0,33
Болотные	94	419408	1,01
Гидрологические (болотные)	1	408	> 0,01
ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ			
Болотные	16	1466	> 0,01
ИТОГО	112	559582	1,34

Анализ имеющихся сведений показывает, что на долю особо охраняемых болот приходится 1,34% от общей площади территории республики (табл. 1). Под особой охраной на объектах республиканского подчинения находится порядка 17,5% торфяного фонда региона. Если оценить долю особо охраняемых болот в республиканской системе ООПТ в целом, то она составляет порядка 10%, что близко к доле болотных экосистем в структуре ландшафтов региона. Однако если соотнести площадь особо охраняемых болот и других объектов системы ООПТ, имеющих региональное подчинение, то доля первых возрастет практически в два раза (до 22,3%). Это свидетельствует о том, что площадь болот, находящихся в составе природно-заповедного фонда, может быть избыточной. Рассмотрим соотношение особо охраняемых болот по природным зонам и подзонам, типам, а также их распределение по административным районам Республики Коми. При этом во внимание будут приняты только данные о 112 заказниках и памятниках природы, целенаправленно созданных для сохранения болотных экосистем (табл. 1).

Из 112 охраняемых в регионе болотных объектов 17 являются эталонами болотных массивов и систем, характерных для различных географических зон и подзон, остальные взяты под охрану как болота-ягодники. Сведения об эталонных болотах представлены в табл. 2. В состав охраняемых в ка-

Таблица 2

Эталонные болота в системе ООПТ Республики Коми

№ п/п	Название ООПТ	Объект особой охраны	Площадь, га
1.	Заказник «Путаные озера»	Эталон типичного бугристого болота зоны европейских тундр	1000
2.	Памятник природы «У фермы Юнь-Яга»	Эталон типичного аапа болота лесотундровой зоны	100
3.	Заказник «Уса-Юньягинское»	Эталон типичного для европейской лесотундры крупнобугристого болота	3000
4.	Заказник «Интинское»	Самое южное в европейской части России бугристое болото	3000
5.	Заказник «Небесанюр»	Эталон болотного массива переходной стадии от аапа к бугристым	1600
6.	Заказник «Усинский комплексный»	Эталон одной из крупнейших в Европе уникальных верховых болотных систем крайнесеверной тайги	138300
7.	Заказник «Чукчинское»	Эталон болотного ландшафта крайнесеверной тайги	8000
8.	Заказник «Океан»	Эталон типичной верховой болотной системы крайнесеверной тайги	178975
9.	Заказник «Кайгородка-Нюр»	Эталон аапа болота северной тайги	850
10.	Заказник «Иванюр»	Типичное аапа болото северной тайги	200
11.	Заказник «Родионовское»	Эталон типичного переходного болота северной тайги	1730
12.	Заказник «Лэньюнюр»	Типичное низинное болото северной тайги	3068
13.	Заказник «Тыбъю нюр»	Эталон типичной верховой болотной системы средней тайги	60042
14.	Заказник «Дон-ты»	Эталон типичного переходного болота средней тайги	7941
15.	Заказник «Кельтманское»	Эталон болотного ландшафта подзоны средней тайги	18748
16.	Заказник «Угъюм (Синдорское)»	Эталон типичной болотной системы средней тайги	13665
17.	Заказник «Мартюшевское»	Эталон типичного верхового болота средней тайги	8700
		Итого	448919

честве эталонов болотных систем входят наиболее значимые по площади болота республики, такие как Океан, Усинское, Угъюм (Синдорское), Тыбъю-Нюр, Кельтманское, Чукчинское, Мартюшевское, Дон-ты. Этим обусловлено то, что эталонные болота, несмотря на относительно небольшую численность, играют определяющую роль в составе природно-заповедного фонда. На их долю приходится 80,1% от общей площади охраняемых в регионе болот.

Эталонные болотные массивы и системы, взятые под охрану на территориях заказников «Усинский комплексный», «Мартюшевское», признаны ценными водно-болотными угодьями России [18]. Они соответствуют критериям Рамсарской конвенции, играют важную роль в поддержании гидрологического режима в бассейне р. Печора и биологического разнообразия. Болото Усинское, кроме того, является значимой стацией для размножения и сезонных миграций водоплавающих и околоводных птиц. Эталон типичной верховой болотной системы крайнесеверной тайги, расположенной в заказнике «Океан», отнесен к числу объектов Теневого списка Рамсарской конвенции [19]. Значимую функцию в сохранении мест обитания редких представителей орнитофауны играет также болотный заказник «Дон-ты», на территории которого зарегистрировано 14 из 33 видов птиц, занесенных в Красную книгу Республики Коми [20, 21].

Анализ распространения эталонных болот по природным зонам и подзонам показывает следующее. В тундровой зоне для сохранения типичного плоскобугристого болота, по предложениям специалиста Ботанического института АН СССР им. В.Л. Комарова М.С. Боч, в 1978 г. был создан заказник «Путаные озера» [11]. В процессе инвентаризации объектов природно-заповедного фонда, располагающихся на территории, подчиненной МО ГО Воркута, было установлено, что к настоящему времени данная экосистема в значительной степени трансформирована антропогенной деятельностью и во многом утратила свое природоохранное значение. Необходимо проведение исследований, направленных на поиск ненарушенных болотных систем, типичных для тундровой зоны, с целью организации их охраны. В восточной части лесотундры охраняются две эталонные болотные системы, расположенные на междуречье Усы и Юньяги (крупнобугристое болото), а также у фермы Юнь-Яга (аапа болото). Их общая площадь составляет 3100 га (0,6% от общей площади охраняемых болот). В центральной и западной частях лесотундровой полосы резерваты, созданные для охраны болот, отсутствуют. Таким образом, ООПТ, созданные в лесотундре с целью охраны эталонных болот, по всей видимости, не в полной мере обеспечивают сохранение разнообразия встречающихся здесь болотных систем.

В подзоне крайнесеверной тайги охраняются пять эталонных болот. Среди них экосистемы крупнобугристых, переходных от аапа к бугристым, верховых болот. Две располагающиеся здесь охраняемые болотные системы – Океан и Усинское – крупнейшие в Республике Коми. Их общая площадь составляет 217 275 га или 56,6% от общей площади заказников и памятников природы, созданных в регионе для охраны болот. С учетом того, что на территориях данных заказников сосредоточены комплексные, сложные болотные системы, можно считать, что они достаточно полно представляют разнообразие болот рассматриваемой подзоны.

В подзоне северной тайги функционируют четыре заказника, созданных для охраны эталонных болот аапа, переходного и низинного типов. Их общая площадь невелика – 4510 га (0,8% от общей площади охраняемых в республике болот). В рассматриваемой подзоне не выделены эталоны верховых болот. Большинство экосистем данного типа охраняется для устойчивого воспроизводства и использования человеком ресурсов пищевых растений, прежде всего, клюквы. В подзоне средней тайги эталонные болотные системы сохраняются в пяти заказниках, общая площадь которых составляет 109 086 га (19,5% от общей площади взятых под охрану болот). Отметим, что если наиболее крупные из встречающихся здесь болотных систем верхового и переходного типов включены в состав объектов природно-заповедного фонда в качестве эталонов, то в практике охраны болот низинного типа есть существенные пробелы.

Таким образом, эталонные болота, включенные в систему ООПТ Республики Коми, сосредоточены преимущественно в подзонах крайнесеверной и средней тайги. В тундровой зоне, полосе лесотундры, подзоне северной тайги они немногочисленны и распределены неравномерно [22]. В подзоне южной тайги охраняемых эталонных болотных экосистем нет.

Анализ всего массива ООПТ, созданных для сохранения болот (табл. 3), также показал, что их распределение по биомам различных природных зон неравномерное. Очевидна явная диспропорция числа и площадей охраняемых болот не только по природным зонам, но и по подзонам тайги. В тундре и лесотундре под охраной находятся лишь три эталонных болота, одно из которых под воздействием антропогенного пресса утратило свою ценность для охраны. В подзоне южной тайги нет ООПТ, созданных для сохранения болот. В сравнении с эталонными болотами доли площадей всех охраняемых болот становятся выше в подзонах северной и особенно средней тайги. При этом, если в подзоне средней тайги на долю эталонных болот приходится 58,6% от общего числа охраняемых в данной подзоне болот, то в подзоне северной тайги – 22,1%. Значительное число ООПТ в данных подзонах создано для сохранения продуктивности популяций пищевых растений болот – клюквы (*Oxycoccus palustris* Pers.) и морошки (*Rubus chamaemorus*), традиционно используемых местным населением.

Данные, представленные на карте «Охраняемые природные территории Республики Коми» [22], наглядно демонстрируют, что охраняемые болотные экосистемы, сосредоточенные в подзоне северной тайги, распределены крайне неравномерно. Болотные заказники и памятники природы тяготеют, в основном, к р.Печора и ее левому притоку –

Таблица 3

Распределение особо охраняемых болот по природным зонам (подзонам) Республики Коми

Природная зона (подзона)	Число ООПТ	Площадь, га	Доля (%) от общей площади охраняемых болот
Тундра	1	1000	0,2
Притундровые леса	2	3100	0,6
Тайга	110	556637	99,2
крайнесеверная	8	350142	62,4
северная	13	20370	3.6
средняя	89	184970	33.2
южная	0	0	0
Итого	112	559582	100

Ижме, а на обширных пространствах Ижмо-Печорского междуречья отсутствуют. Этот пробел частично восполняет наличие крупных комплексных заказников («Удорский, «Сэбысь»), на территориях которых, наряду с другими типами экосистем, встречаются болота. В подзоне средней тайги ООПТ рассматриваемого профиля очень широко представлены в бассейне верхнего и среднего течения Вычегды и ее левых притоков, менее многочисленны на средней Печоре и практически отсутствуют в Притиманье (бассейны рек Вымь, Ухта, Айюва, верхнее течение Ижмы).

С использованием данных сводки «Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми» [11, 12] нами проанализировано соотношение болот разных типов, имеющих статус региональных (республиканских) ООПТ (табл. 4). Следует отметить, что натурная инвентаризация многих заказников и памятников природы на сегодняшний день не проведена, поэтому эти сведения носят предварительный характер. Возможно, в процессе обследования информация о принадлежности экосистем охраняемых болот к тому или иному типу будет уточнена.

Таблица 4

Распределение особо охраняемых болот по типам

Тип болота	Площадь, га	Доля от общей площади охраняемых болот, %
Верховое	410665,2	73,3
Комплексное (грядово-мочажинное)	370322	66,1
Лесное (сосново-кустарничково- сфагновое)	40343,2	7,2
Переходное	42417	7,7
Низинное	4590,8	0,8
Аапа	11102	1,9
Аапа-бугристое	1600	0,3
Бугристое	15000	2,7
Сложная болотная система	74207	13,3
Всего	560737	100

Тем не менее, обращает на себя внимание тот факт, что около двух третей площади охраняемых болотных угодий приходится на верховые болота. Значительна также доля сложных болотных систем и болот переходного типа. Менее широко представлены на объектах природно-заповедного фонда бугристые, аапа и переходные между ними типы болот. Это в целом отражает как особенности болотных экосистем Республики Коми, так и историю формирования природно-заповедного фонда. В 70–80-е гг. XX в. в состав системы ООПТ было включено много болот-ягодников, которые чаще всего относятся к верховым и переходным. Так, например, на территории МО МР «Корткеросский», где плотность охраняемых болот наибольшая, на территориях 13 из 27 заказников и памятников природы данного профиля распространены верховые болота, а еще семи – переходные. Аналогичная картина наблюдается и в других районах республики, где имеется разветвленная сеть ООПТ. Очень мала в регионе доля охраняемых низинных болот как по числу (4), так и по занимаемой площади (4590,8 га).

С учетом того, что верховые и переходные болота преобладают как среди охраняемых эталонных болот (табл. 2), так и резерватов, созданных для сохранения ресурсов клюквы и морошки, необходимо обратить особое внимание на вопрос оптимизации их числа и площади в системе ООПТ. Одновременно следует рассмотреть возможность создания новых резерватов для сохранения плоскобугристых и бугристых болот тундры и лесотундры, а также низинных болотных массивов.

Для организации охраны региональных заказников и памятников природы важно оценить их распределение по административным районам. Наибольшие площади охраняемых болот сосредоточены в некоторых северных районах (МО МР «Усть-Цилемский», «Ижемский» (в совокупности 214 960 га), МО ГО «Город Усинск с подчиненной ему территорией» (142 900 га)), где распространены крупные болотные массивы, входящие в состав заказников «Океан», «Усинский комплексный», «Большой», «Ларьковское», «Чукчинское», «Хопковский и Клетчатый». Значительна площадь болотных заказников и памятников природы в центральных районах: МО МР «Княжпогостский» (26 543 га), «Корткеросский» (81 649 га), «Усть-Куломский» (34 617 га), «Троицко-Печорский» (14 120 га). Здесь наряду с крупными болотными системами (заказники «Угъюм», «Тыбъюнюр», «Дон-ты», «Кельтманское», «Мартюшевское» и др.) под охрану взято много небольших по площади верховых и переходных болот, богатых ресурсами клюквы. Малочисленны охраняемые болота, как и ООПТ других профилей, в южных, исторически наиболее обжитых и освоенных районах (МО МР «Сысольский» (1046 га) и «Прилузский» (38 га)). Здесь они не занимают значительных площадей.

Таким образом, болотные экосистемы Республики Коми достаточно хорошо обеспечены охраной. Для этих целей созданы 96 заказников и 16 памятников природы, занимающих общую площадь 559 582 га, что составляет почти 10% от всех земель ООПТ и 22,3% от земель ООПТ республиканского подчинения. Эталоны болотных комплексов различных географических зон и подзон сохраняются в 16 заказниках и одном памятнике природы. На их долю приходится 80,1% от общей площади охраняемых в регионе болот. Остальные болота созданы для сохранения популяций пищевых растений (клюквы, морошки). В то же время анализ соотношения площадей заказников и памятников природы республиканского значения, созданных для охраны болот, по природным зонам и подзонам, типам, а также их распределения по административным районам Республики Коми, показал, что необходимо совершенствование сети региональных резерватов, основной целью создания которых является сохранение болотных экосистем.

Болота, включенные в систему ООПТ Республики Коми, сосредоточены преимущественно в подзонах крайнесеверной и средней тайги. В тундровой зоне, полосе лесотундры, подзоне северной тайги они немногочисленны и распределены неравномерно. В подзоне южной тайги охраняемых эталонных болотных экосистем нет. Около двух третей площади охраняемых болотных угодий занимают верховые болота. Значительна также доля сложных болотных систем и болот переходного типа. Менее широко представлены на объектах природно-заповедного фонда бугристые, аапа и переходные между ними типы болот. Это в целом отражает как особенности болотной растительности Республики Коми, так и историю формирования природно-заповедного фонда. Наибольшие площади охраняемых болот сосредоточены в некоторых северных и центральных районах Республики Коми. В части из них число резерватов, созданных для сохранения болотных экосистем, может рассматриваться как избыточное. Малочисленны охраняемые болота, как и ООПТ других профилей, в южных, исторически наиболее обжитых и освоенных районах, где они не занимают значительных площадей. Необходимы меры по оптимизации существующей сети заказников и памятников природы, продолжение научных исследований, направленных на выявление разнообразия охраняемых болот на ценотическом и видовом уровнях.

Работа выполнена в рамках проекта ПРООН/ ГЭФ «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховий реки Печора».

Литература

1. *Шиллингер Ф.Ф.* Информационный доклад о работе Печоро-Илычской экспедиции Всероссийского общества охраны природы в 1929 г. // Охрана природы. 1929. Т. 11. № 6. С. 167–185.
2. *Непомилуева Н.И.* Охрана кедра сибирского в Коми АССР // Охрана и рациональное использование ботанических объектов. Л., 1971. С. 218–219.
3. *Непомилуева Н.И.* Кедр сибирский (Pinus sibirica Du Tour) на Северо-Востоке европейской части СССР. Л., 1974. 184 с.
4. *Штильмарк Р.Ф.* Формирование сети заповедников на территории РСФСР (История и перспективы) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1974. Т. 79. Вып. 2. С. 142–152.
5. *Гладков В.П., Балибасов В.П.* Современное состояние природно-заповедного фонда Европейского Северо-Востока и предложения по его развитию. Сыктывкар, 1975. 47 с.
6. *Гладков В.П., Балибасов В.П., Голдина Л.П.* Современное состояние и предложения по развитию природно-заповедного фонда европейского Северо-Востока СССР // Среда обитания и человек: Матер. к VI съезду Геогр. общ-ва СССР. Л., 1975. С. 15–18.
7. *Гладков В.П.* Сохранение и использование естественных ландшафтов Коми АССР. Современное состояние и перспективы // Проблемы рационального использования естественных ресурсов и охраны природы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. С. 121–126.
8. *Штильмарк Р.Ф.* Развитие заповедного дела после Октябрьской революции // Опыт работы и задачи заповедников СССР. М., 1979. С. 23–37.
9. *Непомилуева Н.И., Лащенкова А.Н., Алексеева Р.Н.* Состояние и проблемы охраны растительного покрова на Европейском Северо-Востоке // Охрана и рациональное использование растительных ресурсов на Севере. Сыктывкар, 1982. С. 4–18.
10. *Соколов В.Е., Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д., Шадрина Г.Д.* Экология заповедных территорий России. М., 1997. 576 с.
11. *Кадастр охраняемых* природных территорий Республики Коми. Ч. I. Сыктывкар, 1993. 190 с.
12. *Кадастр охраняемых* природных территорий Республики Коми. Ч. II. Сыктывкар, 1995. 60 с.
13. *Особо охраняемые* природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития / С.В.Дёгтева, Е.Ю.Изъюров, Т.Н. Пыстина, А.Н. Королев, С.К. Кочанов, И.И. Полетаева, Л.Н. Тикушева. Сыктывкар, 2011. 256 с.
14. *Исаченко Т.И., Лавренко Е.М.* Ботанико-географическое районирование // Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. С. 10–20.
15. *Юрковская Т.К.* География и картография растительности болот европейской части России и сопредельных территорий. СПб., 1992. 256 с.
16. *Алексеева Р.Н.* Болота // Республика Коми: Энциклопедия. Сыктывкар, 1997. Т.1. С. 28–30.
17. *Алексеева Р.Н.* Болотные заказники бассейна Средней Печоры // Биологическое разнообразие особо охраняемых природных террито-

рий Республики Коми / Отв. ред. С.В. Дегтева; Вып. 6. Сыктывкар, 2009. 148 с.
18. *Водно-болотные* угодья России. Т. 2. Ценные болота. М., 1999. 88 с.
19. *Водно-болотные* угодья России. Т. 3. Водно-болотные угодья, внесенные в Перспективный список Рамсарской конвенции. М., 2000. 490 с.
20. *Красная книга* Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 791 с.
21. *Дёгтева С.В., Полетаева И.И., Пыстина Т.Н.* Роль системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в сохранении редких видов // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 4. С. 35–41.
22. *Карта* «Охраняемые природные территории Республики Коми». М: 1 : 1 200 000 / А.И. Таскаев, В.П. Гладков, С.В. Дегтева, Р.Н. Алексеева. СПб., 1996. Система особо охраняемых природных территорий Республики Коми (Пояснительная записка к карте «Охраняемые природные территории Республики Коми». М: 1 : 1 200 000). Сыктывкар, 1996. 32 с.

Статья поступила в редакцию 27.12.2011.

УДК 069.5:631.466.3:061.6:57(470.13)

КОЛЛЕКЦИЯ ЖИВЫХ ШТАММОВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УрО РАН И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И.В. НОВАКОВСКАЯ, Е.Н. ПАТОВА

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

В статье приводится список штаммов почвенных водорослей, содержащихся в коллекционном фонде Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В коллекции представлены монокультуры водорослей разных таксономических и экологических групп, выделенные из альгогруппировок наземных экосистем, а также редкие виды и таксоны с неясным систематическим положением.

Ключевые слова: **коллекция водорослей, штамм, культура, Cyanoprokaryota, Eustigmatophyta, Xanthophyta, Chlorophyta**

I.V. NOVAKOVSKAYA, E.N. PATOVA. **COLLECTION OF LIVING MICROALGAE STRAINS OF THE INSTITUTE OF BIOLOGY, KOMI SCIENCE CENTRE, URAL BRANCH, RAS, AND ITS PERSPECTIVE USING**

Soil algae collection, stored in the Institute of Biology, Komi Science Centre, is described. Taxonomic and ecological groups of algae strains, extracted from different terrestrial ecosystems as well as rare species and taxa of uncertain systematic position are represented in the collection.

Key words: **algae collection, strain, culture, Cyanoprokaryota, Eustigmatophyta, Xanthophyta, Chlorophyta**

Введение

Поддержание биологических коллекций является частью приоритетной межведомственной и междисциплинарной проблемы сохранения биоразнообразия и биоресурсов на территории Российской Федерации. Эта проблема широко обсуждалась на заседании круглого стола Государственной Думы 9 июня 2011 г. [1]. В России зарегистрировано всего около 100 коллекций культур микроорганизмов и только в нескольких из них представлены микроводоросли различных таксономических групп: CALU – коллекция штаммов водорослей Биологического института Санкт-Петербургского университета; (IPPAS) – коллекция одноклеточных водорослей Института физиологии растений им. К.А.Тимирязева РАН [2–4], http://www.sevin.ru/collections/microcoll/coll_list.html. Среди многочисленных мировых коллекций наиболее известны: (PCC) – Пастеровская коллекция культур штаммов цианобактерий (Франция, http://www.pasteur.fr/ip/easysite/pasteur/en/research/collections/crbip/general-informations-concerning-the-collections/iv-the-open-collections/iv-iii-pasteur-culture-collection-of-cyanobacteria); CAUP – коллекция культур водорослей Карлова университета (Чехия, http://botany.natur.cuni.cz/algo/caup.html); UTEX – коллекция культур водорослей в Техасском университете (США, http://www.sbs.utexas.edu/utex/); (SAG) – коллекция Геттингенского университета (Германия, http://www.mbm.med.uni-goettingen.de/downloads/Flyer_BioM-1049-SUG_Algensammlung.pdf); (ACKU) – коллекция культур Киевского национального университета им. Тараса Шевченко (Украина) [5].

В Институте биологии (ИБ) Коми НЦ УрО РАН формирование коллекции живых культур водорослей начато с 2010 г. в рамках гербария ИБ SYKO. В коллекционном фонде представлены штаммы водорослей различных таксономических групп (цианопрокариоты, зеленые, желтозеленые и эустигматофитовые водоросли). Приводятся также монокультуры доминирующих видов водорослей из альгогруппировок наземных экосистем разных экологических групп (эдафофилы, криофилы, нитрофилы и др.), редкие виды и таксоны с неясным систематическим положением. Основная задача коллекции — пополнение коллекционного фонда штаммами микроводорослей, выделенных из арктических регионов России и архипелага Шпицберген с целью дальнейшего их использования при проведении флористических, систематических, эволюционных, молекулярно-генетических исследований.

Материалы и методы

В настоящее время в коллекции содержатся штаммы, выделенные из почвенно-альгологических проб, собранных на Полярном и Приполярном Урале (крайний Северо-Восток европейской части России), а также имеется несколько штаммов из почв южной части архипелага Шпицберген. Сбор во-

дорослей проводили общепринятыми в почвенной альгологии методами [6].

Для получения штаммов использовали накопительные культуры с последующим выделением из них монокультур. Выращивание водорослей проводили в жидких и агаризованных средах 1N-BBM (pH 5.75) и 3N-BBM (pH 5.58) – для зеленых, желтозеленых, эустигматофитовых водорослей, Bg 11 (pH 7.06) – для цианопрокариот [4]. Штаммы хранятся в стеклянных пробирках на 20 мл с притертыми и ватно-марлевыми пробками. Для инициации роста колоний они размещаются в световой установке под фитолампами (ФАР 40 мкмоль $м^2с^1$) при комнатной температуре в течение 12–14 дней, после этого штаммы переносятся в холодильник-витрину и культивируются при температуре +10 ºС с дополнительной подсветкой лампой дневного освещения — ЛБ–40 (ФАР 15 мкмоль м-2с-1). В обоих вариантах соблюдается соотношение периодов свет/темнота – 10/12 часов. Культуры пересеваются один раз в 3–6 месяцев. Исследование водорослей проводили на микроскопах Zeiss Axiolab и Nikon Eclipse 80 i при увеличении в ×400, ×1000 раз.

Результаты и обсуждение

На сегодняшний день в коллекции Института биологии Коми НЦ УрО РАН содержится около 70 альгологически чистых штаммов 54 видов водорослей из четырех отделов, семи классов, 13 порядков, 24 семейства и 31 рода (рис., см. систематический список видов), выделенных в основном из почв северных регионов. Основу коллекционного фонда составляют зеленые водоросли (39 видов), а также цианопрокариоты (13). По одному виду представлено из отделов Eustigmatophyta и Xanthophyta. В коллекционном фонде приводятся штаммы неподвижных зеленых водорослей, наиболее часто встречаемых в почвах горно-тундровых экосистем Приполярного Урала, – *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris, Elliptochloris subsphaerica, Pseudococcomyxa cf. pringsheimii.*

В коллекции содержатся новые виды, собранные нами впервые для России и Арктики *Porphyrosiphon lomniczensis*, а также виды, которые ранее не были отмечены для почв европейского Севера [7]: *Dictyococcus varians, Graesiella vacuolata, Scenedesmus abundans, Scenedesmus* cf. *acutus, Pseudococcomyxa* cf. *pringsheimii*, *Elliptochloris reniformis*. В коллекционном фонде есть также несколько криофильных видов, характерных только для почв холодных регионов Антарктики и субантарктических островов: *Chlamydocapsa lobata,* cf. *Coenochloris signiensis,* cf. *Fottea pyrenoidosa.*

Систематический список штаммов водорослей горно-тундровых сообществ, содержащихся в коллекции Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Cyanoprokaryota

Leptolyngbya angustissima (W. et G.S. West) Anagn. et Komárek

Патова Е.Н. (№2), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Leptolyngbya foveolarum (Rabh. ex Gom.) Anagn. et Komárek

Патова Е.Н. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменисто-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Патова Е.Н. (№6), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Патова Е.Н. (№20), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы участка с нарушенным растительным покровом вследствие перевыпаса оленей. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Nostoc linckia (Roth) Born. et Flah. f. ***muscorum*** (Ag.) Elenk.

Патова Е.Н. (№10), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Nostoc punctiforme (Kütz.) Hariot

Патова Е.Н. (№10), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Phormidium (Lyngbya) ambiguum Gom.

Патова Е.Н. (№27), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Phormidium aerugineo-caeruleum (Gom.) Anagn. et Komárek

Патова Е.Н. (№28), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-лишайниково-мохового сооб-

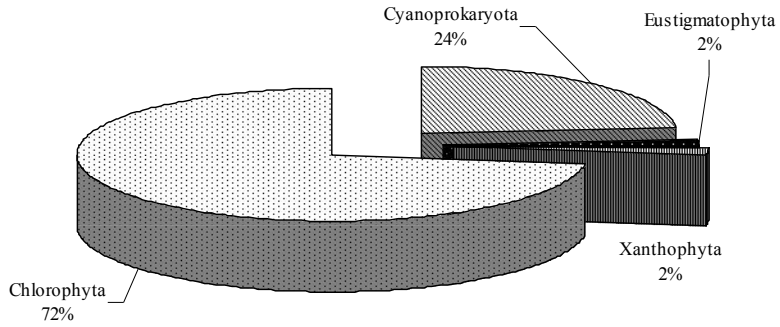


Рис. Соотношение видового разнообразия почвенных водорослей по отделам горно-тундровых экосистем, представленных в коллекции Института биологии.

щества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Phormidium autumnale (Ag.) Gom.

Патова Е.Н. (№21), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы вторичной злаковой луговины, образованной вследствие перевыпаса оленей. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Phormidium corium (Ag.) Gom.

Патова Е.Н. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменистолишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Phormidium interruptum Kütz.

Патова Е.Н. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменистолишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Phormidium molle (Kütz.) Gom.

Патова Е.Н. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменистолишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Porphyrosiphon lomniczensis (Kol) Anagn. et Komárek

Патова Е.Н. (№8), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы антропогенно трансформированного участка без растительности с выносом кварцевого песка из штольни. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Pseudanabaena frigida (Fritsch) Anagn.

Патова Е.Н. (№28), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Pseudophormidium hollerbachianum (Elenkin) Anagn.

Патова Е.Н. (№8), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы антропогенно трансформированного участка без растительности с выносом кварцевого песка из штольни. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. Bg 11.

Eustigmatophyta

Eustigmatos magnus (B.-Peters.) Hibberd

Новаковская И.В. (№7), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы разнотравно-злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. 1N BBM.

Xanthophyta

Bumilleria sicula Borzi

Новаковская И.В. (№20), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы участка преобразованного перевыпасом оленей. Деп.: Новаковская И.В., Патова Е.Н. 1N BBM.

Chlorophyta

Bracteacoccus aggregatus Tereg

Новаковская И.В. (№3), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Bracteacoccus minor (Chod.) Petrová

Новаковская И.В. (№6), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlamydocapsa lobata Broady

Новаковская И.В. (№6), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlamydomonas cf. ***culleus*** Ettl

Новаковская И.В. (№4), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlamydomonas cf. ***noctigama*** Korsch.

Новаковская И.В. (№6), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlamydomonas cf. ***reinhardtii*** Dang.

Новаковская И.В. (№3), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlamydomonas cf. ***reisiglii*** Ettl

Новаковская И.В. (№5), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы разреженной злаково-моховой группировки. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlorella vulgaris Beijer. var. ***vulgaris***

Новаковская И.В. (№8), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы антропогенно трансформированного участка без растительности с выносом кварцевого песка из штольни. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlorella vulgaris Beijer. f. ***globosa*** V. Andr.

Новаковская И.В. (№20), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы участка, нарушенного при перевыпасе оленей. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlorococcum infusionum (Schrank) Menegh.

Новаковская И.В. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменистолишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlorococcum lobatum (Korsch.) Fritsch et John

Новаковская И.В. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменистолишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlorococcum cf. ***elkhartiense*** Archib. et Bold

Новаковская И.В. (№27), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Chlorococcum cf. ***lacustre*** Archib. et Bold

Новаковская И.В. (№20), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы участка, преобразованного перевыпасом оленей. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

cf. ***Coenochloris signiensis*** (Broady) Hind.

Новаковская И.В. (№24), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-кустарничково-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Dictyococcus varians Gern.

Новаковская И.В. (№12), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-

лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Elliptochloris bilobata Tsch.-Woess

Støvern L.E. 2010. сборы о. Шпицберген. Изолирован из почвы угольных отвалов. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Elliptochloris reniformis (Watanabe) Ettl et Gärtner

Новаковская И.В. (№11), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Elliptochloris subsphaerica (Reisigl) Ettl et Gärtner

Новаковская И.В. (№1), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Новаковская И.В. (№2), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

cf. ***Fottea pyrenoidosa*** Broady

Новаковская И.В. (№8), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Graesiella vacuolata (Shihira et Krauss) Kalina et Punč.

Новаковская И.В. (№2), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Halochlorella rubescens Dangeard

Новаковская И.В. (№5), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы разреженной злаково-моховой группировки. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Новаковская И.В. (№3), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Klebsormidium cf. ***flaccidum*** (Kütz.) Silva et al.

Новаковская И.В. (№7), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы разнотравно-злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Новаковская И.В. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменисто-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Новаковская И.В. (№13), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы нивального мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Leptosira terrestris (Fritsch et John) Printz

Новаковская И.В. 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы. Деп.: Новаковская И.В. 1NBBM.

Mychonastes homosphaera (Skuja) Kalina et Punč.

Støvern L.E. 2010. сборы о. Шпицберген. Изолирован из почвы угольных отвалов. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Myrmecia bisecta Reisigl

Новаковская И.В. (№5), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы ивово-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Новаковская И.В. (№8), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Myrmecia incisa Reisigl

Новаковская И.В. (№6), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайниково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Parietochloris alveolaris (Bold) Watanabe et Floyd

Новаковская И.В. (№2), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Parietochloris bilobata (Vinatzer) V. Andr.

Новаковская И.В. (№9), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы пятнисто-каменисто-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Parietochloris cf. ***pseudoalveolaris*** (Deason et Bold) Watanabe et Floyd in Deason et al.

Новаковская И.В. (№ 4), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Pseudococcomyxa cf. ***pringsheimii*** (Jaag) Kostikov et al.

Støvern L.E. 2010. сборы о. Шпицберген. Изолирован из почвы угольных отвалов. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

cf. ***Scenedesmus abundans*** (Kirchner) Chodat (*Chlorella fusca* var *fusca* Shihira et Krauss)

Новаковская И.В. (№ 5), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы разреженной злаково-моховой группировки. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Scenedesmus acutus Meyen

Новаковская И.В. (№ 20), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы участка, преобразованного перевыпасом оленей. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

***Scenedesmus* sp.**

Новаковская И.В. (№ 20), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы участка, нарушенного при выпасе оленей. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Scotiellopsis terrestris (Reisigl) Punč. et Kalina

Новаковская И.В. (№ 7), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы разнотравно-злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Новаковская И.В. (№ 13), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Scotiellopsis cf. ***oocystiformis*** (Lund) Punč. et Kalina

Новаковская И.В. (№ 6), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Scotiellopsis levicostata (Hollerbah) Punč. et Kalina

Новаковская И.В. (№ 7), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы разнотравно-злаково-ивнякового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

Sporotetras polydermatica (Kütz.) Kostikov, Darienko, Lukešová et Hoffmann
Новаковская И.В. (№ 8), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы антропогенно трансформированного участка без растительности с выносом кварцевого песка из штольни. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.
Stichococcus cf. ***minor*** Näg.
Новаковская И.В. (№ 4), 2009. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы кустарничково-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.
Ulothrix variabilis Kütz.
Новаковская И.В. (№ 13), 2010. Россия, Приполярный Урал. Изолирован из почвы осоково-мохово-лишайникового сообщества. Деп.: Новаковская И.В. 1N BBM.

В коллекции Института биологии также представлено около 130 аутентичных штаммов водорослей (см. таблицу) из коллекции культур Киевского национального университета им. Тараса Шевченко (ACKU), полученных от д.б.н. И.Ю. Костикова (описание видов из коллекции ACKU дано в статье: http://www.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Chbj/2009_1/ChornBotJourn20091%5CChornBotJourn2009_1_37_79.pdf).

Список штаммов из коллекции культур Киевского национального университета им. Тараса Шевченко (ACKU), содержащихся в коллекционном фонде Института биологии

Номер в ACKU	Таксон
57	*Interfilum terricola* (B. Peters.) Mikhailyuk et al.
177-03	*Parietochloris ovoideus* Mikhailyuk et al.
416-06	*Interfilum paradoxum* Chodat et Topali
424-06	*Monodus unipapilla* Reisigl
451-06	*Klebsormidium crenulatum* (Kütz.) Ettl et Gärtner
457-06	*Chlorella trebouxioides* Punč.
459-06	*Didymocystis inermis* (Fott) Fott
471-06	*Neocystis vischeri* Kostikov et Hoffmann
485-06	*Coccomyxa curvata* Broady
486-06	*Chlamydomonas augustae* Skuja
505-06	*Bracteacoccus engadinensis* (Kol et Chodat) Starr
506-06	*Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrová
507-06	*Bracteacoccus minor* var. *desertorum* Friedmann & Ocampo-Paus
509-06	*Characium californicum* Lee et Bold
511-06	*Characium oviforme* Lee et Bold
512-06	*Characium perforatum* Lee et Bold
513-06	*Characium polymorphum* Trainor et Bold
514-06	*Characium typicum* Lee et Bold
515-06	*Chlamydopodium bulgariense* (Lee et Bold) Ettl et Komárek
521-06	*Parachlorella kessleri* (Fott et Novakova) Krienitz et al.
523-06	*Chlorella luteoviridis* Chodat (*Chlorella luteoviridis* var. *aureoviridis* Meyer)
524-06	*Chlorella luteoviridis* Chodat (*Chlorella luteoviridis* var. *lutescens* Chodat)
525-06	*Chlorella luteoviridis* Chodat (*Chlorella mutabilis* Shihira et Krauss)
526-06	*Chlorella luteoviridis* Chodat (*Chlorella nocturna* Shihira et Krauss)
527-06	*Chlorella lobophora* V. Andr.
528-06	*Chlorella mirabilis* V. Andr.
530-06	*Chlorella saccharophila* (Krüger) Migula
531-06	*Chlorella vulgaris* Beijerinck
535-06	*Chlorococcum citriforme* Archibald et Bold
536-06	*Chlorococcum costatozygotum* Ettl et Gärtner
537-06	*Chlorococcum diplobionticum* Herndon
538-06	*Chlorococcum echinozygotum* Starr
540-06	*Chlorococcum isabeliense* Archibald et Bold
544-06	*Chlorococcum* sp.
546-06	*Chlorosarcinopsis negevensis* Friedmann et Ocampo-Paus f. *negevensis* Friedmann et Ocampo-Paus
548-06	*Chlorococcum* sp.
550-06	*Neocystis brevis* (Vischer) Kostikov et Hoffmann
551-06	*Coccomyxa chodati* Jaag
552-06	*Coccomyxa elongata* Chodat et Jaag in Jaag
554-06	*Coccomyxa mucigena* Jaag
556-06	*Coccomyxa peltigera variolosae* Jaag
558-06	*Coccomyxa rayssiae* Chodat et Jaag in Jaag
559-06	*Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott
561-06	*Coccomyxa solorina croceae* Chodat
563-06	*Coccomyxa solorina saccatae* Jaag
565-06	*Coccomyxa viridis* Chodat
567-06	*Deasonia multinucleata* (Deason et Mac Entee) Ettl et Komárek
569-06	*Coelastrella striolata* Chodat
573-06	*Ettlia carotinosa* Komárek
577-06	*Sphaerellopsis nekrassowii* (Korsh.) Ettl
581-06	*Parachlorella beijerinckii* Krienitz et al.
584-06	*Muriella decolor* Vischer
591-06	*Klebsormidium elegans* Lokhorst
596-06	*Klebsormidium nitens* (Menegh. in Kütz.) Lokhorst
606-06	*Klebsormidium flaccidum* (Kütz.) Silva, Mattox et Blackwell
614-06	*Klebsormidium subtilissimum* (Rabh.) Silva, Mattox et Blackwell
617-06	*Kentrosphaera lemnae* Punč.
626-06	*Nannochloris eucaryotum* (Wilhelm et al.) Menzel et Wild
627-06	*Nannochloris normandina* Tsch.-Woess
628-06	*Muriella zofingiensis* (Dönz) Hindák
629-06	*Macrochloris radiosa* Ettl et Gärtner
630-06	*Neochloris vigensis* Archibald
631-06	*Neospongiococcum gelatinosum* (Archibald et Bold) Ettl et Gärtner
635-06	*Planophila laetevirens* Gern.
637-06	*Diplosphaera mucosa* Broady
638-06	*Radiosphaera negevensis* Ocampo-Paus et Friedmann
640-06	*Rhopalosolen saccatus* (Filarszki) Fott
641-06	*Pseudendoclonium basiliense* Vischer
644-06	*Pseudostichococcus monallantoides* L. Moewus
645-06	*Scenedesmus vacuolatus* (Shihira et Krauss) Kessler et al.
646-06	*Scenedesmus obliquus* (Turpin) Kütz.
648-06	*Spongiochloris excentrica* Starr
652-06	*Tetracystis intermedia* (Deason et Bold) Brown et Bold
654-06	*Tetracystis tetraspora* (Arce et Bold) Brown et Bold
655-06	*Tetracystis pampae* Brown et Bold

Номер	Таксон
657-06	*Trochiscia histrix* (Reinsch) Hansgirg
663-06	*Tetracystis aggregata* Brown et Bold
665-06	*Tetracystis illinoisensis* Brown et Bold
669-06	*Tetracystis aplanospora* (Arce et Bold) Brown et Bold
670-06	*Neochloris conjuncta* Archibald
671-06	*Ettlia texensis* (Archibald) Komárek
673-06	*Chlorococcum sphacosum* Archibald et Bold
675-06	*Chloromonas palmelloides* Broady
679-06	*Chlamydocapsa maxima* (Mainx) Ettl et Gärtner
680-06	*Dictyococcus varians* Gärtner emend. Starr
683-06	*Chlorococcum hypnosporum* Starr
689-06	*Bumilleriopsis filiformis* Vischer
691-06	*Sphaerosorus composita* L. Moewus
692-06	*Pseudobumilleriopsis pyrenoidosa* Deason et Bold
693-06	*Pleurochloris meiringensis* Vischer
699-06	*Ellipsoidion parvum* Reisigl
702-06	*Monodus unipapilla* Reisigl
704-06	*Vischeria punctata* Vischer
706-06	*Chlamydomonas actinochloris* Deason et Bold
707-06	*Chlamydomonas applanata* Pringsheim
708-06	*Chlamydomonas applanata* Pringsheim (*Chlamydomonas aggregata* Deason et Bold)
709-06	*Chlamydomonas applanata* Pringsheim (*Chlamydomonas akinetos* Deason et Bold)
710-06	*Chlamydomonas applanata* Pringsheim
711-06	*Chlamydomonas asymmetrica* Korsh. in Pasch.
712-06	*Chlamydomonas carolii* Ettl
713-06	*Chlamydomonas chlorastera* Ettl
714-06	*Chlamydomonas culleus* Ettl
718-06	*Chlamydomonas debaryana* Goroschankin
727-06	*Chlamydomonas pitschmannii* Ettl
728-06	*Chlamydomonas proteus* Pringsheim
730-06	*Chlamydomonas radiata* Deason et Bold
732-06	*Chlamydomonas raudensis* Ettl
735-06	*Chlamydomonas segnis* Ettl
737-06	*Chlamydomonas hydra* Ettl
742-06	*Chlamydomonas zebra* Korsh. in Pasch.
747-06	*Chlamydomonas subtilis* Pringsheim
748-06	*Chlamydomonas cribrum* Ettl
751-06	*Chlamydomonas moewusii* Gerloff
767-06	*Chlamydomonas subangulosa* Fritsch et John
769-06	*Coccomyxa pringsheimii* Jaag
776-06	*Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard
787-06	*Tribonema viride* Pasch.
792-06	*Bumilleriopsis peterseniana* Vischer et Pasch. in Vischer
800-06	*Klebsormidium* cf. *dissectum* (Gay) Ettl, Gärtner

Заключение

Формирование живой коллекции водорослей Института биологии только начинается. Перспективы ее развития связаны с расширением коллекционного фонда за счет видов водных и наземных местообитаний из тундровых, горно-тундровых и таежных регионов европейской Арктики, в первую очередь Полярного, Приполярного Урала, хребта Пай-Хой, архипелага Шпицберген, а также пополнением за счет обмена штаммами с другими российскими и зарубежными коллекциями. Планируется использовать коллекцию для изучения разнообразия водорослей, сохранения редких видов, подробного изучения таксонов с неясным систематическим положением с целью дальнейшей их идентификации с привлечением молекулярно-генетического анализа, изучения экологии видов, подбора штаммов водорослей, перспективных для прикладного использования в биотестировании, биомониторинге и биоремедиации техногенно нарушенных экосистем, а также в научно-образовательном процессе.

Исследования выполнены при финансовой поддержке интеграционного проекта УрО РАН «Биоресурсный потенциал и биохимическая оценка микроводорослей европейского Северо-Востока России в качестве объектов биотехнологии» (№12-И-4-2007) и совместного проекта конкурсных программ научных исследований УрО РАН и СО РАН «Водоросли наземных экстремальных местообитаний арктических и бореальных горных регионов России» (№ 12-С-4-1002).

Литература

1. *Рекомендации круглого стола* в Государственной Думе на тему «О совершенствовании законодательного обеспечения сохранения биологических коллекций для развития биотехнологической отрасли Российской Федерации». М.: Государственная Дума, 2011. 5 с.
2. *Petersburg culture* collection (CALU): four decades of storage and research with microscopic algae, cyanobacteria, and other germs / A.V. Pinevich, K.A. Mamkaeva, N.N. Titova, O.V. Gavrilova et al. // Nov. Hedw. 2004. Vol. 79. No 1–2. P. 115–126.
3. *Культивирование коллекционных* штаммов водорослей / Под. ред. Б.В. Громова. Л., 1983. 152 с.
4. *Каталог культур* микроводорослей в коллекциях СССР / Отв. ред. В.Е. Семененко. М., 1991. 227 с.
5. *Костиков И.Ю., Демченко Э.Н., Березовская М.А.* Коллекция культур водорослей Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. Каталог штаммов (2008 г.) // Черноморск. бот. журн. 2009. Т. 5. № 1. С. 37–79.
6. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.
7. *Андреева В.М.* Почвенные неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) европейского Севера России // Новости систематики низших растений. 2007. Т. 41. С. 3–14.

Статья поступила в редакцию 25.12. 2011.

УДК 595.423-19(234.82)

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩАХ (ACARI: ORIBATIDA) ХРЕБТА ПАЙ-ХОЙ (ЮГОРСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Е.Н. МЕЛЕХИНА, А.Н. ЗИНОВЬЕВА

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

Исследования проведены в северо-западной части Югорского полуострова. Впервые получены данные о фаунистическом составе панцирных клещей хребта Пай-Хой. Выявлено 32 вида из 19 семейств орибатид. Представлен анализ географического распространения видов, приведены данные о зоогеографической структуре фауны. Установлено, что фауна орибатид хребта Пай-Хой имеет типично тундровый облик. Основу фауны составляют виды, характерные для высоких широт Евразии, и широко распространенные виды. Для европейского сектора тундровой зоны России впервые обнаружены род *Pyroppia*, виды *Hydrozetes thienemanni, Moritzoppia unicarinata clavigera* и *Pyroppia lanceolata.*

Ключевые слова: **панцирные клещи, хребет Пай-Хой, фаунистическое разнообразие, биогеография, ареалогия**

E.N. MELEKHINA, A.N. ZINOVYEVA. FIRST DATA ON ORIBATID MITES (ACARI: ORIBATIDA) OF PAY-KHOY RIDGE (YUGOR PENINSULA)

Data on faunistic composition of oribatid mites of Pay-Khoy ridge is obtained for the first time. Researches were carried out in the northwest part of Yugor peninsula. 32 species from 19 families of oribatid mites are revealed. The analysis of geographical distribution of species was made, data on zoogeographical structure of oribatids fauna is presented. It is established that the fauna of oribatid mites of Pay-Khoy ridge has typically tundra shape. The fauna basis is made by species, characteristic for Northern latitudes of Eurasia, and widespread species. Genus *Pyroppia,* species *Hydrozetes thienemanni, Moritzoppia unicarinata clavigera*, *Pyroppia lanceolata* were found out for the first time in the European sector of tundra zone of Russia.

Key words: **oribatid mites, Pay-Khoy ridge, faunistic diversity, biogeography, areology**

Панцирные клещи (орибатиды) – одна из наиболее многочисленных групп почвенных беспозвоночных в экосистемах высоких широт. Известна их роль в процессах трансформации органических остатков и гумусообразования, биогенном круговороте веществ. Орибатиды являются удобной модельной группой при биогеографических исследованиях благодаря высокому таксономическому разнообразию (свыше 10 тыс. видов в мировой фауне) и всесветному распространению.

В тундровой зоне европейской части России исследования фаунистического разнообразия орибатид проводились на Кольском п-ове [1– 3], в восточной части Большеземельской тундры [4], на Полярном Урале [5,6], в горной тундре Северного Урала [7]. До сих пор мало изучен таксономический состав панцирных клещей в тундрах европейского Северо-Востока. По фауне орибатид Югорского п-ова в литературе сведения отсутствуют.

Хребет Пай-Хой – система каменистых гряд и холмов, пересекающих Югорский п-ов от северной части Полярного Урала к проливу Югорский Шар, часть кряжа находится на о.-ве Вайгач. К Карскому морю хребет переходит в заболоченную Прикарскую низменность. Протяженность хребта свыше 200 км, наибольшая высота – 423 м над ур. м. (г. Мореиз) [8]. Климат субарктический. Зима длится до 230 дней. Среднегодовая температура воздуха -9˚С, средняя температура января -20˚С, июля +6˚С. В отдельные годы температура воздуха летом может повышаться до +30˚С, зимой – опускаться до -40˚ С. Годовое количество осадков достигает 700 мм с минимумом в феврале, максимумом – в августе-сентябре. Хребет Пай-Хой и прилегающие территории расположены в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород, температура которых изменяется от -5˚ С до -2˚ С [8]. Почвы тундровые глеевые типичные, почвы пятен и почвы бугорков глеевые и глееватые сухоторфянистые. Почвы горных территорий примитивные щебнистые и перегнойно-щебнистые, отмечены выходы пород [9]. Район исследования относится к подзонам северных и горных тундр. Северные тундры представлены кустарничково-травяно-моховыми и кустарничково-лишайниковыми ассоциациями с господством арктических видов при значительном

участии гипоарктических видов. В долинах рек и ручьев встречаются ивняки и луговины с обильным разнотравьем и злаками. Горные тундры представлены преимущественно осоково-лишайниковыми ассоциациями и стелющимися кустарниками из ивы и карликовой березы [8, 9].

Материал и методы

Материал собран А.Н. Зиновьевой в июле-августе 2010 г. в окрестностях г. Малая Падея хребта Пай-Хой. Координаты: от 69˚00'59.0" до 69˚03'58.5" с.ш., от 62˚08'20.3" до 62˚09'49.1" в.д. (рисунок). Образцы отобраны в семи зональных сообществах горной и равнинной тундры и в одном интразональном сообществе (табл. 1). В каждом сообществе отобрано по пять почвенных проб размером 100 см^2.

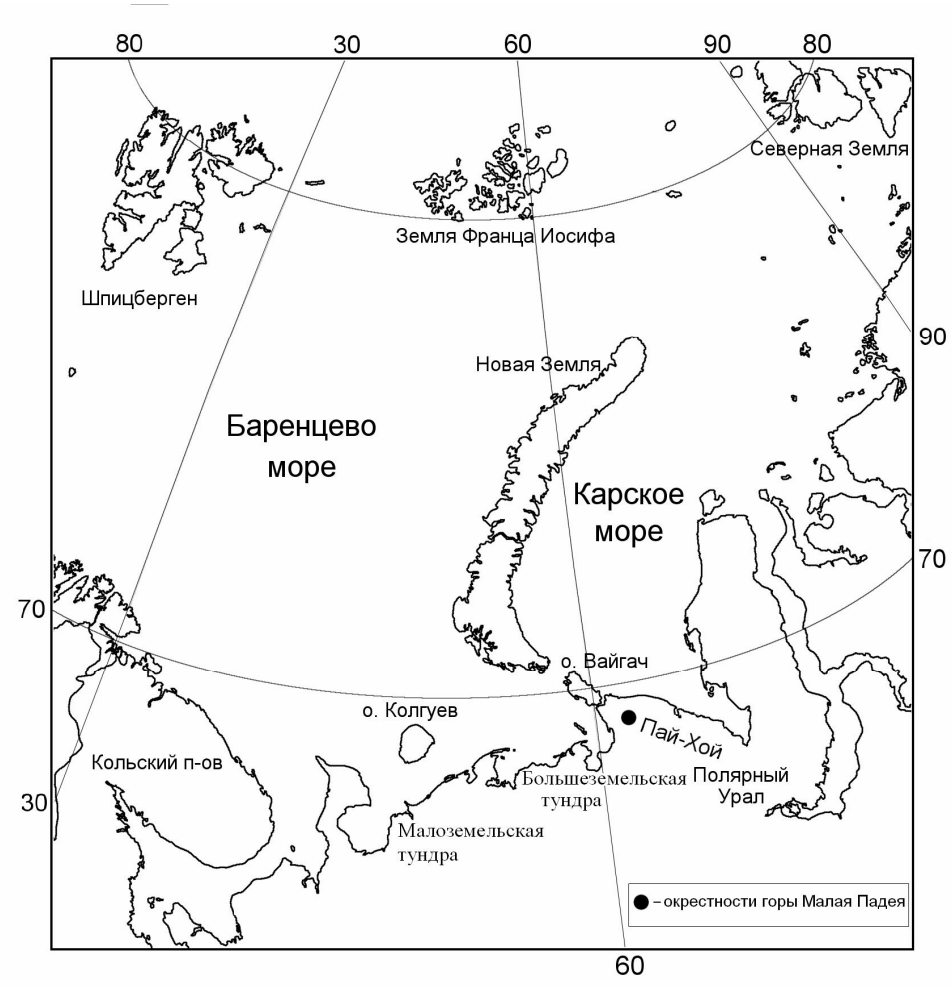


Рис. Карта-схема района исследований.

Обследованы три участка горной тундры на юго-западном склоне г. Малая Падея в трех растительных сообществах на высоте 298-320 м. I сообщество – мохово-лишайниково-разнотравно-кустарничковое. Низкорослое, высота растений достигает 10 см; до 25 % площади занимают курумники. Доминируют *Salix nummullaria* Anderss., *Festuca ovina* L., *Dicranum* sp., *Polytrichum* sp., лишайники рода *Cladonia*. II – мохово-лишайниково-кустарничковое сообщество. Низкорослое, высота растений достигает 20 см.; бугры пучения составляют 5%, на остальной площади доминируют *Salix nummullaria* Anderss., *Carex arctisibirica* (Jurtz.) Czer., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Racomitrium lanuginosum* (Hedw.) Brid., *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot., *C. rangiferina* (L.) Web. III – морошково-сфагновое сообщество. Сомкнутое, встречается локально, высота растительного покрова при мощном моховом покрове достигает 20 см. Доминируют *Rubus chamaemorus* L., *Sphagnum* sp.

В равнинной тундре материал собран в четырех растительных сообществах, расположенных на высоте 189 – 196 м над ур. м. IV – хвощово-моховый низкорослый ивняк. Высота растений достигает 50 см, доминируют *Salix glauca* L., *S. lanata* L., *Equisetum arvense* L., *Hylocomium spleendens* (Hedw.) Bruch et al., единично встречаются лишайники рода *Peltigera.* V – редко-ивняково-лишайниково-мохово-осоковое сообщество. Полидоминантное, с небольшим покрытием из следующих видов: *Salix glauca* L., *S. nummullaria* Anderss., *Carex arctisibirica* (Jurtz.) Czer., *Festuca ovina* L., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Polytrichum* sp. Проективное покрытие лишайников достигает 25 %, доминируют *Cetraria islandica* (L.) Ach. и виды рода *Cladonia*. VI – разнотравно-моховое переувлажненное сообщество. Сомкнутое, высота растительного покрова 20 см; доминируют *Carex rariflora* (Wahl.) Smith., *Saxifraga foliolosa* R. Br., *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe., *Sphagnum* sp., *Polytrichum* sp., среди лишайников обильна *Peltigera.* VII – осоково-моховое сообщество. Сомкнутое, высота растительного покрова достигает 20 см. Доминируют *Carex arctisibirica* (Jurtz.) Czer., *Salix reticulata* L., *S. nummullaria* Anderss., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., среди лишайников обильна *Thamnolia vermicularis* (Sw.) Schaer.

Интразональное сообщество – разнотравно-злаковая луговина (VIII) – располагалось на берегу ручья. Сообщество сомкнутое, высота растительно-

Таблица 1

Видовой состав панцирных клещей в обследованных растительных сообществах

Таксон	Горные тундры			Равнинные тундры				Интразональное
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Liochthonius lapponicus	+	+	+	+	-	+	-	-
Heminothrus punctatus	-	-	+	-	-	+	+	-
Camisia horrida	-	+	-	+	+	-	+	-
C. biurus	-	-	-	-	-	-	+	-
Nothrus borussicus	+	-	-	-	-	-	-	-
Hermannia reticulata	-	+	-	-	+	-	-	-
Belba compta	+	-	-	-	-	-	-	-
Ceratoppia bipilis	-	+	+	+	+	+	+	-
C. sphaerica	-	+	+	+	+	-	+	-
Pyroppia lanceolata	-	+	+	-	-	-	-	-
Adoristes poppei	+	-	-	+	-	-	-	-
Tectocepheus velatus	+	+	+	+	+	+	+	+
Carabodes subarcticus	+	-	+	-	-	+	-	-
C. marginatus	+	-	-	-	-	-	-	+
Moritzoppia neerlandica	+	+	+	+	+	+	+	-
M. unicarinata clavigera	+	-	-	+	+	+	+	-
Oppiella nova	-	+	+	+	-	+	-	+
Suctobelbella acutidens	+	-	-	-	-	-	+	-
S. hammeri	-	-	+	-	+	-	+	-
Quadroppia quadricarinata	-	+	-	-	+	+	-	-
Banksinoma setosa	-	-	-	-	-	-	-	+
Hydrozetes thienemanni	-	-	-	-	-	+	-	-
Scheloribates laevigatus	-	+	-	+	+	+	+	+
Oribatula exilis	-	+	+	+	-	-	-	+
O. tibialis	+	-	-	-	+	+	-	-
Ceratozetes gracilis	-	+	-	-	-	-	-	-
Edwardzetes edwardsi	-	+	-	+	-	-	-	-
Melanozetes mollicomus	-	+	+	+	-	+	+	-
Murcia nova	-	+	+	-	+	-	-	-
Diapterobates notatus	-	+	+	-	+	-	-	-
Svalbardia paludicola	-	-	+	-	-	+	-	-
Minunthozetes pseudofusiger	-	-	-	-	-	-	-	+
Всего видов	12	17	15	13	13	14	12	7

Растительные сообщества: I – мохово-лишайниково-разнотравно-кустарничковое, II – мохово-лишайниково-кустарничковое, III – морошково-сфагновое, IV – хвощово-моховый низкорослый ивняк, V–редкоивняково-лишайниково-мохово-осоковое, VI – разнотравно-моховое переувлажненное, VII – осоково-моховое, VIII – разнотравно-злаковая луговина на берегу ручья.
Примечание: полные названия и авторизация видов приведены в табл. 2.

го покрова достигает 40 см, доминируют *Carex aquatilis* Wahlenb. и *Poa pratensis* L.

Выгонка животных проводилась на термоэклекторах в течение семи - десяти дней в зависимости от влажности субстрата. Всего получено 8154 экземпляра панцирных клещей.

Проведен анализ распространения обнаруженных видов в евразийском секторе Арктики: в Северной Скандинавии (альпийские пустоши станции Кево, Финляндия) [10], на архипелагах и островах: Шпицберген [11, 12, 13], Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Колгуев, Вайгач, Северная Земля, Новосибирские, Врангеля, о-ва Диомида [14, 15], в тундровой зоне Кольского п-ова [1,2,3], Большеземельской тундре [4, наши неопубл. данные], на Полярном Урале [5, 6], в горной тундре Северного Урала [7], на севере Сибири и Дальнего Востока (Ямал, Гыданский п-ов, Таймыр, Чукотка) [16, 17, 18], в высокой и низкой Арктике Северной Америки [19, 20].

Типы долготного распространения видов названы на основе данных L. Subias [21]. Типы широтного распространения видов определены с использованием региональных каталогов [16, 22, 23, 24 и другие источники] в соответствии с классификацией К.Б. Городкова [25]. Система орибатид дана по L. Subias [21]. При характеристике структуры населения панцирных клещей доминирующими называли виды с относительным обилием более 10 %, субдоминирующими – 5,0 – 9,9 %.

При описании растительных сообществ названия сосудистых растений приводятся по С.К. Черепанову [26], мхов – по М.С. Игнатову, О.М. Афониной [27], лишайников – по А.В. Домбровской [28].

Результаты и обсуждение

В обследованных растительных сообществах хребта Пай-Хой обнаружено 32 вида панцирных клещей из 19 семейств. Наибольшее число видов отмечено для семейств Ceratozetidae (четыре), Camisiidae, Ceratoppiidae, Oppiidae (по три вида), другие семейства представлены одним-двумя видами каждое (табл. 2).

По типу долготного распространения выделены голарктические, палеарктические виды, космополиты и полукосмополиты. По числу преобладали голарктические виды (75,0 %). Ведущая роль голарктических видов в структуре фауны орибатид была отмечена нами ранее для тундровой зоны европейской части России в целом [29]. Некоторые широко распространенные в Голарктике виды (*Quadroppia quadricarinata, Oribatula exilis, Oribatula tibialis*) встречаются в ряде регионов за пределами Голарктики. К группе палеарктических отнесено четыре вида (12,5%). Доля широко распространенных видов – космополитов и полукосмополитов (*Tectocepheus velatus, Oppiella nova, Ceratozetes gracilis, Scheloribates laevigatus*) составила 12,5%.

Значительное число обнаруженных видов (20, или 62,5%) распространено циркумполярно, они встречаются в высоких широтах как Палеарктики, так и Неарктики – на Аляске, Юконе, в Гренландии [19, 20]. К ним относятся *Liochthonius lapponicus*, *Nothrus borussicus, Camisia horrida, C. biurus, Heminothrus punctatus*, *Hermannia reticulata*, *Ceratoppia bipilis, C. sphaerica, Moritzoppia neerlandica, M. unicarinata clavigera, Suctobelbella acutidens*, *S. hammeri, Q. quadricarinata*, *O. tibialis*, *Melanozetes mollicomus, Diapterobates notatus, Svalbardia paludicola,* а также космополиты *T. velatus, O. nova*, *C. gracilis*.

В составе фауны панцирных клещей хребта Пай-Хой выявлены виды с полизональным, температным, аркто-бореальным и арктическим типами широтного распространения. Обнаружен единственный арктический вид – *S. paludicola*, ареал которого охватывает материковую тундру и арктические острова. Ранее мы относили этот вид к аркто-бореальной группе [29], с учетом находки за пределами тундровой зоны – в Забайкалье [16]. По основной части ареала *S. paludicola* следует считать арктическим видом. Он распространен циркумполярно, присутствует в Гренландии [30], на Аляске, Юконе [20]. *S. paludicola* – единственный арктический вид, который встречается в тундровой зоне европейской части России, он был зарегистрирован на Кольском п-ове и Полярном Урале.

На Пай-Хое, как и в европейском секторе тундровой зоны в целом, не найдены гипоарктические виды, ареал которых занимает подзону южной тундры, лесотундру и крайнесеверную тайгу [25]. Для европейского сектора характерна малочисленность комплекса аркто-бореальных видов, что отмечалось нами ранее [29]. На Пай-Хое обнаружено семь аркто-бореальных видов *H. punctatus, C. sphaerica, H. reticulata*, *D. notatus, M. unicarinata clavigera*, *Pyroppia lanceolata, Banksinoma setosa.* Вид *D. notatus* повсеместно распространен на арктических островах и архипелагах, тундровой зоне, широко занимает таежную зону Евразии. Также достаточно часто отмечался в таежной зоне вид *H. punctatus.* К высоким широтам тяготеют *C. sphaerica* и *H. reticulata,* большинство находок этих видов отмечено в Арктике, в таежной зоне они встречаются реже. Некоторые аркто-бореальные виды присутствуют в горных системах Палеарктики: *D. notatus* – на Алтае, *C. sphaerica* – на Тянь-Шане, *M. unicarinata clavigera* и *P. lanceolata* – на Кавказе.

Ареалы большинства видов охватывают несколько природных зон и относятся к полизональному и температному типам. В группу с температным типом распространения включено семь видов (21,9%): *L. lapponicus, Edwardzetes edwardsi, Carabodes marginatus, Carabodes subarctisus, M. mollicomus, M. neerlandica, Hydrozetes thienemanni.* Они часто встречаются в аркто-бореальной области. Для большинства из них можно говорить о расположении основной части ареала в аркто-бореальной (*L. lapponicus, E. edwardsi, M. neerlandica*) или бореальной (*M. mollicomus, C. subarctisus*) областях.

В сборах по числу преобладали полизональные виды (53,1%). По характеру распространения в высоких широтах Евразии их можно подразделить на три группы. Первую группу составляют виды, которые присутствуют в большинстве известных фаун как материковой тундры, так и арктических

Таблица 2

Таксономический состав и распространение панцирных клещей хребта Пай-Хой

№	Виды	Распространение в евразийском секторе Арктики	Тип распространения
	Brachichthoniidae Thor, 1934		
1	Liochthonius (Liochthonius) lapponicus (Trägardh, 1910)	Северная Скандинавия, Шпицберген, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Таймыр, Чукотка	Голарктический. Температный.
	Camisiidae Oudemans, 1900		
2	Heminothrus (Platynothrus) punctatus (L. Koch, 1879)	Шпицберген, Новая Земля, Колгуев, Вайгач, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Ямал, Таймыр, Чукотка	Голарктический. Аркто-бореальный.
3	Camisia (Camisia) horrida (Koch, 1839)	Шпицберген, Полярный Урал, Северный Урал	Голарктический. Полизональный.
4	Camisia (C.) biurus (Koch, 1839)	Кольский п-ов, Полярный Урал, Северный Урал	Голарктический. Полизональный.
	Nothridae Berlese, 1896		
5	Nothrus borussicus Sellnick, 1928	Северная Скандинавия, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал, Северный Урал, Ямал, Чукотка	Голарктический. Полизональный.
	Hermanniidae Sellnick, 1928		
6	Hermannia (Heterohermannia) reticulata Thorell, 1871	Шпицберген, Новая Земля, Вайгач, Кольский п-ов, Чукотка	Голарктический. Аркто-бореальный.
	Damaeidae Berlese, 1896		
7	Belba (Belba) compta (Kulczynski, 1902)	Кольский п-ов	Палеарктический. Полизональный.
	Ceratoppiidae Kunst, 1971		
8	Ceratoppia bipilis (Hermann, 1804)	Шпицберген, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал, Северный Урал, Ямал, Гыданский п-ов, Таймыр, Чукотка	Голарктический. Полизональный.
9	C. sphaerica (L. Koch, 1879)	Шпицберген, Новая Земля, Вайгач, Врангеля, о-ва Диомида, Кольский п-ов, Полярный Урал, Ямал, Гыданский п-ов, Таймыр	Голарктический. Аркто-бореальный.
10	Pyroppia lanceolata Hammer, 1955	Чукотка	Голарктический. Аркто-бореальный.
	Liacaridae Sellnick, 1928		
11	Adoristes poppei (Oudemans, 1906)	Северная Скандинавия, Кольский п-ов	Голарктический. Полизональный.
	Tectocepheidae Grandjean, 1954		
12	Tectocepheus velatus (Michael, 1880)	Северная Скандинавия, Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Колгуев, Вайгач, Новосибирские, Врангеля, о-ва Диомида, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал, Северный Урал, Таймыр, Чукотка	Космополит. Полизональный.
	Carabodidae Koch, 1837		
13	Carabodes (Carabodes) marginatus (Michael, 1884)	Северная Скандинавия, Шпицберген, Новая Земля, Кольский п-ов, Большеземельская тундра	Палеарктический. Температный.
14	C. (C.) subarcticus Trägårdh, 1902	Северная Скандинавия, Кольский п-ов, Полярный Урал, Северный Урал	Палеарктический. Температный.
	Oppiidae Sellnick, 1937		
15	Moritzoppia (Moritzoppiella) neerlandica (Oudemans, 1900)	Шпицберген, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал, Северный Урал, Ямал, Таймыр, Чукотка	Голарктический. Температный.
17	M. (Moritzoppia) unicarinata clavigera (Hammer, 1952)	Таймыр, Чукотка	Голарктический. Аркто-бореальный.
16	Oppiella (Oppiella) nova (Oudemans, 1902)	Северная Скандинавия, Шпицберген, Новая Земля, Вайгач, Врангеля, Кольский п-ов, Полярный Урал, Чукотка	Космополит. Полизональный.
	Suctobelbidae Jacot, 1938		
18	Suctobelbella (Suctobelbella) acutidens (Forsslund, 1941)	Новая Земля, Северная Земля, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал	Голарктический. Полизональный.
19	S. (S.) hammerae (Krivolutsky, 1965)	Шпицберген, Новая Земля, Кольский п-ов, Полярный Урал	Голарктический. Полизональный.
	Quadroppiidae Balogh, 1983		
20	Quadroppia (Quadroppia) quadricarinata (Michael, 1885)	Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Вайгач, Северная Земля, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал	Голарктический. Полизональный.

Окончание табл. 2

№	Виды	Распространение в евразийском секторе Арктики	Тип распространения
	Thyrisomidae Grandjean, 1953		
21	Banksinoma setosa Rjabinin, 1974	Кольский п-ов, Северный Урал	Голарктический. Аркто-бореальный.
	Hydrozetidae Grandjean, 1954		
22	Hydrozetes (Heloribates) thienemanni Strenzke, 1943	Чукотка ?	Голарктический. Температный.
	Scheloribatidae Jacot, 1935		
23	Scheloribates (Scheloribates) laevigatus (Koch, 1835)	Кольский п-ов, Северный Урал	Полукосмополит. Полизональный.
	Oribatulidae Thor, 1929		
24	Oribatula (Zygoribatula) exilis (Nicolet, 1855)	Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Врангеля, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал, Северный Урал, Таймыр	Голарктический. Полизональный.
25	O. (Oribatula) tibialis (Nicolet, 1855)	Северная Скандинавия, Шпицберген, Новая Земля, Вайгач, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал, Северный Урал, Ямал, Таймыр, Чукотка	Голарктический. Полизональный.
	Ceratozetidae Jacot, 1925		
26	Ceratozetes (Ceratozetes) gracilis (Michael, 1884)	Кольский п-ов	Космополит. Полизональный.
27	Edwardzetes (Edwardzetes) edwardsi (Nicolet, 1855)	Шпицберген, Кольский п-ов, Большеземельская тундра	Голарктический. Температный.
28	Melanozetes mollicomus (Koch, 1839)	Северная Скандинавия, Кольский п-ов, Северный Урал, Таймыр	Голарктический. Температный.
29	Murcia nova Sellnick, 1928	Шпицберген, Большеземельская тундра, Полярный Урал	Голарктический. Полизональный.
	Humerobatidae Grandjean, 1970		
30	Diapterobates notatus (Thorell, 1871)	Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Колгуев, Вайгач, Северная Земля, Новосибирские о-ва, о-ва Диомида, Кольский п-ов, Ямал, Гыданский п-ов, Таймыр, Чукотка	Голарктический, Аркто-бореальный.
31	Svalbardia paludicola Thor, 1930	Шпицберген, Новая Земля, Кольский п-ов, Большеземельская тундра, Полярный Урал, Ямал, Таймыр, Чукотка	Голарктический. Арктический.
	Punctoribatidae Thor, 1937		
32	Minunthozetes pseudofusiger (Schweizer, 1922)	Новая Земля, Вайгач, Кольский п-ов	Палеарктический. Полизональный.

островов, это *C. horrida, S. acutidens, S. hammeri*, *C. bipilis*. К ним также относятся широко распространенные виды *O. tibialis, O. exilis, Q. quadricarinata* и космополиты *T. velatus, O. nova*. Во вторую входят виды, которые не были зарегистрированы на арктических островах, но достаточно часто встречаются в материковой тундре (*C. biurus, N. borussicus*). Третью группу представляют виды, основной ареал которых расположен в более низких широтах. Так, основной ареал *Adoristes poppei* находится в лесной зоне (бореальных и широколиственных лесах). Распространение этого вида в тундровой зоне Палеарктики ограничено европейским сектором: помимо Пай-Хоя вид отмечен на Кольском п-ове, в альпийских пустошах Финляндии. Вид *C. gracilis* относят к космополитам [21]. Он повсеместно занимает таежную зону Евразии, в тундровой зоне не отличается широким распространением; ранее был найден лишь на Кольском п-ове.

Впервые в европейском секторе тундровой зоны обнаружен голарктический температный вид *H. thienemanni.* В европейской части России он распространен в таежных и хвойно-широколиственных лесах [22], отмечен в средней тайге Республики Коми [31]. В тундровой зоне Евразии *H. thienemanni* был найден ранее, по данным Л.Г. Гришиной [17], на Чукотке. Другие источники [16, 18] нахождение вида на Чукотке не подтверждают.

Новым для европейского сектора тундровой зоны оказался род *Pyroppia* и голарктический вид *P. lanceolata* из семейства Ceratoppiidae. Н.А. Рябинин [32] относит его к видам с берингийскими связями. Вид распространен на Аляске, Юконе [20], в тундровых почвах Чукотки [18], найден на Кавказе [24]. Семейство Ceratoppiidae характерно для высоких широт Евразии, в европейском секторе тундровой зоны обычны виды рода *Ceratoppia*: *C. sphaerica, C. bipilis, C. quadridentata*; на Пай-Хое обнаружены *C. sphaerica* и *C. bipilis.*

На севере европейской части России впервые зарегистрирован голарктический вид *M. unicarinata clavigera,* который ранее был отмечен в Финляндии [22], на Кавказе [24], в тайге и лесотундре Сибири (Тюмень, Северная Эвенкия, Лабытнанги) [16], на Таймыре, Чукотке, на Аляске, Юконе [20], в Гренландии [19].

Находка голарктического вида *B. setosa* на Югорском п-ове расширяет наши знания о границах ареала этого вида. По имеющимся на сегодняшний день данным он отнесен нами к аркто-бореальным видам. Ареал *B. setosa* в Палеарктике имеет значительную дизъюнкцию на территории Сибири. На Дальнем Востоке этот вид был зарегистрирован в Хабаровском крае [18], на Курильских о-вах [33], Командорских о-вах [34]. В европейской части России найден в средней тайге на территории Республики Коми [31], горно-тундровом поясе Северного Урала [7], тундровой зоне Кольского п-ова, где обнаружен в оперении птиц [2].

С другими фаунами европейского сектора Арктики фауну орибатид Пай-Хоя объединяют как аркто-бореальные, так и полизональные и температные виды «северного» комплекса. Общими с о. Вайгач и арх. Новая Земля являются аркто-бореальные *H. punctatus, H. reticulata, C. sphaerica, D. notatus*, полизональный *Minunthozetes pseudofusiger* и широко распространенные виды *Q. quadricarinata, O. tibialis, T. velatus, O. nova.* На Новой Земле также присутствует арктический вид, найденный на Пай-Хое, – *S. paludicola.* Всего же из 32 видов, обнаруженных на Пай-Хое, девять отмечалось на о-ве Вайгач, для которого известно 25 видов орибатид [14]. Общими с фауной Новой Земли (известно 60 видов) оказались 14 видов панцирных клещей (43,7 %). Арктический и четыре аркто-бореальных вида (*H. punctatus, H. reticulata, C. sphaerica, D. notatus*), найденные на Пай-Хое, присутствуют в фауне Шпицбергена [11, 12, 13].

С фауной Полярного Урала фауну хребта Пай-Хой объединяет 16 видов (50 %). Это арктический вид *S. paludicola*, аркто-бореальный *C. sphaerica,* температные *C. subarcticus*, *M. neerlandica,* полизональные виды *C. horrida, C. biurus, N. borussicus, C. bipilis, S. acutidens, S. hammeri,* широко распространенные *Q. quadricarinata, O. tibialis, O. exilis* и космополиты *T. velatus, O. nova*. Также к числу общих с Полярным Уралом видов относится *Murcia nova*, который присутствует в Большеземельской тундре, на Шпицбергене.

Девять видов орибатид (28,1 %), из числа обнаруженных на Пай-Хое, указаны для альпийских пустошей Финляндии [10]. Это виды «северного» комплекса *L. lapponicus, N. borussicus, C. subarcticus, C. marginatus, M. mollicomus,* широко распространенные *T. velatus, O. nova, O. tibialis*, а также *A. poppei*, который редко встречается в тундровой зоне.

Таким образом, общность фауны панцирных клещей хребта Пай-Хой с фауной арктических островов и архипелагов в значительной степени определяют аркто-бореальные виды, а с материковыми тундровыми фаунами – характерные для высоких широт Евразии полизональные и температные виды.

Получены данные о видовом составе панцирных клещей в восьми растительных сообществах (табл. 1). Значения обилия орибатид составляли 15000 – 43840 экз./м^2 в сообществах горной тундры, 8500 – 38920 – равнинной тундры, 8950 – в интразональном сообществе. Наиболее многочисленными видами в сборах были *T. velatus, M. neerlandica, M. unicarinata clavigera, D. notatus, H. punctatus, M. mollicomus, S. laevigatus*. В сообществах горной тундры к числу доминантов относились: *T. velatus* (37,5 % в мохово-лишайниково-кустарничковом сообществе), *M. neerlandica* (33,0 % в морошково-сфагновом сообществе), *D. notatus* (20,9 % в морошково-сфагновом сообществе), *M. mollicomus* (11,7 % в мохово-лишайниково-кустарничковом сообществе); субдоминатов – *H. punctatus* и *L. lapponicus* (9,1 и 7,3 % соответственно в морошково-сфагновом сообществе). В равнинных тундрах доминировали *M. unicarinata clavigera* (от 35,5 до 84,5 %), *H. punctatus* (39,4 % в разнотравно-мо-ховом переувлажненном сообществе), *S. laevigatus* (14,6 % в хвощево-моховом низкорослом ивняке); субдоминирующими были *H. reticulata* (9,8 % в редкоивняково-лишайниково-мохово-осоковом сообщест-

ве) и *T. velatus* (от 6,7 до 9,9 %). В интразональном сообществе наибольшим обилием отличались эврибионтные виды *T. velatus, O. nova, S. laevigatus*.

Некоторые виды доминантного и субдоминантного комплексов были многочисленными в других фаунах тундровой зоны. Так, виды *T. velatus* и *M. neerlandica* относились к группе субдоминантов в сборах с Полярного Урала [5]. Высокое обилие *T. velatus* (около 50 %) отмечалось в кустарничково-лишайниковой и каменисто-лишайниковой тундрах Северного Урала [7]. В альпийских пустошах Финляндии, наряду с другими, наиболее многочисленными видами являлись *T. velatus* и *M. mollicomus* [10]. В ерниковой и кустарничково-лишайниковой горных тундрах Северного Урала в ядро доминантов входил *C. subarcticus* [7], в сборах с Пай-Хоя не отличавшийся высоким обилием.

Только в горной тундре (мохово-лишайниково-разнотравно-кустарничковой) в небольшом числе обнаружены *N. borussicus* и *Belba compta*. Вид *H. thienemanni* был найден только в разнотравно-моховом переувлажненном сообществе, расположенном в понижении рельефа. Это гидробионтный вид, в средней тайге Республики Коми он был обитателем верховых болот [31]. Большинство особей *H. reticulata* найдено в редко-ивняково-лишайниково-мохово-осоковом сообществе равнинной тундры. Также этот вид был обнаружен в мохово-лишайниково-кустарничковом сообществе горной тундры. Большее число особей *C. sphaerica* и *C. bipilis* найдено в горных тундрах. Только в интразональном сообществе в небольшом количестве найден *B. setosa.* На европейском Севере этот вид предпочитает переувлажненные местообитания: на Северном Урале он обитал в заболоченной травянисто-моховой тундре, где входил в группу субдоминантов [7], в подзоне средней тайги найден на верховых болотах [31]. Вид *H. punctatus* был приурочен к морошково-сфагновому сообществу горной тундры.

Заключение

Присутствие индикаторного комплекса видов, характерных для тундровой зоны Евразии: арктического *S. paludicola,* аркто-бореальных *D. notatus*, *C. sphaerica, H. reticulata*, *H. punctatus,* температных *L. lapponicus, M. neerlandica, E. edwardsi,* полизональных *C. horrida, S. hammeri, C. bipilis,* позволяет определить фауну панцирных клещей хребта Пай-Хой как типично тундровую. Полученные данные расширяют знания о границах ареалов некоторых видов. Впервые в европейском секторе тундровой зоны обнаружены род *Pyroppia,* виды *H. thienemanni, M. unicarinata clavigera*, *P. lanceolata.* Доминирующими видами в сборах были *T. velatus, M. neerlandica, M. clavigera, D. notatus, H. punctatus, M. mollicomus, S. laevigatus*. Обсуждаемый в настоящей работе фаунистический список панцирных клещей хребта Пай-Хой нельзя считать полным. Необходимы дальнейшие исследования в этом регионе.

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам Института биологии Коми НЦ УрО РАН к.б.н. Е.Е. Кулюгиной за геоботаническую характеристику растительных сообществ, Е.Г. Мади за оказанную помощь в подготовке карты, к.б.н. А.Г. Татаринову за ценные консультации.

Полевые исследования выполнены в рамках проекта «Разработка концепции создания Атласа природного наследия Урала» № 09-М-45-2002.

Литература

1. *Криволуцкий Д.А.* Панцирные клещи в почвах тундры // Pedobiologia. 1966. Bd. 6. № 3. P.277-280.
2. *Лебедев В.Д.* Распространение панцирных клещей на островах и побережье Баренцева моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2009. 22с.
3. *Зенкова И.В., Зайцев А.С., Залиш Л.В., Лисковая А.А.* Почвообитающие панцирные клещи (Acariformes: Oribatida) таежной и тундровой зон Мурманской области // Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск, 2011. № 1. С. 54–67.
4. *Мелехина Е.Н.* Влияние загрязнения почв на фауну панцирных клещей в Воркутинской тундре // Криопедология`97: Тез. докл. Междунар. конф. Сыктывкар, 1997. С. 176–177.
5. *Биоразнообразие экосистем* Полярного Урала / Отв. ред. М.В. Гецен. Сыктывкар, 2007. 251с.
6. *Сидорчук.Е.А.* К фауне панцирных клещей (Acariformes, Oribatida) Полярного Урала // Зоол. журн., 2009. Т. 88. № 7. С. 1–9.
7. *Мелехина Е.Н.* К фауне панцирных клещей (Acari: Oribatida) Печоро-Илычского заповедника // Труды Печоро-Илычского заповедника. Вып. 14. Сыктывкар, 2005. С. 113–117.
8. *Ненецкий автономный округ.* Энциклопедический словарь. М.: Дом Книги «Аванта+», 2001. 304 с.
9. *Атлас Арктики.* М.: Глав. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1985. 204 с.
10. *Solhuy T., Koponen S.* Oribatei fauna (Acari) on alpine heath at Kevo, Finland // Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. 1981. 17: 41–43.
11. *Лебедева Н.В., Лебедев В.Д., Мелехина Е.Н.* Новые данные о фауне орибатид (Oribatei) Шпицбергена // Доклады Академии наук. 2006. Т. 407. № 6. С. 845–849.
12. *Coulson S. J.* Terrestrial and freshwater invertebrate fauna of the High Arctic Archipelago of Svalbard // Zootaxa 1448, 2007. P. 41–68.
13. *Bayartogtokh B., Schatz H., Ekrem T.* Distribution and diversity of the soil mites of Svalbard, with redescriptions of three known species (Acari: Oribatida) // Int. Journal of Acarology. 2011. Vol.37. No.6. P. 467–484.
14. *Криволуцкий Д.А., Дроздов Н.Н., Лебедева Н.В., Калякин В.Н.* География почвенных микро-

артропод островов Арктики // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2003. № 6. С. 33–40.
15. *Макарова О.Л.* Акароценозы (Acariformes, Parasitiformes) полярных пустынь. Сообщ. 1 // Зоол. журн. 2002. Т.81. №2. С.165–181.
16. *Golosova L., Karppinen E., Krivolutsky D.A.* List of oribatid mites (Acarina, Oribatei) of northern palaearctic region. II. Siberia and the Far East // Acta ent. fenn. 1983. Vol. 43. 14p.
17. *Гришина Л.Г.* Панцирные клещи севера Сибири // Членистоногие Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1985. С. 14–23.
18. *Рябинин Н.А., Паньков А.Н.* Каталог панцирных клещей Дальнего Востока России. Часть II. Континентальная часть Дальнего Востока. Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2002. 92 с.
19. *Danks H.V.* Arctic arthropods. A review of systematics and ecology with particular reference to the North American Fauna. // Entomological Soc. Canada, Ottawa, 1981. 608 p.
20. *Behan-Pelletier V.* Oribatid mites (Acari: Oribatida) of the Yukon // Insects of the Yukon. Biological survey of Canada (Terrestrial Arthropods). 1997. P. 115–149.
21. *Subias L.S.* Listado sistematico, sinonimico y biogeografico de los Acaros Oribatidos (Acariformes, Oribatida) del mundo (1758-2002) // Graellsia. 2004. Vol. 60. P. 3–305.
22. *Karppinen E., Krivolutsky D.A.* List of oribatid mites (Acarina, Oribatei) of northern palaearctic region. 1. Europe // Acta ent. fenn. 1982. Vol. 41. 18 p.
23. *Karppinen E., Krivolutsky D.A., Poltavskaja M.P.* List of oribatid mites (Acarina, Oribatei) of northern palaearctic region. III. Arid lands // Ann. ent. fenn. 1986. Vol. 52. P. 81–94.
24. *Штанчаева У.Я., Субиас Л.С.* Каталог панцирных клещей Кавказа. Махачкала: ДНЦ РАН, 2010. 276 с.
25. *Городков К.Б.* Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон европейской части СССР // Ареалы насекомых европейской части СССР. Л., 1984. С. 3–20.
26. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.
27. *Игнатов М.С., Афонина О.М.* Список мхов территории бывшего СССР // Arctoa. Т. 1. 1992. 86 с.
28. *Домбровская А.В.* Конспект флоры лишайников Мурманской области и северо-восточной Финляндии. Л.: Наука, 1970. 117 с.
29. *Мелехина Е.Н.* Таксономическое разнообразие и ареалогия орибатид (Oribatei) европейского Севера России // Известия Коми научного центра УрО РАН, 2011. Вып. 2 (6). С. 30–37.
30. *Makarova O.L., Böcher J.* Diversity and geographical ranges of Greenland mites (Acari: Oribatida and Mesostigmata) // S.I. Golovach, O.L. Makarova, A.B. Babenko, L.D. Penev (Eds.). Species and Communities in Extreme Environments., Sofia-Moscow: Pensoft Publishers, KMK Scientific Press, 2009. P. 165–186.
31. *Друк А.Я., Вилкамаа П.* Микроартроподы верховых болот севера европейской части СССР // Биология почв Северной Европы. М.: Наука, 1988. С. 190–198.
32. *Рябинин Н.А.* Особенности распределения панцирных клещей (Acariformes: Oribatida) в почвах Дальнего Востока России // Вестник ДВО РАН, 2009. № 3. С. 54–60.
33. *Паньков А.Н., Рябинин Н.А., Голосова Л.Д.* Каталог панцирных клещей Дальнего Востока России. Часть I. Каталог панцирных клещей Камчатки, Сахалина и Курильских островов. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 1997. 87с.
34. *Криволуцкий Д.А., Рябинин Н.А.* Новые виды панцирных клещей (Oribatei) Сибири и Дальнего Востока // Зоол. журн. 1974. Т. LIII. Вып. 8. С. 1169–1177.

Статья поступила в редакцию 13.01.2012.

УДК 631.4

О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ ПОЧВЕННО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В ЮЖНОЙ ТУНДРЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

Д.А. КАВЕРИН, А.В. ПАСТУХОВ, Г.Г. МАЖИТОВА

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

Экосистемы высоких широт являются наиболее уязвимыми и чувствительными к потеплению климата, которое обусловливает оттаивание многолетней мерзлоты и ведет к существенным изменениям многих компонентов ландшафта и, в первую очередь, почвенного покрова. В настоящей работе охарактеризованы особенности строения и свойств тундровых мерзлотных почв и подстилающих многолетнемерзлых пород как единого почвенно-геокриологического комплекса. Дана оценка его состояния в аспекте современных и прогнозируемых изменений климата.

Ключевые слова: **изменение климата, почвенно-геокриологический комплекс, СТС, ММП, температурный режим, органическое вещество**

D.A. KAVERIN, A.V. PASTUKHOV, G.G. MAZHITOVA. THE PRESENT STATE OF SOIL-GEOCRYOLOGICAL COMPLEX IN THE SOUTHERN TUNDRA OF THE EUROPEAN NORTHEAST

Ecosystems of high latitudes are the most vulnerable and sensitive to global warming. Climate change causes permafrost thawing which leads to substantial changes in many components of landscape and soil cover, as well. We identified the structural features and properties of tundra permafrost-affected soils and underlying deposits as an integrated soil-geocryological complex. An assessment of the current state of this complex is given in terms of present and projected changes in climate.

Key words: **climate change, soil-geocryological complex, active layer, permafrost, thermal regime, organic matter**

Экосистемы высоких широт являются наиболее уязвимыми и чувствительными к климатическим изменениям, которые, как ожидается, будут наиболее выраженно проявляться в высоких широтах. Отчеты Межправительственной группы экспертов по изменению климата при ООН (IPCC) [1] и многочисленные публикации [2, 3 и др.] уже показывают потепление климата в большинстве регионов Арктики, в том числе российской. На европейском Северо-Востоке России в последние десятилетия отмечается существенная деградация многолетнемерзлых пород [4]. Однако имеется и противоположная точка зрения, согласно которой в настоящее время отмечается начальный период прохождения 64-летней ветви похолодания (1998-2065 гг.), что сопровождается синхронным снижением температуры грунтов [5].

Современные прогнозы по отчетам IPCC предполагают увеличение среднегодовых температур на 4-7ºС к концу XXI в. [1]. Рядом авторов моделируются и прогнозируются изменения, которые можно ожидать в связи с этим в криолитозоне, в том числе евразийской [5, 6 и др.].

Потепление климата обусловливает оттаивание многолетней мерзлоты, что ведет к существенным изменениям многих компонентов ландшафта и, в первую очередь, почвенного покрова. К настоящему времени авторами статьи получены многочисленные данные по оттаиванию многолетнемерзлых пород в Субарктике европейского Северо-Востока (в рамках программ Циркумполярного мониторинга деятельного слоя – CALM, Температурный режим криолитозоны – TSP). Эти данные подтверждают происходящую деградацию многолетней мерзлоты, которая, очевидно, продолжится и в будущем [8].

Оттайка многолетней мерзлоты приводит к развитию термокарстовых процессов, изменению экологических функций тундровых почв, их геохимического баланса и гидротермического режима. Многолетнемерзлое почвенное органическое вещество обладает особой чувствительностью к изменению температур по сравнению с немерзлотными почвами, так как отличается более высоким содержанием легкорастворимых компонентов [9]. При деградации многолетней мерзлоты в деятельный слой перейдет дополнительное количество лабильного органического вещества, находившегося ранее в мерзлом состоянии, что существенно скажется на его составе и специфике разложения. Ми-

нерализация почвенной органики может привести к повышенной эмиссии парниковых газов в атмосферу.

Чтобы дать оценку современного состояния тундровых почв и подстилающих их многолетнемерзлых пород как примеров пространственно-временных изменений в субарктических экосистемах, происходящих под влиянием потепления климата, нами были определены как текущие (морфологические и физико-химические свойства), так и динамические (температурный режим, мощность сезонно-талого слоя, сезонная динамика поверхности) параметры почво-грунтов.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются: минеральные мерзлотные почвы (тундровые поверхностно-глеевые мерзлотные, торфяно- и торфянисто-глеевые мерзлотные); органогенные мерзлотные почвы (сухоторфяные мерзлотные почвы бугров, торфяные мерзлотные почвы выровненных участков торфяных плато). Исследование тундровых мерзлотных почв проводилось в системе «сезонно-талый слой (СТС) – многолетнемерзлые породы (ММП)». Классификационные названия почв определялись в соответствии с таксономической системой почв СССР (1977). Район исследований: южная тундра европейского Северо-Востока (зона несплошной многолетней мерзлоты).

Полевые работы включали заложение, описание почвенных профилей с последующим отбором проб почвенных горизонтов, ручное бурение с отбором льдистых кернов до глубины 1,5-2 м в пределах верхних горизонтов многолетней мерзлоты, машинное бурение до глубины 10 м. Глубина сезонной протайки измерялась с помощью градуированного металлического зонда. Просадка поверхности почвы рассчитывалась в конце теплого сезона с использованием нивелира отечественного производства, дающего ошибку 4 мм на 1 км возвратного хода. Влажность в поверхностных горизонтах почвы определялась весовым методом. Измерения почвенных температур проводились с помощью цифровых логгеров фирмы HOBO, установленных на глубины 0, 20, 50, 100 см в почве и 3, 5 и 10 м в многолетнемерзлой толще; pH определялся потенциометрически со стеклянным и проточным хлорсеребряным электродами; валовое содержание органического углерода и азота – на анализаторе ANA-1500. С помощью C14 датировки проведено определение возраста органического углерода в пределах сезонно-талого и многолетнемерзлого слоев торфянисто-глеевой и сухоторфяной мерзлотных почв.

На основе спутниковых снимков Landsat ETM+ и QuickBird и полевых исследований составлены почвенные карты ключевых участков исследований в бассейнах рек Сейда и Большая Роговая масштабом 1:25000 с использованием программных продуктов ERDAS IMAGINE 9.0 и ArcGIS 9.2. Почвенные карты создавались методом автоматической управляемой классификации (supervised classification), в результате чего спутниковые снимки были преобразованы в растровые карты, содержащие информацию о почвенном типе для каждого класса пикселей. На конечном этапе растровые карты (формат .img) были конвертированы в векторные (формат .shp).

Результаты и обсуждение

Сезонно-талый и верхний многолетнемерзлый слои тундровых мерзлотных почв характеризуются динамикой температурного режима, синхронной с постепенным повышением среднегодовой температуры воздуха в регионе. Исследования температурного режима почв, проводящиеся Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН с 1996 г. на площадке Циркумполярного мониторинга деятельного слоя (CALM) на европейском Севере России (окрестности г. Воркуты), выявили постепенное повышение среднегодовой температуры мерзлотной почвы. За период наблюдений на площадке было выявлено, что в 2006-2008 гг. отрицательные среднегодовые почвенные температуры в верхнем слое почвы (0-50 см) сменились положительными. Данный факт был зафиксирован на фоне растущего тренда температуры воздуха. Многолетнее повышение почвенных температур за последние 15 лет привело к увеличению сезонной протайки, сопровождаемой оттайкой верхней части многолетней мерзлоты и просадкой поверхности почвы (начальная стадия термокарста). Многолетняя динамика постепенного увеличения глубины протайки осложняется формированием и исчезновением в нижней части СТС льдистых перелетков, образование которых обусловлено гидротермическими условиями вегетационного периода. В настоящее время зафиксировано опускание уровня многолетней мерзлоты ниже 1 м, что позволяет, согласно ряду почвенных классификаций, отнести данные профили в сезонно-мерзлотные типы (рис. 1). Мониторинг тундровых мерзлотных почв региона позволяет оценить их отклик на динамику изменения температуры воздуха, а в перспективе, при наличии более длительного ряда наблюдений, и на изменение климата.

По литературным данным [5, 8, 9], в верхней части ММП должен существовать горизонт повышенной льдистости, который играет роль льдистого буфера, предохраняющего мерзлоту от резкого скачкообразного протаивания, – т.н. переходный слой. При этом, авторы рассматривают строение и свойства мерзлотных профилей в трехкомпонентной системе «СТС – переходный слой – промежуточный слой». С целью диагностики т.н. переходного слоя изучаемые профили также рассмотрены нами согласно трехкомпонентной структуре (табл. 1). По морфологическим и физико-химическим свойствам верхний горизонт многолетней мерзлоты характеризуется как зона постепенных изменений в системе «СТС – ММП» (табл. 1). Многолетнемерзлые горизонты в пределах глубин 1,5 – 2 м отмечаются разнообразным криогенным строением, сопоставимым с таковым нижележащих многолетнемерзлых горизонтов. При этом для ММП часто свойственно преобладание криогенных текстур слоистого типа, т.е. в подстилающих ММП далеко

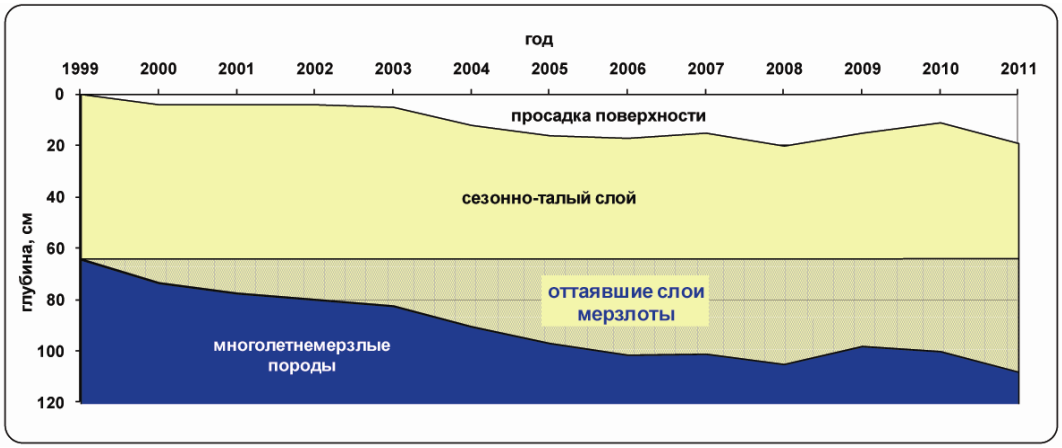


Рис. 1. Динамика изменения мощности сезонно-талого слоя, сопровождаемая просадкой поверхности и деградации верхнего слоя ММП на площадке CALM R2 в 1996–2011 гг.

Таблица 1

Основные параметры трехкомпонентной системы почвенно-геокриологического комплекса

Параметры/ слои	Криогенное строение	Влажность/ льдистость	Содержание С(%) в суглинистых профилях	pH	Сезонная динамика температуры	Среднегодовые температуры, t°C	Многолетние изменения (динамика)
Сезонно-талый слой	Сезонные массивные, слоистые криотекстуры	Постепенное снижение влажности к подошве СТС, либо минимальное содержание влаги в средней части СТС	Значительные вариации в содержании углерода	Кислые	Значительные сезонные флуктуации температуры	+1…-5	Многолетнее увеличение глубины протайки, осадка поверхности
Верхний слой ММП (глубина 0,5-2м)	Широкое разнообразие криотекстур, преобладают текстуры тонкослоистого типа	Увеличение влажности (льдистости) по сравнению с СТС, на фоне ММП увеличение льдистости обычно не наблюдается	Содержание углерода обычно не превышает 1%	Кислые - слабокислые	Сезонные колебания температуры выражены не резко, запаздывание температурного сигнала	-0… -4	Постепенная деградация многолетней мерзлоты
Эпигенетические ММП (глубже 2 м)	Широкое разнообразие криотекстур, преобладают текстуры слоистого типа	Широкие вариации в содержании льда	Содержание углерода обычно не превышает 1%	Слабокислые - нейтральные	Сезонные колебания температур не выражены	-0 …-2	Не выражены, либо деградация ММП

не всегда наблюдается увеличение льдистости и содержания углерода. В связи с недостаточностью признаков, классический переходный слой в мерзлотных почвах южной тундры европейского Северо-Востока однозначно не может быть выделен. Для подстилающих мерзлых горизонтов мы предлагаем использовать термин «верхний слой ММП» как синоним геологического термина «верхняя часть разреза ММП». Кроме того, рассмотрение мерзлотных профилей в регионе можно проводить и по более простой – двухкомпонентной системе «СТС – ММП».

Большая часть минеральных мерзлотных профилей характеризуется относительно низкими запасами углерода, тогда как основными его источниками являются органогенные мерзлотные почвы болот и торфяных плато. Значительная часть запасов мерзлотного углерода сосредоточена в криогенных почвах торфяных плато (табл. 2).

Весомый вклад в запасы углерода минеральных почв вносит присутствие в почвах криотурбированных горизонтов. Проведенные нами оценки запасов почвенного углерода говорят о более высоких запасах почвенного органического вещества в регионе, чем это отмечалось ранее [12].

Считается, что органическое вещество немерзлотных и многолетнемерзлых грунтов имеет различный молекулярный состав и возраст (момент консервации в них углерода), а следовательно, раз-

Таблица 2

Распределение запасов почвенного углерода в основных группах почв

Почвы	Среднее SOC 0-100 см кгСм$^{-2}$ ±SD	Органические горизонты кгСм$^{-2}$ ±SD	Минеральные горизонты кгСм$^{-2}$ ±SD	Мерзлотные запасы кгСм$^{-2}$ ±SD	n
Роговая					
Торфяные мерзлотные	57.0 ± 9.6	66.8 ± 33.7	8.4 ± 3.8	44.0 ± 30.5	7
Минеральные мерзлотные*	28.0 ± 12.8	8.0 ± 5.4	6.3 ± 6.8	11.5 ± 11.9	11
Сейда					
Торфяные мерзлотные	62.2 ± 11.7	137.4 ±52.4	9.6 ± 2.0	111.2 ± 48.7	32
Минеральные мерзлотные*	16.9 ± 6.0	7.7 ± 5.8	6.4 ± 2.9	1.6 ± 1.6	7

* К данной группе относятся торфяно-, торфянисто- и поверхностно-глеевые мерзлотные почвы; n – количество анализируемых почвенных проб

личную скорость минерализации и, соответственно, чувствительность к изменениям температуры [13]. Органическое вещество, находящееся в многолетнемерзлом состоянии, более богато легкорастворимыми компонентами (белки, простые сахара, полисахариды) и целлюлозой, тогда как в верхних органогенных горизонтах и в деятельном слое преобладает труднорастворимый лигнин [9, 14]. По мнению этих авторов, даже незначительная повышенная чувствительность органического вещества при оттаивании, учитывая его общие огромные запасы в высоких широтах, способна уже в XXI в. привести к значительному повышению эмиссии парниковых газов в наземных экосистемах.

Для характеристики органического вещества, находящегося в многолетнемерзлом состоянии, были отобраны почвенные образцы из деятельного слоя (надмерзлотного) и верхнего многолетнемерзлого горизонта в минеральных и торфяных почвах (Воркутинский р-н Республики Коми). В Норвежском Университете Естественных наук, в отделе растений и экологических наук под руководством Л.Странд методом кислотного гидролиза почвенное органическое вещество было разделено на два пула (фракции): лабильный, т.е. растворимый при химической экстракции, и устойчивый, состоящий из лигнина, липидов, гуминовых кислот и древесного угля (по методике Rovira and Rammn Vallejo [15]). Затем определен возраст «устойчивых фракций» в радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН, так как считается, что «старый» почвенный гумус чувствительнее к изменениям температуры окружающей среды, чем относительно «молодой» [9, 16]. Дополнительно проводились модельные эксперименты, позволяющие определить эмиссию CO_2 в почвах при повышении температуры.

Проведенные аналитические и экспериментальные исследования показали, что молекулярная структура почвенного органического вещества сама по себе не определяет степень его устойчивости; на самом деле определяющими являются экологические и биологические факторы: ризосфера и корни растений, почвенные микроорганизмы, и ключевой фактор – циклы промерзания и оттаивания мерзлоты [17].

Недавние экспериментальные исследования показали, что устойчивый пул органического вещества является наиболее чувствительным к температурным изменениям и первым подвергается декомпозиции (минерализации) [18]. Полученные результаты не выявили существенной разницы по содержанию и химическому составу органического вещества в сезонно-талом (деятельном) и многолетнемерзлом слоях почв. Для исследуемых почв характерен большой разброс данных по органическому составу, однако это не связано с наличием/отсутствием многолетней мерзлоты. Реакция на повышение температуры практически одинакова и в мерзлотных и немерзлотных горизонтах почв, и эмиссия CO_2 при повышении температуры на 10˚С практически удваивается (рис. 2).

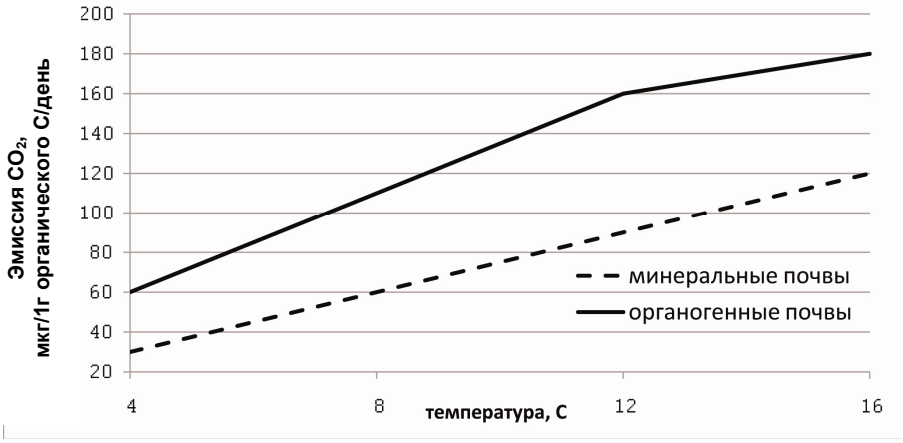


Рис. 2. Изменение эмиссии CO_2 в почвах при увеличении температуры по данным Д.Рассе [19].

По полученным нами данным, радиоуглеродный возраст почв достаточно типичен для зоны пониженной биологической активности, какой является восточноевропейская тундра и лесотундра (табл. 3). По возрасту органического вещества в деятель-

Таблица 3

Физико-химические свойства и возраст минеральных и органогенных горизонтов тундровых почв

Тип почвы	Слой	Глубина отбора образцов, см	C, %	N, %	Соотношение C/N	$pH_{вод}$	C 14-дата, лет назад
Тундровая торфянисто-глеевая мерзлотная	СТС	27-37	2,12	0,12	18	5,81	2595(±60)
	ММП	55-65	1,36	0,09	15	6,4	2955(±30)
Тундровая торфянисто-глеевая	СТС	30-40	1,85	0,12	15	4,69	–
	СТС	40-50	0,16	0,01	16	6,1	–
Сухоторфяная мерзлотная почва бугра	СТС	40-50	53,69	2,85	19	4,59	8240(±75)
	ММП	60-70	18,91	1,22	16	5,51	9105(±95)
Торфяная мерзлотная почва торфяного плато	СТС	50-60	2,55	0,18	14	6,43	–
	ММП	70-80	0,36	0,01	36	7,48	–

ном слое и верхней части ММП существенных отличий выявлено не было.

В многолетнемерзлых горизонтах снижается общее содержание углерода и азота. Однако расчеты соотношения углерода к азоту также не выявили закономерных отличий между сезонно-талыми и многолетнемерзлыми горизонтами. Органическое вещество в пределах СТС и ММП характеризуется умеренным обогащением углеродом. В широкой выборке минеральные горизонты исследованных почв выделяются соотношением C/N в диапазоне 6-18, в органогенных слоях данный диапазон значительно шире (1-48), что обусловлено различиями в составе торфа и степени его разложенности.

Выводы

Для европейского Северо-Востока охарактеризовано современное состояние почвенно-геокриологического комплекса как двухкомпонентной системы «СТС – верхний слой ММП». На основании имеющихся и полученных данных охарактеризована многолетняя динамика температурного режима тундровых мерзлотных почв и подстилающих их многолетнемерзлых пород. На основе строгого количественного подхода определены основные морфологические, физические и физико-химические параметры тундровых мерзлотных минеральных и органогенных почв. Установлено их криогенное строение и подсчитаны запасы углерода в деятельном слое и подстилающих ММП. Определен возраст органического вещества СТС и ММП для минеральных и органогенных почв.

Особенности криогенного строения, относительно высокие температуры СТС и ММП в настоящее время обусловливают достаточно низкий уровень устойчивости многолетней мерзлоты в почвах и подстилающих породах. Прогнозируемое изменение климата в регионе приведет к практически полной оттайке ММП в течение XXI в., при этом значительные запасы органического вещества перейдут в талое состояние. Наши исследования показали, что на фоне существенных изменений температурного режима органическое вещество верхней части ММП характеризуется относительно высокой стабильностью.

Работа выполнена в рамках проекта молодых ученых УрО РАН «Экологическая устойчивость тундровых мерзлотных почв европейского Северо-Востока в условиях изменения климата», программы ОНЗ РАН №14 «Состояние окружающей среды и прогноз ее динамики под влиянием быстрых глобальных и региональных природных и социально-экономических изменений» и Проекта № 12-Е-4-1004 «Формирование и функционирование почв криолитозоны европейского Северо-Востока в условиях изменения климата и антропогенных воздействий».

Авторы посвящают данную работу светлой памяти Г.Г. Мажитовой, по инициативе и под руководством которой были начаты данные исследования.

Авторы благодарят за содействие в аналитической обработке почвенных образцов зав. отд. почвоведения Института биологии Коми НЦ УрО РАН к.б.н. Е.М. Лаптеву, доктора Г. Хугелиуса (Университет Стокгольма) за помощь в создании базы данных Института биологии Коми НЦ УрО РАН по запасам почвенного углерода.

Литература

1. *МГЭИК: Изменение климата,* 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Р.К. Пачаури, А. Рай-зингер и др. МГЭИК. Женева, 2007. 104 с.
2. *Bockheim J.G., Hinkel K.M.* Characteristics and significance of the transition zone in drained thaw-lake basins of the Arctic Coastal Plain, Alaska // Arctic. Vol. 58, № 4. P. 406– 417.
3. *Walker, D.A. et al.* (2008) Arctic patterned-ground ecosystems: A synthesis of field studies and models along a North American Arctic Transect. J. Geophys. Res. 113, G03S01.
4. *Оберман Н.Г.* Глобальное потепление и изменения криолитозоны Печоро-Уральского региона // Разведка и охрана недр. 2007. №4. С. 63-68.

5. *Какунов Н.Б., Сулимова Е.И.* Изменение климатических параметров и развитие многолетнемёрзлых пород // Инженерные изыскания. 2008. №6. С. 56–59.
6. *Zimov S.A., Schuur E.A.G., Chapin III F. S.* Permafrost and the Global Carbon Budget // Science. 2006. Vol. 312(5780). P. 1612–1613.
7. *Shur Y., Hinkel K.M., Nelson F.E.* The transient layer: Implications for geocryology and climate-change science // Permafrost and Periglacial Processes. 2005. No. 16. P. 5 –17.
8. *Мажитова Г.Г., Каверин Д.А.* Динамика глубины сезонного протаивания и осадки поверхности почвы на площадке циркумполярного мониторинга деятельного слоя (CALM) в европейской части России // Криосфера Земли. 2007. Т. 11. № 4. С. 20–30.
9. *Davidson E.A., Janssens I.A.*, Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change // Nature. 2006. Vol. 440. P. 165-173.
10. *Шур Ю.Л.* Верхний горизонт толщи мерзлых пород и термокарст. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1988. 213 с.
11. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Почвообразование и подстилающая мерзлота // Почвоведение. 2008. № 6. С. 655–667.
12. *Hugelius G., Kuhry P.* Landscape partitioning and environmental gradient analyses of soil organic carbon in a permafrost environment // Global Biogeochemical Cycles. 2009. Vol. 23. GB3006. doi:10.1029/2008GB003419.
13. *Rodionow A., Flessa H., Kazansky O., Guggenberger G.* Organic matter composition and potential trace gas production of permafrost soils in the forest tundra in northern Siberia // Geoderma. 2006. Vol. 135. P. 49–62.
14. *Michaelson G.J., Dai X.Y. and Ping C.-L.* Organic matter and bioactivity in cryosols of arctic Alaska // Crysols, Permafrost Affected Soils. Ed. by J.M Kimble. Springer-Verlag New York. 2004. P. 463–477.
15. *Rovira P., Rammn Vallejo V.* Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depth in soil: an acid hydrolysis approach // Geoderma. 2002. Vol. 107. P. 109-141.
16. *Vanhala P., Karhu K., Tuomi M. et al.* Old soil carbon is more temperature sensitive than the young in an agricultural field // Soil Biology and Biochemistry. 2007. Vol. 39(11). P. 2967–2970. doi:10.1016.
17. *Schmid M., Margaret S. Torn, Abiven S. et al.* Persistence of soil organic matter as an ecosystem property // Nature. 2011. Vol. 478. P. 49–56. doi:10.1038/nature10386
18. *Conant R.T., Haddix M., Paustian K.* Partitioning soil carbon responses to warming: Model-derived guidance for data interpretation // Soil Biology and Biochemistry. 2010. Vol. 42(11). P. 2034-2036.
19. *Rasse D., Moni C., Pengerud A. et al.* CO_2 from Arctic soil // Klima. 2011. Vol. 4. P. 22-24 (in Norwegian).

Статья поступила в редакцию 21.12.2011.

УДК 502.175:504.5:66

К ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ПАДЕНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО УРАЛА

И.А. КУЗНЕЦОВА*, И.Н. КОРКИНА*, И.В. СТАВИШЕНКО*, Л.В. ЧЕРНАЯ*, М.Я.ЧЕБОТИНА*, С.Б. ХОЛОСТОВ**

**ФГБУН Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*
***КГБУ «Аналитический центр», г. Пермь*
Kuznetsova@ipae.uran.ru

Представлены результаты фонового мониторинга состояния природной среды в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей на Северном Урале: прослежена степень загрязнения снегового покрова, почвы, воды водных объектов нефтепродуктами. Рассмотрена возможность использования при оценке загрязнения природной среды нефтепродуктами таких биоиндикаторов, как водные беспозвоночные, зеленые мхи, дереворазрушающие грибы. Приведены результаты исследования степени загрязнения территории тритием.

Ключевые слова: **нефтяное загрязнение, радиоактивное загрязнение, мониторинг, окружающая среда, биоиндикация, водные беспозвоночные, мхи, дереворазрушающие грибы**

I.A. KUZNETSOVA, I.N. KORKINA, I.V. STAVISHENKO, L.V. CHERNAYA, M.YA. CHEBOTINA, S.B. HOLOSTOV. **TO ORGANIZATION OF COMPLEX MONITORING OF ENVIRONMENT CONDITION IN THE AREA OF FALLING OF SEPARATING PARTS OF CARRIER-ROCKETS IN TERRITORY OF THE NORTHERN URALS**

The results of complex monitoring of environment condition in the area of falling of carrier-rockets separating parts in the North Urals are presented. The degree of oil pollution of snow cover, soil, water from rivers and lakes is studied. Use possibility of such bio–indicators as aquatic invertebrates, green mosses and wood–destroying fungi when evaluating the environmental oil pollution is considered. Research results of the degree of tritium pollution of the territory of fall are given.

Key words: **oil pollution, radioactive pollution, monitoring, environment, bioindicator, aquatic invertebrates, mosses, wood–destroying fungi**

Развитие фундаментальных исследований, связанных с устойчивостью и изменением природных биоценозов под воздействием различных антропогенных факторов, в том числе ракетно-космической деятельности, не теряет своей актуальности. Необходимость прогноза изменений среды и вызванных ими последствий возрастает пропорционально увеличению воздействия на естественные природные комплексы. Столь же актуален и поиск путей предотвращения негативных последствий воздействия человека на природу. Для решения этих задач необходимы сведения о характере многолетней динамики состояния экосистем, получить которые невозможно без длительных и регулярных наблюдений за отдельными их компонентами. Настоящее исследование посвящено результатам комплексного экологического мониторинга состояния природной среды территории, используемой в качестве района падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» при выведении космических аппаратов на солнечно-синхронную орбиту с космодрома Байконур.

Координаты центра района падения (РП) – E 60° 00' с.ш.; N 58° 54' в.д., площадь 2206,4 км^2. К настоящему времени территория четыре раза принимала фрагменты отделяющихся частей (ОЧ) ракет-носителей (РН): в декабре 2006, ноябре и декабре 2007 и сентябре 2009 г. Координаты мест обнаруженных фрагментов ОЧ РН: N 59°12' E 59°57'; N 59º12' E 59º51'; N 59º12' E 59º52'; N 59º59' E 59º06'; N 59º59' E 58º59'.

При осуществлении пусков РН предусмотрено экологическое сопровождение приема фрагментов ОЧ РН путем оценки загрязнения природной среды ракетно-космическим топливом (при пусках РН «Союз» – авиационным керосином). Индикационными параметрами загрязнения природной среды являются почва, снег, вода водных объектов.

Вместе с тем с 2006 г. специалистами Института экологии растений и животных УрО РАН проводится фоновый экологический мониторинг состояния природной среды РП, при котором основное внимание уделяется контролю загрязнения территории нефтепродуктами.

За основу при организации мониторинга принята система наблюдений, разработанная для особо охраняемых природных территорий Свердловской области [1]: регулярно контролируется состояние почв, снежного покрова, воды водных объектов; отслеживается динамика численности мелких млекопитающих двух типов биоценозов: пихто-ельника с кедром и березового криволесья; определяется численность наиболее многочисленного представителя водных беспозвоночных – личинок ручейника. В результате 5-летнего цикла исследований (2006 – 2010 гг.) подтверждено отсутствие негативного воздействия произведенных пусков ракет-носителей на территорию района падения, определены фоновые значения контролируемых параметров и диапазон их изменчивости [2].

В 2011 г. фоновый мониторинг состояния природной среды продолжен. При этом набор наблюдаемых параметров изменен. Использование в качестве индикаторного объекта населения мелких млекопитающих сочтено нецелесообразным, поскольку их популяционная динамика численности и пространственная изменчивость весьма затрудняют идентификацию изменений сообщества, обусловленных загрязнением природной среды. В качестве биоиндикаторов введены зеленые мхи (оценка их способности к накоплению нефтепродуктов) и дереворазрушающие грибы (оценка ценотического видового разнообразия, концентрации доминирования, генеративной, конкурентной и фитопатогенной активности видов). Кроме того, в 2011 г. определен уровень радиоактивного загрязнения на исследуемой территории в сравнении с территорией ближайшего источника радионуклидов – производственного объединения (ПО) «Маяк» (Челябинская область). Данная работа проведена, главным образом, с целью ответа на опасения местных жителей, убежденных, что таковое загрязнение при ракетно-космической деятельности непременно присутствует.

Наблюдения и отбор проб на содержание нефтепродуктов проведены в пределах постоянных мониторинговых постов в районе падения ОЧ РН и на прилегающих территориях (табл. 1). Пробы почвы, снега и воды отбирались согласно требованиям ГОСТа 17.1.3.07-82; ГОСТа 17.1.5.05-85; ГОСТа 17.4.3.04-85; ГОСТа 26204-84 – ГОСТа 26213-84; ГОСТа 28168-89; ГОСТа 17.4.01 - 83 (СТ СЭВ 3847-82); анализ на содержание нефтепродуктов произведен по стандартным методикам (МУК 4.1.1061-01, ПНД Ф 16.1:2.2.22-98; ПНД Ф 14.1:2.57-96; ПНД Ф 14.1:.2:4.168-00) методом инфракрасной спектрометрии с использованием концентратомера КН-2 в ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому федеральному округу» (2006 – 2010 гг.), с 2011 г. химический анализ содержания нефтепродуктов в воде водных объектов осуществляется в КГУ «Аналитический центр», г. Пермь. Пробы почвы и снега передавались в химическую лабораторию без консервации, пробы воды консервировались согласно инструкции Р 52.24.353-94. Методики выполнения работ с биологическими объектами описаны в соответствующих разделах.

Таблица 1

Постоянные посты наблюдений в районе падения ОЧ РН и на прилегающих территориях

№	Место проведения наблюдений	Координаты	№	Место проведения наблюдений	Координаты
1.	хр. Кваркуш	N 60º 08' E 58º 40'	20.	руч. на Сенном Камне	N 59º 59' E 59º 06'
2.	хр. Кваркуш (склон)	N 60º 07' E 58º 52'	21.	р. Ольва	N 59º 56' E 59º 18'
3.	г. Казанский Камень	N 60º09' E 59º 05'	22.	р. Колонга	N 60º 08' E 59º 48'
4.	г. Ольвинский Камень	N 59º 52 ' E 059º 04'	23.	оз. Березовое	N 59º 44' E 59º 37'
5.	г. Ольвинский Камень (склон)	N 59º50' E 59º15'	24.	г. Конжаковский Камень	N 59º37' E 59º08'
6.	г. Сенной Камень	N 59º 59' E 59º 04'	25.	Главный Уральский Хребет	N 60º 06' E 59º08'
7.	г. Сенной Камень (склон)	N 59º57' E 59º00'	26.	р. Серебрянка	N 59º 36' E 59º 24'
8.	р. Пожва	N 59º54' E 58º56 '	27.	р. Йов	N 59º 44' E 59º 25'
9.	Главный Уральский хребет (склон)	N 60º 13' E 59º 12 '	28.	г. Серебрянский Камень	N 59º 37' E 59º 23'
10.	р. Вагран	N 60º 06' E 59º 06'	29.	хр. Сосьвинский	N 60º 08' E 59º 10'
11.	р. Сурья	N 60º 09' E 59º 17'	30.	р. Княсьпинский Исток	N 59º 54' E 59º 45'
12.	хр. Еловая грива	N 60º 07' E 59º 18'	31.	р Антипинский Исток	N 59º 51' E 58º 53'
13.	оз. Б. Княспинское	N 59º55' E 59º34'	32.	р. Каква	N 59º 41' E 59º 46'
14.	оз. Валенторское	N 59º55' E 59º34'	33.	р. Турья	N 59º 46' E 59º 56'
15.	г. Буртым	N 59º44' E 059 20 '	34.	Косьвинское плечо	N 59º 32' E 59º 05'
16.	р. Улс (среднее течение)	N 60º 06' E 58º 56'	35.	Карпинск	N 59º 46' E 59º 56'
17.	р. Улс (верховье)	N 59º 59' E 58º 59'	36.	р. Коноплянка	N 59º 12' E 60º 27'
18.	р. Жиголан (1)	N 60º 11' E 58º 50'	37.	р. Тура	N 58º 43' E 60º 15'
19.	р. Жиголан (2)	N 60º 09' E 58º 50'	38.	р. Крив Вагранский	N 60º05' E 58º23'

Атмосферное загрязнение

Содержание нефтепродуктов в суммарном снежном покрове. Выбросы источников загрязнения городов и промышленных объектов переносятся воздушными потоками на значительное расстояние, определяя региональный фон загрязнения атмосферного воздуха. Значительное влияние на состояние природных сообществ оказывает большая группа органических веществ техногенного происхождения, поступающих от самых различных источников загрязнения. Среди них по экологической опасности, а главное – по масштабам распространения, выделяются сложные углеводородные смеси: нефти, нефтепродукты и их высокомолекулярные производные. С поступлением нефтепродуктов начинается процесс их естественного фракционирования и разложения. При этом некоторая часть нефтепродуктов механически выносится водой за пределы территории загрязнения, часть подвергается химическому и биологическому окислению, легкие же фракции постепенно испаряются в атмосферу. К сожалению, в связи с трудоемкостью отбора проб воздуха и сложностью их анализа на широкий спектр химических элементов нефтепродукты в составе атмосферы контролируются редко.

Косвенным показателем состояния атмосферы могут служить данные о химическом составе проб атмосферных осадков, в том числе – в снежном покрове. Следует отметить, что снежный покров обладает рядом свойств, делающих его индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. Снег не активен ни в химическом, ни в биологическом отношении, в нем не происходит химических трансформаций веществ. Обладая высокой сорбционной способностью, он поглощает из атмосферы значительную часть продуктов техногенеза и сохраняет накопленную информацию длительное время – до снеготаяния. Одна проба, отобранная по всей высоте снежного покрова (суммарный покров), дает представление о загрязнении за весь период от установления снежного покрова до момента отбора пробы. При этом отбор проб не требует сложного специального оборудования. Определение химического состава снежного покрова позволяет выяснить пространственные ареалы загрязнения, количественно рассчитать реальное поступление загрязняющих веществ в конкретные природные комплексы в течение периода с устойчивым снежным покровом.

Результаты химического анализа проб снежного покрова, отобранных в конце снежного сезона 2011 г., вновь подтвердили отсутствие загрязнения нефтепродуктами как на территории района падения, не подверженной антропогенному воздействию, так и на контрольных участках вблизи населенных пунктов (табл. 2). Значения содержания нефтепродуктов на исследованной территории стабильно не превышают значения ПДК нефтепродуктов в воде водных объектов (СанПиН), которая составляет 1мг/дм^3, а в 2011 г. они также не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов: 0,05 мг/л.

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов в суммарном снежном покрове на территории района падения ОЧ РН и на контрольных территориях Северного Урала

№ поста наблюдений	Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов, мг/дм^3				
		2007г.	2008 г.	2009г.	2010г.	2011 г.
Район падения ОЧ РН						
1	хр. Кваркуш	-	-	0,06	-	-
3	г. Казанский Камень	0,05	-	-	-	-
10	р. Вагран	0,05	-	-	-	-
29	хр. Сосвинский Камень	-	-	0,07	-	-
12	хр. Еловая грива	0,75	-	0,07	-	-
7	г. Сенной Камень (склон)	-	-	-	0,08	-
6	г. Сенной Камень	-	0,299	0,05	-	-
4	г. Ольвинский Камень	-	-	-	-	0,05
5	г. Ольвинский Камень (склон)	0,09	0,14	0,06	0,05	0,04
15	г. Буртым	0,93	0,19	-	-	-
Контрольная территория						
-	р. Ауспия	0,05	-	-	-	-
-	р. Лозьва	0,05	-	-	-	-
-	г. Ауспи-Тумп (склон)	0,09	-	-	-	-
-	г. Ауспи-Тумп	0,08	-	-	-	-
13	оз. Б. Князьпинское	-	-	-	-	0,05
-	пос. Каквинские Печи	0.23	-	-	-	-
-	пос. Кытлым	0.21	-	-	-	-
-	г. Краснотурьинск (территория комбината)	0.44	-	-	-	-
-	г. Краснотурьинск (центр города)	0.16	-	-	-	-
-	г.Краснотурьинск (окраина города)	0.09	-	-	-	-
-	г. Карпинск (центр города)	0.21	-	-	-	-
-	г. Карпинск (окраина города)	0.18	-	-	-	-
-	г. Волчанск	0.28	-	-	-	-
-	г. Североуральск	0.12	-	-	-	-
-	г. Ивдель (центр города)	0.12	-	-	-	-
-	г. Ивдель (окраина города)	0.28	-	-	-	-
-	пос. Полуночное	0.09	-	-	-	-

Содержание трития в снежном покрове. Население прилежащих к району падения ОЧ РН городов и поселков, несмотря на информацию об отсутствии радиоактивного загрязнения при падении, по-прежнему опасаются, главным образом, именно этого загрязнения. Учитывая это, а также то, что траектория выведения РН с космодрома Байконур совпадает с одним из направлений распространения трития от основного возможного источника загрязнения – ПО “Маяк”, в 2011 г. проведена специальная работа по оценке содержания трития в снежном покрове.

Тритий – радиоактивный изотоп водорода с периодом полураспада 12,4 года, относящийся к числу наиболее широко распространенных в природе химических элементов. В настоящее время не существует эффективных мер улавливания трития, поэтому он практически целиком поступает в природные экосистемы. Загрязняя воздушную среду, тритий вымывается из нее осадками (дождевыми, снеговыми) и оседает на земную поверхность. Перенос насыщенных тритием воздушных масс может стать причиной широкомасштабного загрязнения территории. Снег, сохраняющий радионуклид в течение всего зимнего периода, служит наиболее надежным индикатором контроля воздушной среды.

В районе расположения ПО "Маяк" содержание трития в снежном покрове исследовано с учетом розы ветров и расстояния от предприятия. Концентрация радионуклида в воде из снега на обследуемой территории меняется от 6 до 262 Бк/л. Повышенные значения концентраций трития обнаружены в непосредственной близости от предприятия, особенно в северном (до 262 Бк/л) и северо-восточном (до 256 Бк/л) направлениях. В радиусе до 10 км от ПО "Маяк" средняя концентрация трития в снеге имеет наиболее высокие показатели для северного (137±32 Бк/л) и восточного (106±40 Бк/кг) направлений и снижается в южном (64±18 Бк/л) и западном (35±8 Бк/л) направлениях. Роза ветров в районе ПО "Маяк" преимущественно северо-восточного направления, что позволяет предположить возможность распространения трития до района падения ОЧ РН [5].

Пробы снега для оценки содержания трития отобраны в трех точках наблюдений в РП ОЧ РН: на вершине горы Ольвинский Камень, на склоне этой горы и около озера Большое Княсьпинское и, для сравнения, по мере сокращения расстояния от ПО “Маяк” – в окрестностях г. Карпинска и по трассе Серов – Екатеринбург (реки Коноплянка и Тура). В качестве фоновой (контрольной) характеристики использованы данные содержания трития в снеговой воде с Косьвинского плеча (N 59º32' E 59º05'), расположенного за пределами района падения, которые были получены в 2002 г.

Методика исследования. Пробы отбирали в конце периода снеготаяния (1 апреля 2011 г.) на всю глубину снежного покрова. Воду из снега очищали от механических загрязнений путем фильтрования и хранили в закрытых стеклянных емкостях. Для количественного определения трития в пробах воды проводили предварительное обогащение методом одноступенчатого электролиза. Метод основан на значительной разнице в скорости выделения легкого (протия) и тяжелых (дейтерия и трития) изотопов водорода при разрядке ионов на катоде в ходе электролитического разложения воды. Выделяющийся при этом молекулярный водород обогащается протием, а электролит – соответственно тритием и дейтерием (последнего в пробах мало, поэтому при количественном определении трития им можно пренебречь). Обогащение проводили с помощью специально сконструированной установки, подробно описанной в работе М.Я Чеботиной и др. [6]. Количественное определение трития осуществляли на установке "Дельта-300", а его концентрацию вычисляли относительным методом путем сравнения пробы со стандартным раствором. Ошибка бэта-счета на счетной установке не превышает 5 %, чувствительность метода составляет 3 Бк/л.

Концентрация трития в снеговой воде контрольного района в 2002 г. составляла ~ 4 Бк/л (табл. 3), что соответствует техногенному фону по тритию для Уральского региона – 4–5 Бк/л. [6]. Концентрация радионуклида на территории района падения ОЧ РН в 2011 г. несколько превышает контрольный показатель, что, возможно, обусловлено колебаниями уровня регионального фона. По мере приближения к ПО «Маяк» (г. Карпинск, N 59º46' E 59º56'– р. Коноплянка, N 59º12' E 60º27'– р. Тура, N 58º43' E 60º15') показатели содержания радионуклида в пробах снега увеличиваются. Полученные результаты, хотя и недостаточны для окончательного заключения, тем не менее, убедительно свидетельствуют об отсутствии радиоактивного загрязнения в районе падения ОЧ РН, а также, как минимум, не опровергают предположение о широкомасштабном распространении трития в северном направлении на территории Среднего и Северного Урала.

Таблица 3

Содержание трития в воде из снега на территории района падения и контрольной территории

№ поста наблюдений	Время отбора проб	Место отбора проб	Концентрация трития, Бк/л
Район падения ОЧ РН			
4	апрель 2011 г.	г. Ольвинский Камень	5,8 ± 0,2
5	апрель 2011 г.	г. Ольвинский Камень (склон)	8,1 ± 0,1
13	апрель 2011 г.	оз. Б. Княсьпинское	7,7 ± 0,2
Контрольная территория			
34	июнь 2002 г.	Косьвинское плечо	3,8 ± 0,3
Территории сравнения			
35	апрель 2011 г.	окрестности г. Карпинска	8,8 ± 1.6
36	апрель 2011 г.	р. Коноплянка	19, 3 ± 3,0
37	апрель 2011 г.	р. Тура	21,0 ± 4,0

Содержание нефтепродуктов в почвах Северного Урала

Мониторинговые наблюдения за состоянием почв – одна из важнейших составляющих комплексного экологического мониторинга природной среды. Регулярный контроль состава и свойств почв направлен на выявление изменений, которые влияют на выполнение почвами их экологических функций, определяющих состояние экосистем в целом. Однако организация почвенного мониторинга в значительной степени осложнена пространственно-временной изменчивостью почв. Она проявляется в пестроте почвенного покрова при типологических особенностях почв, формирующихся в пределах одной природной зоны, но в различных физико-географических районах, которые отличаются литологическими, ландшафтными и биогеоценотическими условиями, а также сезонной и многолетней динамикой почвенных свойств. Изучение загрязнения почв нефтепродуктами (поступление нефтепродуктов извне) необходимо проводить на предварительно обследованной территории, для которой установлены показатели фонового содержания нефтепродуктов, поскольку один из наиболее сложных моментов диагностики нефтепродуктов в почвах – трудность распознавания среди углеводородов веществ природного происхождения и компонентов, поступивших в почвы техногенным путем. Известно, что на любых территориях концентрация нефтепродуктов в почвах и поверхностных водах достигает значительных величин из-за наличия в образцах углеводородов естественного происхождения, которые не дифференцируются принятыми методами анализа. В поверхностных горизонтах почв протекают как процессы разложения органических остатков, так и процессы синтеза специфических органических веществ – гумусовых кислот, представляющих собой органические высокомолекулярные соединения с ароматическими ядрами и периферическими алифатическими цепями с функциональными группами. Поэтому в верхних органоаккумулятивных горизонтах допустимо содержание алифатических и ароматических углеводородов как промежуточных звеньев реакций конденсации гумусовых веществ. Из этого следует, что для надежного определения степени нефтяного загрязнения территории необходимо учитывать существующие естественные фоновые концентрации углеводородов, что требует трудоемких, длительных и затратных исследований.

Почвенный покров территории района падения ОЧ РН, представляющей собой систему хребтов и межгорных котловин, характеризуется сложной структурой в связи с большим орографическим, геологическим и растительным разнообразием территории. В наиболее общем виде почвенный покров можно охарактеризовать следующими типами почв. На вершинах гор в гольцовом и подгольцовом поясе почвенный покров представлен комбинациями горных примитивных каменистых почв, горно-луговых глееватых и подзолов Al-Fe-гумусовых; горно-тундровые подбуры формируются преимущественно на основных породах и образуют комплексы с горными примитивными каменистыми почвами. В зависимости от конкретного сочетания факторов почвообразования почвы на склонах в пределах горно-таежного пояса могут быть представлены горными бурыми почвами, горными бурыми оподзоленными, подзолистыми, подзолами Al-Fe-гумусовыми. В нижних частях склонов, низинах, межгорных котловинах распространены торфянисто- и торфяно-элювиально-глеевые почвы, торфянисто- и торфяно-глеевые почвы, торфяные болотные почвы с разной мощностью торфяного слоя. В поймах рек развиваются аллювиальные почвы и пойменные болотные почвы притеррасных болот.

Для содержащихся в почвах нефтепродуктов ПДК в настоящее время не стандартизировано. Обычно рекомендуются примерные показатели фонового содержания нефтепродуктов, составляющие для песчаных почв и черноземов 100 и для торфяных почв – 400 мг/кг. Ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) легких нефтепродуктов для почв, характерных для Северного Урала (с низкой скоростью разложения углеводородов), составляют 2 000 мг/кг. Для Свердловской области каких-либо специальных разработок и документов по фоновым концентрациям нет.

В результате проведенных исследований получены значения содержания нефтепродуктов в почвенных образцах, не превышающие принятой ОДК для почв Северного Урала и которые могут расцениваться как фоновые концентрации углеводородов естественного происхождения. Полученные значения позволяют принять для этих почв за среднее фоновое содержание нефтепродуктов – до 450 мг/кг (табл. 4).

Таблица 4

Содержание нефтепродуктов в почвах на территории района падения и на прилегающих территориях Северного Урала

№ поста наблюдений	Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов, мг/кг		
		2006 г.	2009 г.	2010 г.
	Район падения ОЧ РН			
1	хр. Кваркуш	289	-	145
2	хр. Кваркуш (склон)	-	-	-
16	р. Улс	-	-	121
29	хр. Сосьвинский	-	-	138
12	хр. Еловая Грива	-	-	145
3	г. Казанский Камень	310	-	-
4	г. Ольвинский Камень	434	-	-
21	р. Ольва	-	-	149
6	г. Сенной Камень	-	-	95
	Контрольная территория			
24	г. Конжаковский Камень	143	-	-
28	г. Серебрянский Камень	-	-	133
14	оз. Валенторское	211	-	-
-	хр. Молебный Камень	-	179	-
-	хр. Мань-Пупу-Нёр	-	61	-

Содержание нефтепродуктов в воде водных объектов Северного Урала

Все ручьи и реки, расположенные в районе падения ОЧ РН, имеют ярко выраженный характер горных рек, собирая свои воды в основном за счет таяния снега, в меньшей степени – родников. В связи с этим можно утверждать, что полученные результаты исследований уровня загрязнения воды отражают не только состояние непосредственно речной системы, но и уровень атмосферного загрязнения в предшествующий снежный период.

Результаты химического анализа проб воды водотоков района падения и прилегающих территорий, отобранных в середине лета, показали практически полное отсутствие нефтяного загрязнения: содержание нефтепродуктов не превышает не только нормы СанПиН, но и во многих случаях ПДК для воды рыбохозяйственных водоемов: все полученные значения не превышают 0,07 мг/л (табл.5). Обращает на себя внимание отсутствие загрязнения в реках, расположенных вблизи населенных пунктов и дорог на контрольной территории.

Таблица 5

Содержание нефтепродуктов в воде водных объектов на территории района падения и на прилегающих территориях Северного Урала

№ поста наблюдений	Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов, мг/дм^3			
		2006 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
	Район падения ОЧ РН				
18	р. Жиголан	-	до 0.05	-	0,031
19	руч. Жиголан	-	до 0.05	0.05	до 0,005
16	р. Улс (среднее течение)	-	до 0.05	0.02	0,006
10	р. Вагран	-	-	0.02	-
21	р. Ольва	-	-	0.03	-
20	руч. на Сенном Камне	-	до 0.05	0.05	до 0,005
17	р. Улс (верховья)	-	0.08	-	-
	Контрольная территория				
14	оз. Валенторское	0.06	-	-	-
13	оз. Б.Княсьпинское	0.07	-	0.04	-
22	р. Колонга	-	-	0.06	до 0,005
32	р. Каква	-	-	0.02	-
33	р. Турья	-	-	0.02	до 0,005
26	р. Серебрянка	-	-	0.02	-
27	р. Йов	-	-	0.05	-
38	р. Крив Вагранский	-	-	-	0,006
30	р. Княсьпинский Исток	-	-	-	до 0,005

Оценка способности мхов к аккумуляции нефтепродуктов

Широкое распространение, морфологические и физиологические свойства мхов, их способность переносить неблагоприятные условия среды и высокая чувствительность к различного рода загрязнениям делают эти растения весьма удобными для использование их в качестве биоиндикаторов для оценки окружающей среды. Мхи абсорбируют все микропримеси из атмосферы, удерживая и накапливая их в течение всего времени жизни. Несмотря на то, что за три-пять лет зеленая (фотосинтезирующая) часть мха полностью обновляется, сам мох живет намного дольше. Мхи не имеют корневой системы, и, следовательно, вклад других источников, кроме атмосферных выпадений, в большинстве случаев органичен. Применяя современные методы химического анализа, можно узнать элементный состав атмосферных выпадений в месте сбора и количественно определить концентрацию того или иного химического элемента, накопленного мхом за определенный период времени. Использование мхов в качестве индикаторов атмосферного загрязнения не представляет сложности: сбор образцов, транспортировка и хранение не трудоемки.

Чаще всего для биоиндикации рекомендуют использовать эпифитные мхи, произрастающие на коре деревьев и практически не связанные с почвой, а значит – на них практически не сказывается ее гетерогенный состав. Используя же напочвенные мхи, невозможно исключить влияние почвы и того загрязнения, что в ней накоплено. Однако в нашем случае контроль загрязнения природной среды продуктами ракетно-космической деятельности, в равной степени воздействующих на все компоненты природного комплекса, названная особенность напочвенных мхов решению поставленной задачи не препятствует.

Методика проведения экспериментальных исследований. Работы по изучению абсорбции и накоплению мхами нефтепродуктов проведены в 2011 г. Содержание нефтепродуктов в напочвенных мхах определено путем перерасчета концентраций нефтепродуктов на сухое вещество пробы. Для химического анализа пробы мхов отбирались без учета видовой принадлежности. При выявлении содержания нефтепродуктов пробы мха экстрагировали гексаном, концентрацию нефтепродукта в экстракте устанавливали по показаниям прибора «Флюорат-02» по методике ПНД Ф 16.1:2.21-98 (Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02»). Отдельно определяли влажность отобранной биомассы и делали пересчет концентраций нефтепродуктов на сухое вещество пробы. Эксперимент по насыщению мха керосином проводили статическим методом. В герметичный контейнер помещали навеску керосина. После ее испарения устанавливали содержание керосина в паровой фазе. Затем в контейнер с пробой керосина вносили навеску пробы мха (верхней и нижней частей). После выдержки в течение пяти суток рассчитывали содержание керосина в пробах мха. Коэффициент разделения вычисляли как отношение концентрации керосина в пробе мха к остаточной концентрации керосина в паровой фазе.

В табл. 6 представлены значения содержания нефтепродуктов в сухих пробах мха: от 0,008

Таблица 6

Содержание нефтепродуктов в пробах зеленых мхов на территории падения

№ поста наблюдений	Место отбора проб	Количество проб	Содержание нефтепродуктов, мг/кг	Влажность, %
12	хр. Еловая грива	3	0,031	38
16	р. Улс (среднее течение)	3	0,012	42
2	хр. Кваркуш (склон)	3	0,022	29
1	хр. Кваркуш	3	0,014	31
6	г. Сенной Камень	3	0,008	23

до 0, 031 мг/кг сухой пробы при влажности 23-42 %. Поскольку данным способом эти показатели оценивались впервые, то полученные материалы могут быть расценены как базовые при дальнейших исследованиях. Значения содержания нефтепродуктов во мхах после пятидневной их выдержки в парах керосина превысили фоновые значения более, чем на порядок (табл. 7). Это подтверждает возможность использования данного растительного объекта в качестве индикаторного при экспрессной оценке атмосферного загрязнения природной среды нефтепродуктами. При этом содержание нефтепродуктов в живых зеленых и отмерших частях мха отличаются незначительно, что существенно облегчает работу при использовании мхов для оценки экологического состояния природной среды.

Таблица 7

Результаты экспериментального исследования по насыщению проб мхов парами керосина

Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов			Коэффициент разделения
	в паровой фазе, мг/м^3	в верхней (зеленой) части мха, мг/кг	в нижней (отмершей) части мха, мг/кг	
хр. Еловая грива	21	0,214	0,235	0,0107
р. Улс (среднее течение)	25	0,281	0,264	0,0109
хр. Кваркуш (склон)	23	0,228	0,234	0,0100
хр. Кваркуш	20	0,198	0,201	0,0099
г. Сенной Камень	22	0,205	0,211	0,0095

Водные беспозвоночные Северного Урала

Пресноводные беспозвоночные (макрозообентос) удовлетворяют многим требованиям, предъявляемым к биоиндикаторам: практически повсеместная встречаемость, относительно крупные размеры, достаточно высокая численность, большое таксономическое разнообразие, сочетание приуроченности к определенному биотопу с подвижностью, длительный жизненный цикл. Нефтепродукты как высокотоксичные соединения при попадании в водные экосистемы вызывают глубокие перестройки в организме гидробионтов, часто затрагивающие генетический аппарат. Наиболее опасна нефть для организмов, находящихся на ранних стадиях развития: личиночные формы многих донных беспозвоночных в десятки и сотни раз чувствительнее к нефти, чем взрослые особи. Попадание значительного количества нефтепродуктов в водоем грозит нарушением баланса и функционирования экосистемы за счет снижения численности или исчезновения ключевых групп гидробионтов (чувствительных видов поденок, ручейников, веснянок, ракообразных), являющихся биомаркерами нефтяного загрязнения пресноводных водоемов [7, 8]. Следует отметить, что водные беспозвоночные реагируют не только на длительное, но и на кратковременное загрязнение среды нефтепродуктами (т.е. гибнут даже при возвращении в чистую воду). Это позволяет использовать их при оценке уровня загрязнения водной среды нефтепродуктами, контролируя количественный и качественный состав индикаторных видов гидробионтов. В качестве биоиндикаторов состояния водной среды в процессе наших исследований выбраны личинки ручейников – доминирующей и постоянной группы донного населения текучих вод Северного Урала, широко заселяющей чистые природные водоемы: ручьи, горные потоки, большие олиготрофные озера и равнинные реки. Эти высоко оксифильные организмы весьма чувствительны к повышенному содержанию химических веществ в водной среде. Личинки ручейников требовательны к чистоте воды и при загрязнении естественных экосистем сигнализируют о начале уже самых ранних стадий процесса их деградации – сокращается видовой состав и снижается уровень продуктивности этой группы зообентоса [9].

Методика исследований. Количественный учет личинок ручейников проведен методом прямого подсчета числа особей, обнаруженных прикрепленными к обратной стороне камней на 1 м^2 дна исследуемого водного объекта. Фаунистические исследования 2009-2010 гг. позволили определить ключевой участок наблюдений при мониторинге состояния природной среды на территории района падения ОЧ РН (среднее течение р. Улс) и оценить фоновую численность личинок ручейников рода *Stenophylax:* до 400 экз./м^2. Следует подчеркнуть, что р. Улс протекает в центральной части района падения. Высокая численность в ней личинок ручейников – свидетельство экологически благополучного состояния как данного водотока, так и территории водосбора. Летом 2011 г. наблюдения на ключевом участке р. Улс были продолжены. Полученные результаты аналогичны: среднее течение р. Улс по-прежнему в значительной степени заселено личинками ручейников, несмотря на интенсивное использование реки на данном участке в рекреационных целях. Численность обнаруженных особей ручейников составляла 150-300 экз./м^2. Снижение же количественных показателей этой группы гидробионтов по сравнению с предыдущим

годом обусловлено, вероятнее всего, характерной для нее особенностью многолетней динамики численности [10].

Во всех иных горных реках и ручьях численность личинок ручейника во все годы наблюдений была невысока, что и ожидалось при организации исследований. Поскольку для этих водотоков характерны высокая скорость течения, довольно низкая температура, практически полное отсутствие водной растительности и других групп гидробионтов – условия, не подходящие для личинок в качестве среды обитания.

Дереворазрушающие грибы как биоиндикаторы состояния лесных экосистем

Дереворазрушающие, или ксилотрофные грибы – экологическая и трофическая группа видов, использующих древесные растения как субстрат для развития и расселения [11]. Ксилотрофные базидиомицеты представляют ключевой блок микобиоты, являющейся неотъемлемым компонентом лесных экосистем [12, 13]. Высокая чувствительность названной группы организмов к изменению климатических и антропогенных факторов позволяет использовать их как “тест-систему” для задач биоиндикации состояния лесных фитоценозов [14]. Однако количественные и качественные параметры, характеризующие тренды преобразований лесных сообществ ксилотрофных грибов в результате различного рода антропогенных воздействий на региональном уровне, все еще остаются недостаточно изученными.

С целью организации мониторинга состояния горно-таежных лесов в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей под действием возможного загрязнения ракетно-космическим топливом изучены ведущие индикационные характеристики структуры комплексов ксилотрофных грибов: видовое разнообразие, концентрация доминирования, генеративная, конкурентная и фитопатогенная активность видов.

Материалы и методы. Микологические исследования проводились на участках приспевающих и спелых еловых лесов на западном склоне Северного Урала в среднем течении р. Улс и на склоне хр. Кваркуш (табл. 8). Изучались преимущественно афиллофороидные грибы – виды с неплас-

Таблица 8

Характеристика исследуемых участков леса

№ ПП (№ поста наблюдений)	Местоположение	Высота над ур.м., м^2	Тип леса	Состав древостоя	Группа возраста
1 (16)	р. Улс (среднее течение)	480	Ельник высокотравно-папоротниковый	6Е1П3Б	Приспевающий
2 (2)	хр. Кваркуш (склон)	600	Ельник ягодниково-зеленомошный	5Е1К4Б	Приспевающий
			Пихто-ельник крупнопапоротниковый	6П2Е2Б	Спелый

тинчатым гименофором. Субстратом являлась отмершая древесина – отпад (ветви, валеж, сухостой, пни, корни и т.д.) с развившимися базидиомами и без них, а также живые деревья, пораженные фитопатогенными грибами. Функциональная структура ценокомплексов ксилотрофных грибов, традиционно рассматриваемых в качестве консортов автотрофных растений, описана на уровне мероценозов – консорций лесообразующих видов: *Abies sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour. Показатель видового разнообразия ксиломикокомплексов, отражающий видовое богатство и обилие видов, определен при помощи индекса разнообразия Шеннона (H, E). Показатель концентрации доминирования видов в ксиломикокомплексах рассчитан при помощи индекса Бергера-Паркера (d).

Генеративная активность – численность грибов на исследуемых участках леса – определялась как отношение количества учетных единиц грибов к количеству учтенных единиц субстрата (шт./ед. субстрата). Из-за невозможности визуального, без дополнительных лабораторных исследований определения отдельной “особи” базидиомицета, за учетную единицу каждого вида принималась дискретная единица древесного субстрата, заселенная тем или иным видом [15]. Конкурентная активность – численность учетных единиц грибов в многовидовых микоценоячейках (шт./ед. субстрата). Под микоценоячейкой понимается совокупность базидиом одного или нескольких видов, развивающихся на отдельном древесном субстрате.

Фитопатогенная активность – доля фитопатогенного компонента в составе микобиоты (%). Патогенные виды грибов (факультативных сапротрофов и факультативных паразитов) выявляли при визуальном осмотре растущих деревьев, наличие факультативных сапротрофов также отмечали и на отпаде.

При сравнении характеристик генеративной и конкурентной активности были рассчитаны стандартные ошибки обилия учетных единиц грибов. Данные получены во второй декаде июля 2011 г. методом временных пробных площадей (ПП) на участках леса, включающих не менее 100 деревьев доминирующей породы. На каждой ПП было исследовано не менее 50 единиц отпада лесообразующих видов методом случайной выборки. Видовые названия грибов приведены по Index Fungorum (http://www.indexfungorum.org).

На первом этапе мониторинга установлены ведущие параметры функциональной структуры комплексов ксилотрофных грибов участков леса ПП 1 и ПП 2, характеризующие их современное состояние (табл. 9). В микокомплексе припойменного участка леса (ПП 1) видовое обилие и концентрация доминирования в 1.5 раза выше, чем в микокомплексе

Таблица 9

Основные характеристики функциональной структуры микокомплексов хвойных консорций

Характеристики	ПП 1	ПП 2
Видовое богатство (количество видов)	18	14
H (индекс Шеннона)	2,44	1,46
E (выравненность распределения видов)	0,84	0,55
d (индекс Бергера-Паркера)	0,36	0,22
Генеративная активность, шт./ед. субстратов	116,28±16,4	45,1±9,4
Конкурентная активность, шт./ед. субстратов	58,14±11,6	13,73±11,6
Фитопатогенная активность, %	12	4,35

участка горного леса на склоне хр. Кваркуш (ПП 2). Показатели генеративной и конкурентной активности в микокомплексе участка леса более низкого участка рельефа (ПП 1) почти вдвое больше по сравнению с таковыми участка повышенного уровня рельефа на склоне хр. Кваркуш (ПП 2). Показатель фитопатогенной активности (доля фитопатогенного компонента) микокомплекса участка леса ПП 1 почти втрое превышает данную характеристику на участке ПП 2.

При описании консортивной структуры микокомплексов на участках леса ПП 1 и ПП 2 (табл.10) выявлены доминирующие виды. В микобиоте припойменного участка леса (ПП 1) доминантом является *Fomitopsis pinicola*, содоминантами выступают *F. rosea, Trichaptum abietinum, Phellinus chrysoloma*. Следует отметить, что *P. chrysoloma* (еловая губка) – патогенный вид, вызывающий стволовые гнили ели коррозионного типа. В микобиоте участка горного леса (ПП 2) обилие доминирующего вида *F. pinicola* значительно ниже, чем на участке ПП 1. Содоминантами выступают *Cystostereum murrayi*, *Hyphodontia pallidula, T. abietinum*, причем численность последнего также снижена.

При изучении функциональной структуры микобиоты в зонально-поясном градиенте на Среднем

Таблица 10

Консортивная структура микокомплексов

Виды	Численность, шт./ед. субстрата	
	ПП 1	ПП 2
Fomitopsis pinicola (Sw.) P. Karst.	41,86*	9,80*
Fomitopsis rosea (Alb. & Schwein.) P. Karst.	13,95**	1,96
Trichaptum abietinum (Dicks.) Ryvarden	13,95**	5,88**
Phellinus chrysoloma (Fr.) Donk	11,63**	–
Cystostereum murrayi (Berk. & M.A. Curtis) Pouzar	4,65	5,88**
Hyphodontia pallidula (Bres.) J. Erikss.	–	3,92**
Armillaria borealis Marxm. & Korhonen	2,33	–
Antrodiella parasitica Vampola	–	1,96
Botryobasidium subcoronatum (Höhn. & Litsch.) Donk	–	1,96
Gloeocystidiellum convolvens (P. Karst.) Donk	2,33	–
Gloeophyllum sepiarium (Wulfen) P. Karst.	2,33	1,96
Gloiothele citrina (Pers.) Ginns & G.W. Freeman [=*Vesiculomyces citrinus* (Pers.) E. Hagstr.]	2,33	1,96
Oxyporus corticola (Fr.) Ryvarden	–	1,96
Peniophorella praetermissa (P. Karst.) K.H. Larss. [=*Hyphoderma praetermissum* (P. Karst.) J. Erikss. & Å. Strid]	2,33	–
Mucronella bresadolae (Quél.) Corner	2,33	–
Phanerochaete velutina (DC.) Parmasto	2,33	–
Phellinus hartigii (Allesch. & Schnabl) Pat.	–	1,96
P. weirii (Murrill) Gilb.	–	1,96
Phlebia mellea Overh. [=*Phlebia centrifuga* P. Karst.]	2,33	–
Phlebia firma J. Erikss. & Hjortstam	2,33	–
Pycnoporellus fulgens (Fr.) Donk	2,33	–
Rigidoporus crocatus (Pat.) Ryvarden	2,33	1,96
Sidera lenis (P. Karst.) Miettinen [=*Skeletocutis lenis* (P. Karst.) Niemelä]	2,33	–
Steccherinum ochraceum (Pers.) Gray	2,33	–
T. fuscoviolaceum (Ehrenb.) Ryvarden	–	1,96

Примечание. *) – доминанты; **) – содоминанты.

и Северном Урале было установлено, что при повышении высоты рельефа и по мере ухудшения благоприятных для роста и развития лесообразующих видов климатических условий, в микокомплексах снижается видовое разнообразие, уменьшается генеративная и конкурентная активность, увеличивается фитопатогенная активность видов. В высоких участках рельефа происходит трансформация функциональной организации микокомплексов: замещение доминирующих виолентных видов эксплерентными [16]. Представленные в данной работе характеристики функциональной организации, генеративной и конкурентной активности видов в горно-лесных микокомплексах участков нижнего (ПП 1) и верхнего (ПП 2) уровней рельефа в целом отвечают ранее выявленным закономерностям. Однако более высокая численность фитопатогенов в микокомплексе нижнего, припойменного участка леса (ПП 1), в сравнении с данным показателем на участке верхнего уровня рельефа (ПП 2), может быть связана с антропогенным воздействием: участок ПП 1 расположен рядом с популярной стоянкой туристов и испытывает рекреационную нагрузку.

Для более полной и точной оценки современного состояния сообществ ксилотрофных грибов горных лесов в районе предполагаемого загрязнения ракетно-космическим топливом требуется проведение дальнейших исследований, в том числе в качестве фонового контроля в ненарушенных девственных лесах на условно незагрязненных территориях из географически близких районов. Для получения репрезентативных результатов мониторинга микокомплексов как индикаторов состояния лесных экосистем, число пробных площадей наблюдений должно быть увеличено. Для регистрации изменений в сообществах дереворазрушающих грибов наблюдения достаточно проводить один раз в три-четыре года.

Выводы

В результате многолетних исследований (2006–2011 гг.), проведенных в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» на территории Северного Урала, при четырехкратном приеме фрагментов ОЧ РН, загрязнения природной среды нефтепродуктами, в том числе – ракетно-космическим топливом, не обнаружено. Этот вывод, полученный при осуществлении экологического сопровождения пусков РН, подтвержден результатами фонового комплексного экологического мониторинга состояния природной среды, включающего контроль с использованием биоиндикаторов. Полученные фоновые значения содержания нефтепродуктов в почве, снеге, воде водных объектов, напочвенных зеленых мхах, а также описание фонового состояния биоиндикаторов (личинки ручейников и сообщества дереворазрушающих грибов) при дальнейшем осуществлении комплексного экологического мониторинга состояния природной среды позволят контролировать нефтяное загрязнение территории района падения фрагментов ОЧ РН в процессе ее активного хозяйственного освоения, в том числе – при реализации программы Федерального космического агентства. В перспективе предлагаемая система наблюдений с рядом поправок может быть использована и для оценки состояния природной среды при различных антропогенных воздействиях.

Работа выполнена по проекту ориентированных фундаментальных исследований в рамках соглашений о сотрудничестве УрО РАН с государственными корпорациями, научно-производственными объединениями № 11-4-04 КА.

Литература

1. *Комплексный экологический* мониторинг состояния природной среды особо охраняемых природных территорий Свердловской области / Правительство Свердл. обл., Мин-во природ. ресурсов. Екатеринбург: Урал. следопыт, 2008. 216 с.
2 *Кузнецова И.А., Черная Л.В.* Ракеты летят через Урал // Вестник УрО РАН: Наука, общество, человек. 2011. № 1 (35). С. 41–50.
3 *Вакуловский С.М., Воронцов А.И., Катрич А.И. и др.* Тритий в атмосферных осадках, реках и морях, омывающих территорию Советского Союза // Атомная энергия. 1978. Т. 44. Вып. 5. С. 432.
4. *Виноградов А.П., Девирц А.Л., Добкина Э.И.* Современное состояние трития в природных водах // Геохимия. 1968. № 10. С. 1147.
5. *Чеботина М.Я., Николин О.А., Смагин А.И.* Тритий в водных системах района ПО «Маяк» // Опыт преодоления последствий техногенных аварий и развитие атомных технологий: материалы науч.-практ. конф., посвященной 50-летию аварии на ПО «Маяк». Челябинск, 2007. С. 152–162.
6. *Чеботина М.Я., Николин О.А.* Радиоэкологические исследования трития в Уральском регионе. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 90 с.
7. *Бакаева Е.Н., Никаноров А.М.* Гидробионты в оценке качества вод суши. М.: Наука, 2006. 239 с.
8. *Михайлова Л.В., Рыбина Г.Е., Петухова Г.А. и др.* Морфологические, молекулярные и генетические биомаркеры нефтяного загрязнения пресноводных водоемов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Сборник тезисов Междунар. конф. СПб., 2011. С. 113.
9. *Шубина В.Н.* Ручейники (Trichoptera) в бентосе и пище рыб водотоков Печоро-Илычского государственного заповедника (Сев. Урал) // Экология. 2006. № 5. С. 387–393. Shubina V.N. Caddis flies (Trichoptera) in the benthos and food of fish from streams of the Pechora-Ilych State Biosphere Reserve, the northern Urals // Russian J. of Ecology. 2006. Т. 37. № 5. P. 352–358.
10. *Базова Н.В., Базов А.В., Пронин Н.М. и др.* Пространственно-временное распределение личинок ручейника Aethaloptera evanescens Maclachlan, 1880 [Trichoptera: Hydropsychidae] в русле реки Селенги // Экология. 2008.

№ 6. С.462-467. N. V. Bazova, A. V. Bazov, N. M. Pronin et al. Spatiotemporal Distribution of Caddis Worms Aethaloptera evanescens MacLachlan, 1880 (Trichoptera: Hydropsychidae) in the Selenga River // Russian J. of Ecology. 2008. Vol. 6. P. 438–443.

11. *Бурова Л.Г.* Экология грибов макромицетов. М.: Наука, 1986. 222 с.
12. *Tyler G.* The impact of heavy metals pollution on forests: a case study of Gusum, Sweden // Ambio. 1984. Vol. 13. № 1. P. 18–24.
13. *Бондарцева М.А.* Эколого-биологические закономерности функционирования ксилотрофных базидиомицетов в лесных экосистемах // Грибные сообщества лесных экосистем: Материалы координац. исслед. М. – Петрозаводск: Изд-во КНЦ РАН, 2000. С. 9–25.
14. *Ставишенко И.В.* Состояние лесных сообществ ксилотрофных грибов под воздействием промышленных аэрополлютантов // Экология. 2010. № 5. С. 397–400. Stavishenko I. V. The State of Forest Xylotrophic Fungal Communities Exposed to Industrial Air Pollutants // Russian J. of Ecology. 2010. Vol. 5. P.445–449.
15. *Мухин В.А.* Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука, 1993. 230 с.
16. *Ставишенко И.В.* Функциональная структура комплексов ксилотрофных грибов в заповедных лесных экосистемах Северного и Среднего Урала // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Тр. Междунар. конф., посвященной 100-летию начала работы А.С. Бондарцева в Ботанич. ин-те им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, 24-28 апр., 2005 г.). СПб., 2005. Т. 2. С. 210–213.

Статья поступила в редакцию 14.02.2012.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 577.1:564.8:551.733.1

АМИНОКИСЛОТЫ В РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИХ БРАХИОПОДАХ ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО БАССЕЙНА

С.Н. ШАНИНА, Т.М. БЕЗНОСОВА

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

Исследован аминокислотный состав брахиопод и вмещающих их карбонатных пород из отложений верхнего ордовика, силура и нижнего девона западного склона Северного и Приполярного Урала, гряд Чернышева и Чернова, Северного Тимана, а также скважин 76-Лабаганская и 2-Адакская. Содержание аминокислот широко варьирует в изученных раковинах (10–190 мкг/г раковины) и практически не изменяется в породах (20–60 мкг/г породы). Установлено, что в раковинах палеозойских брахиопод состав и количество аминокислот в значительной степени зависят от первичных условий осадконакопления, фациальной приуроченности и типа захоронения. Большое влияние оказали процессы катагенетического прогрева пород Тимано-Североуральского бассейна. Вторичное перераспределение материала вмещающих пород и окислительные условия в районах естественных обнажений также способствовали дальнейшему разрушению и изменению органического вещества ископаемых организмов. Показано, что увеличение содержания аминокислот в раковинах приурочено к трем интервалам силурийского разреза, формирование которых совпадает с тремя эвстатическими трансгрессиями.

Ключевые слова: **аминокислоты, брахиоподы, палеозой, ордовик, силур, девон**

S.N. SHANINA, T.M. BEZNOSOVA **AMINO ACIDS OF THE EARLY PALEOZOIC BRACHIOPODS IN THE TIMAN–NORTH URALS BASIN**

Amino acid composition of the Upper Ordovician, Silurian and Lower Devonian brachiopods and enclosing carbonate rocks of the western slope of the Northern and Polar Urals, Chernysheva and Chernov ridges, Northern Timan, 76-Labaganskaya and 2-Adakskaya holes was studied. The content of amino acids widely varies in shells (10-190 mg/g shell) and practically no change in the rocks (20-60 mg/g rock). It was established, that composition and quantity of amino acids in the shells of the Paleozoic brachiopods depend on the primary depositional environment, facies confinement, type of burial and the catagenetic processes of heating rocks of the Timan-North Urals basin. Secondary redistribution of host rock material and oxidizing conditions in the areas of natural exposures have also contributed to further destruction and modification of the organic substance of fossil organisms. It is shown that the increase in amino acid content in the shells is timed to three intervals of the Silurian section, which formation coincides with three eustatic transgressions.

Key words: **amino acids, brachiopods, Palaeozoic, Ordovician, Silurian, Devonian**

Корреляция пограничных толщ морских карбонатов верхнего ордовика, силура и нижнего девона на европейском Северо-Востоке основана, преимущественно, на последовательности брахиоподовой и конодонтовой фауны. Региональные границы ордовика и силура, лландовери и венлока, силура и девона, рассматриваемые как важнейшие событийные уровни, связанные с вымиранием фауны, определяются эволюционными и экологическими изменениями биоты, отражающими разномасштабные события – локальные и глобальные. Результаты геохимических исследований показали возможность успешного применения данных по изменению изотопов углерода $\delta^{13}C$ в палеозойских карбонатах с целью межбассейновой корреляции. В настоящее время получены изотопно-углеродные маркеры для биостратиграфически датированных интервалов верхнего ордовика, нижнего силура и нижнего девона Западного Урала [1–2]. Применение нового для региона метода исследования аминокислотного состава раковин брахиопод, наряду с палеонтологическим, седиментологическим и изо-

топным анализами, послужит дополнительным критерием при распознавании важных событийных уровней в раннем палеозое и может способствовать более успешному решению ряда задач, связанных с эволюцией и экологией морской биоты. Важность таких комплексных исследований особенно значима для отложений нижнего палеозоя, таксономический состав биоты в которых ограничен, по сравнению с более молодыми образованиями фанерозоя.

Брахиоподы – одна из самых распространенных и хорошо изученных групп фауны, содержащихся в отложениях всех горизонтов рассматриваемого стратиграфического интервала Тимано-Североуральского бассейна. Их существование и расселение на шельфе Тимано-Североуральского морского бассейна было обусловлено множеством факторов, среди которых важнейшими были обширные территории мелководных областей седиментации с выровненным рельефом дна и низкой энергией водной среды, формирование органогенных построек, процессы миграции. Особенности распространения брахиопод отражают их приуроченность к определенным фациальным зонам бассейна (прибрежным, литоральным, мелководно-шельфовым). Нередко они являются единственными ископаемыми и породообразующими в отложениях различных фаций. Изученность брахиопод, установленные рубежи существенного преобразования морфо-экологической структуры и фациальная приуроченность их сообществ в Тимано-Североуральском морском бассейне [3], послужили материалом для исследований по выявлению биохимической реакции этих древних бентосных организмов на изменение внешних условий среды в течение позднего ордовика, силура и раннего девона.

Цель данной работы заключалась в выявлении возможных отклонений в содержании аминокислот в раковинах ископаемых брахиопод на территории Тимано-Североуральского осадочного бассейна, а также сопоставление полученных данных с выполненными ранее палеонтологическими, биостратиграфическими и геохимическими исследованиями [1, 3].

Состав аминокислот изучен во многих современных и ископаемых раковинах брахиопод. Исследования состава аминокислот в раковинах современных брахиопод побережья Японии и раковинах плейстоценового возраста (1.47 млн. лет) показали, что практически все типы брахиопод характеризуются высоким содержанием глицина [4]. В некоторых случаях его количество достигает 40 % от общего содержания аминокислот, при этом в отличие от моллюсков аминокислотный состав брахиопод характеризуется низкими концентрациями кислых аминокислот – аспарагиновой и глутаминовой. В современных брахиоподах Новой Зеландии доминирующей аминокислотой также является глицин [5]. На его долю приходится от 30 до 50 % всех аминокислот, далее следуют аланин, пролин и валин или же аспарагиновая и глутаминовая кислоты. В современных брахиоподах Шотландии установлено присутствие всех белковых аминокислот [6]. Их распределение меняется в зависимости от минерального состава раковины. В апатитовой раковине доминируют аспарагиновая кислота, глицин и аланин, а в кальцитовых раковинах брахиопод – глицин (рис. 1). Высокие содержания аланина, аспарагиновой кислоты, глицина, а также присутствие гидроксипролина за-

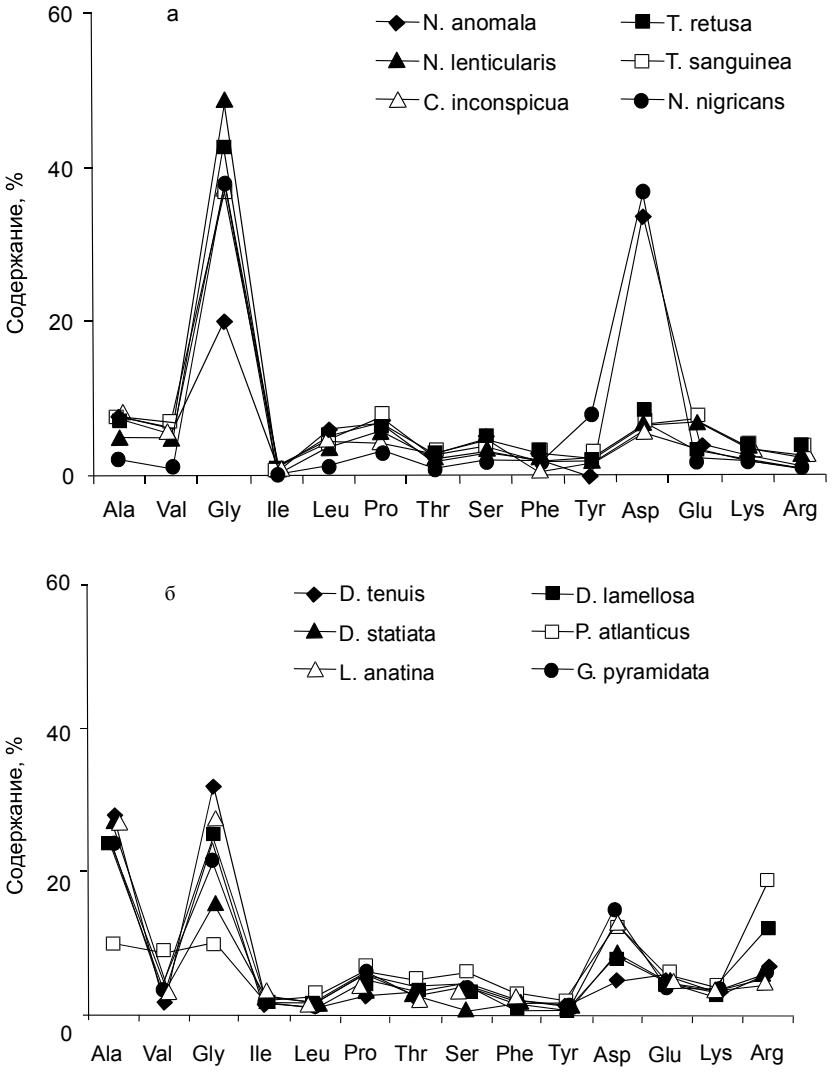


Рис. 1. Распределение аминокислот в современных брахиоподах: а – кальцитовая раковина, б – апатитовая раковина [6].

фиксировано в фосфатсодержащих раковинах брахиопод и другими исследователями [7]. Аминокислотный состав раковин современных брахиопод успешно используется для отнесения их к тому или иному таксономическому ряду, а также в качестве геотемпературного индикатора [4–5, 7–8].

Заметные изменения в составе и содержании аминокислот наблюдаются в раковинах брахиопод в течение первых нескольких сотен тысячелетий после захоронения. По данным исследователей [4], процесс деградации макромолекул довольно значителен в течение первых 0.13 млн. лет, затем наступает устойчивая фаза. Следующая фаза деградации начинается после 0.62 млн. лет и отчетливо прослеживается до образцов с возрастом в 1.47 млн. лет. Наиболее сильные диагенетические изменения белковой составляющей раковин – деградация белков до пептидов и потеря менее стабильных аминокислот в ходе перекристаллизации раковинного вещества – происходят еще до наступления верхнемелового периода [6]. В определенных условиях осадконакопления наличие белковых соединений в ископаемых раковинах может сохраняться вплоть до юры и мела [4]. Однако обычно в фоссилизированных створках содержание аминокислот падает, а их групповой состав часто представлен только алифатическими и кислыми аминокислотами [6]. После полной перекристаллизации ископаемые раковины характеризуются малым количественным и качественным составом аминокислот [6, 9], в связи с чем их использование как таксономического признака и геотемпературного индикатора становится практически невозможным, особенно в палеозойских и более древних образцах.

Большое влияние на состав аминокислот оказывают геохимические условия осадкообразования и дальнейшей геологической и геохимической истории осадочных пород [9]. Этим объясняются факты значительного содержания аминокислот в некоторых раковинах ископаемых организмов древнейших геологических эпох и малое содержание или полное отсутствие аминокислот в раковинах более молодого геологического возраста. Так, исследования аминокислот в брахиоподах рода Crania [6] показали, что в верхнемеловых раковинах аминокислотный состав значительно отличается от состава современных раковин, несмотря на достоверно установленное присутствие в них белка (рис. 2). Содержание аланина в раковинах, имеющих возраст 130 тыс. лет и более, увеличивается вдвое, по-сравнению с современными образцами. В раковинах карбона и ордовика распределение индивидуальных аминокислот претерпевает дальнейшее изменение, однако общее содержание аминокислот в ордовике более чем в два раза превышает их количество в раковинах карбона, тогда как содержание аминокислот во вмещающих породах находится на одном концентрационном уровне (11 пмоль/мг для карбона и 7–11 пмоль/мг для ордовика). Значительные содержания аминокислот в ордовикских раковинах объясняются особыми условиями их захоронения в углистых аргиллитах (Северная Эстония, карадок, кукруский горизонт и верхний арениг, волковский горизонт, Санкт-Петербург).

Методы исследования

Изучение состава аминокислот в раковинах Тимано-Североуральских брахиопод раннего палеозоя и вмещающих их породах проводились по методике [10]. Анализ включает в себя гидролиз образцов, их последующую очистку и перевод выделенных аминокислот в сложные эфиры с последующим разделением методом газовой хроматографии.

Гидролиз. Предварительно образцы растирались и обрабатывались бидистиллированной водой при 100°C. Для извлечения связанных аминокислот образцы подвергаются кислотному гидролизу в 6M HCl при температуре 105°C в течение 12 час. Данная температура была выбрана с той целью, чтобы исключить риск рацемизации аминокислот.

Очистка образцов. Полученные гидролизаты фильтруются, добавляется внутренний стандарт, в качестве которого использовался L-норвалин. Затем содержимое отгоняется на роторном испарителе при температуре 45°C и перерастворяется в 0.05M HCl. Очистка полученного раствора проводится на колонке, заполненной Dowex 50WX8 Na^+ (катионообменник). Для удаления ионов металлов смолу промывают 0.01M HCl. Элюирование аминокислот осуществляется с помощью 2.5M NH_4OH. Полученный раствор вновь отгоняется на роторном испарителе при температуре 45°C.

Дериватизация. Образцы растворяют в 0.1M HCl, полученные растворы замораживают и высушивают в замороженном состоянии. Высушенные

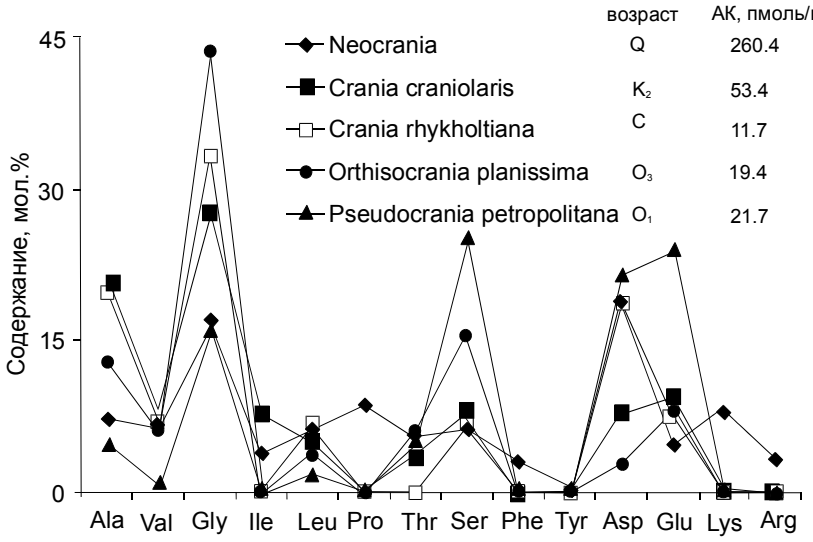


Рис. 2. Содержание аминокислот в современных и ископаемых брахиоподах рода *Crania* по [6].

образцы этерифицируются изопропиловым спиртом, а затем ацилируются пентафторпропионовым (PFP) ангидридом при температуре 110°С. Полученные N-пентафтор-пропионовые изопропиловые эфиры аминокислот растворяют в дихлорметане и переносят в виалы для хроматографии.

Газохроматографический анализ. Анализы выполняются на газовом хроматографе GC-17A с пламенно-ионизационным детектором. Для разделения энантиомеров полученных эфиров аминокислот используется колонка Chirasil-L-Val (длина 25 м, внутренний диаметр 0.25 мм). В качестве газа-носителя применяется гелий. Температура испарителя – 250°С, температура пламенно-ионизационного детектора – 275°С. Анализ проводится при следующих условиях программирования температуры термостата колонок: 4 мин в изотермическом режиме при температуре 90°С, затем подъем температуры до 210°С со скоростью 4°С/мин. Продолжительность анализа – 37 мин.

Все реагенты, используемые в работе, имеют высокую степень чистоты (Sigma, Aldrich, Fluka компаний), для приготовления растворов применяется бидистиллированная вода. Кроме того, параллельно с образцами ведется холостой опыт, чтобы исключить попадание аминокислот из реагентов.

Объекты исследования

Исследования аминокислотного состава выполнены для брахиопод и вмещающих их карбонатных пород из отложений верхнего ордовика, силура и нижнего девона западного склона Северного и Приполярного Урала, гряд Чернышева и Чернова, Северного Тимана, а также скважин 76-Лабаганская и 2-Адакская (рис. 3). В качестве объектов для изучения характера изменения состава аминокислот в раковинах были выбраны представители отрядов пентамерид, строфоменид, атрипид, спириферид и ринхонеллид. Все образцы имеют точную стратиграфическую и фациальную привязку. Основная доля исследований выполнена для гряды Чернышева и Приполярного Урала (бассейн р. Кожим), где проанализированы образцы из обнажений, выходящих на дневную поверхность практически для всех стратиграфических горизонтов силура. Из-за отсутствия достаточного количества брахиоподовой фауны в коллекциях не удалось изучить раковины лолашорского горизонта на гряде Чернышева, а также маршрутнинского и войвывского горизонтов на западном склоне Приполярного Урала.

Тимано-Североуральские карбонаты (преимущественно известняки доломитизированные и доломиты вторичные) претерпели значительные катагенетические преобразования от стадий $МК_2$ на Северном Тимане до $АК_1$–$АК_3$ на западном склоне Северного и Приполярного Урала. В большинстве случаев перекристаллизованные остатки брахиопод и вмещающие их породы представлены кальцитом и доломитом, часто с небольшими примесями кварца и слюды (дифрактометр Shimadzu XRD-6000). Характеристика образцов дана в табл. 1.

Состав и содержание аминокислот

Содержание аминокислот широко варьирует в изученных раковинах (190–10 мкг/г раковины) и практически не изменяется в породах (60–20 мкг/г породы). Максимальное содержание аминокислот выявлено в раковинах венлокских брахиопод р. Шаръю (100–190 мкг/г раковины). Состав аминокислот в ископаемых раковинах неоднороден (табл. 2) и в значительной степени отличается от состава белковых аминокислот современных брахиопод. В большинстве изученных образцов наблюдается ус-

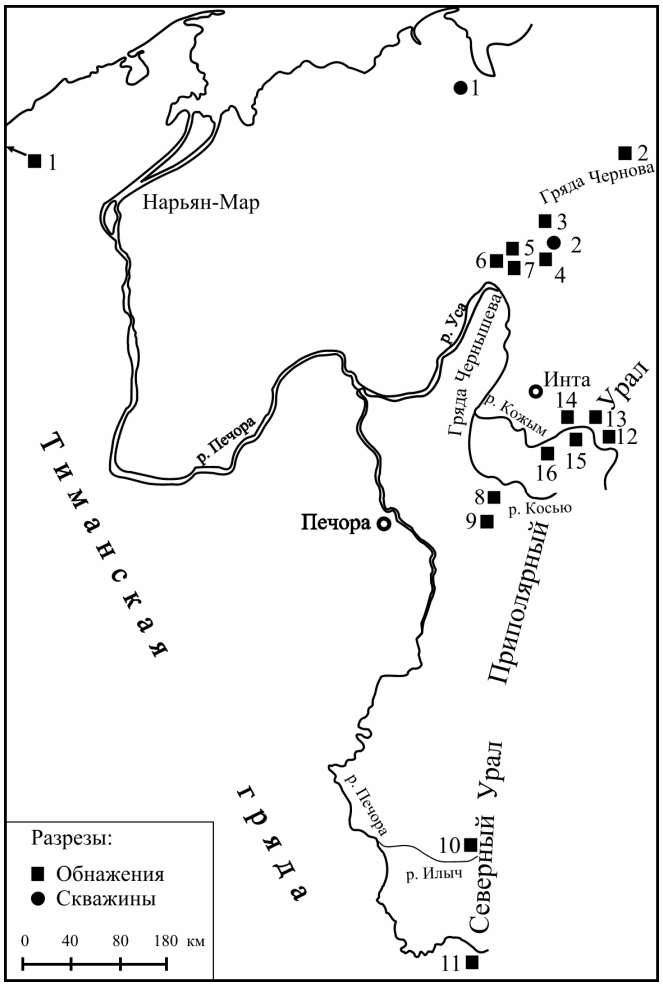


Рис. 3. Схема расположения изученных разрезов верхнего ордовика и силура. Обнажения: 1 – руч. Третий, обн. 1; 2 – руч. Безымянный, обн. 2; 3 – руч. Дершор, обн. 1, 2; 4 – р.Уса, обн.246; 5 – р. Поварница, обн. 192; 6 – р. Неча, обн. 7; 7 – р. Шарью, обн. 64, 24; 8 – р. Изъяю, обн. 479, 481 ; 9 – р. Сыня, обн. 4; 10 – р. Ильич, обн. 23; 11 – р.Унья; р. Кожим: 12 – обн.108, 13 – обн.116, 14 – обн. 221, 15 – обн.196; 16 – обн. 236. Скважины: 1 – 76-Лабаганская; 2 – 2-Адакская.

Таблица 1

Характеристика изученных образцов и содержание аминокислот в раковинах брахиопод и вмещающих породах

	Ярус, горизонт	Место отбора	Номер образца	Вид раковины	∑АК, мкг/г раковины	∑АК, мкг/г породы	Состав раковины	Состав породы	Стадия катагенеза
Приполярный Урал									
D_1	Лохков Овинпармский	р. Кожим	236/228	*Protathyris praecursor*	24.1	–	–	–	$МК_4$-$МК_5$
S_2	Пржидол Карповский		236/20a	*Collarothyris canaliculata*	42.3	34.9	кальцит кварц	кальцит кварц	$МК_4$-$МК_5$
	Пржидол Белушьинский		236/193	*Collarothyris canaliculata*	40.7	30.4	–	–	$МК_4$-$МК_5$
			236/248	*Grebenella parvula*	10.6	–	–	–	$МК_4$-$МК_5$
			236/20b	*Atrypoidea scheii*	26.0	28.7	–	–	$МК_4$-$МК_5$
	Лудлов Сизимский		214/1	*Didymothyris didyma*	50.9	–	–	–	$МК_4$-$МК_5$
	Лудлов Падимейтывисский		211/173	*Greenfieldia uberis*	14.7	–	–	–	$МК_4$-$МК_5$
S_1	Лландовери Филиппьельский		196/107	*Pseudoconchidium kozhimicum*	45.2	33.4	кальцит	доломит кальцит	$МК_4$-$МК_5$
			194/1028	*Pseudoconchidium kozhimicum*	46.5	20.3	кальцит кварц доломит	кальцит доломит	$МК_4$-$МК_5$
	Лландовери, Лолашорский		108/23	*Pentamerus (?) sp.*	50.4	59.6	–	–	$МК_4$-$МК_5$
			116/10	*Pentamerus (?) sp*	75.2	60.6	–	–	$МК_4$-$МК_5$
			196/17	*Pentamerus (?) sp*	82.8	26.4	кальцит кварц доломит	кальцит кварц	$МК_4$-$МК_5$
	Лландовери Яренейский		196/38	*Zigospiraella duboisi*	72.8	–	–	–	$МК_4$-$МК_5$
O_3	Ашгил Кырьинский		224/4	*Holorhynchus giganteus*	38.6	47.6	доломит кальцит	доломит кальцит	$МК_5$-$АК_1$
			114/6	*Proconchidium muensteri*	37.2	17.9	–	доломит кальцит	$МК_5$-$АК_1$
Гряда Чернышева									
D_1	Лохков Овинпармский	р. Изъяю	481/510	*Howellella angustiplicata*	39.5	–	–	–	$МК_3$-$МК_4$
S_2	Пржидол Карповский	руч. Дэршор	2/15	*Atrypoidea scheii Collarothyris canaliculata*	20.7	29.7	кальцит кварц	кальцит кварц доломит	$МК_3$-$МК_4$
			1/11	*Collarothyris canaliculata*	32.1	49.3	–	кальцит доломит кварц	$МК_3$-$МК_4$
	Пржидол Белушьинский		2/17	*Atrypoidea scheii*	17.0	52.7	кальцит кварц	кальцит кварц	$МК_3$-$МК_4$
	Лудлов Сизимский	скв. 2-Адакская	4232.0-4238.8 м	*Didymothyris didyma*	92.6	18.4	–	–	$МК_3$-$МК_4$
	Лудлов Падимейтывисский	р. Изъяю	479/1631	*Greenfieldia uberis*	40.6	–	–	–	$МК_3$-$МК_4$
S_1	Венлок Войвывский	р. Шаръю	64/257	*Spirinella nordensis*	102.9	54.4	кальцит кварц доломит	кальцит доломит кварц	$МК_3$-$МК_4$
			24/42	*Protatrypa inflata*	194.4	43.1	кальцит кварц	кальцит доломит кварц	$МК_3$-$МК_4$
	Лландовери, Маршрутнинский		64/294	*Leptaena sp.*	41.0	64.8	кальцит доломит кварц	кальцит доломит кварц	$МК_3$-$МК_4$
	Лландовери Филиппьельский	р. Неча	7/12	*Virgianella vaigatschensis*	49.3	54.9	–	–	$МК_3$
	Лландовери Яренейский	р. Поварница	192/663	*Virgiana barrandei*	53.4	57.3	кальцит кварц доломит	кальцит кварц доломит	$МК_3$-$МК_4$
		р. Б.Уса	246/Л	*Becscia mennery*	36.9	37.9	–	–	$МК_3$-$МК_4$
			246/881	*Virgiana adakia*	37.1	49.8	кальцит кварц доломит	кальцит доломит кварц	$МК_3$-$МК_4$

Окончание табл. 1

	Ярус, горизонт	Место отбора	Номер образца	Вид раковины	∑АК, мкг/г раковины	∑АК, мкг/г породы	Состав раковины	Состав породы	Стадия катагенеза
O_3	Ашгил Кырьинский	р. Сыня	4/15	*Proconchidium muensteri*	23.0	44.0	–	–	$МК_4$-$МК_5$
Северный Урал									
S_2	Лудлов Сизимский	р. Илыч	23/118	*Conchidium novosemelicum*	76.9	42.3	кальцит	кальцит кварц	$МК_5$-$АК_1$
S_1	Лландовери Филиппьельский	р. Унья	37/2823	*Virgianella vaigatschemsis*	56.4	22.9	–	кальцит доломит	$МК_5$-$АК_1$
Гряда Чернова									
S_1	Венлок Войвывский	руч. Безымянный	2/387	*Spirinella nordensis*	72.1	–	–	–	
Северный Тиман									
S_1	Лландовери Лолашорский	руч. Третий	1/3	*Pseudocama rotechia (?) sp*	165.4	52.6	доломит кварц кальцит	доломит кварц	$МК_2$-$МК_3$
Варандей-Адзьвинская зона									
D_1	Лохков Овинпармский	скв. 76-Лабаганская	4117-4123 м	*Lenatoechia kuliki*	81.7	35.6	кальцит кварц доломит	кальцит доломит кварц	нач. $МК_3$
S_2	Пржидол Карповский		4483 м	*Collarothyis canaliculata*	52.3	44.3	–	кальцит кварц доломит	нач. $МК_3$

АК – аминокислоты

Таблица 2

Содержание аминокислот в раковинах брахиопод (% от общего количества аминокислот)

№ образца	Ala	Val	Gly	Ile	Leu	Pro	Thr	Ser	Phe	Tyr	Asp	Glu	Lys	Met
Приполярный Урал														
236/228	11	8	15	0	11	3	0	14	17	2	4	9	4	0
236/20a	7	9	15	1	10	1	0	25	11	0	12	5	2	0
236/193	12	6	14	1	7	7	0	9	34	0	3	6	1	0
236/248	8	8	13	2	10	3	0	9	36	2	2	7	1	0
236/20b	8	7	15	1	11	2	0	11	27	0	4	9	3	0
214/1	12	7	19	0	9	3	0	19	12	3	5	8	2	0
211/173	19	10	20	10	10	4	2	17	3	0	0	5	0	0
196/107	6	7	14	7	3	11	10	9	21	5	0	8	0	0
194/1028	5	3	8	1	6	4	3	2	24	0	3	41	0	0
108/23	12	9	12	1	6	7	0	12	14	2	3	18	3	0
116/10	11	9	12	1	7	6	0	9	15	7	4	16	3	0
196/17	3	0	8	0	10	1	0	15	5	29	5	19	5	0
196/38	13	8	20	1	9	11	0	11	5	1	6	11	4	0
224/4	8	7	13	4	9	5	1	9	15	2	6	17	3	0
4/114	12	8	17	2	12	5	1	7	10	4	5	11	6	0
Гряда Чернышева														
481/510	12	12	15	0	10	6	0	10	17	2	4	8	1	1
2/15	12	8	26	1	9	6	0	6	6	4	4	12	5	0
1/11	11	6	20	2	14	5	0	14	9	2	4	12	2	0
2/17	14	5	21	0	11	5	0	12	12	0	3	13	3	0
4232	11	9	21	0	7	5	0	17	7	5	5	9	4	0
479/1631	13	10	20	0	8	6	0	16	13	2	4	7	1	1
64/257	9	7	12	4	9	0	4	19	18	2	2	8	1	5
24/42	7	7	14	1	7	1	1	22	7	2	8	23	0	1
64/294	6	18	7	2	9	8	0	24	6	4	2	11	1	3
7/12	12	12	12	1	9	8	0	5	20	4	5	10	3	0
64/663	10	0	21	1	15	1	0	26	8	1	3	10	5	0
246/Л	8	9	15	17	6	0	1	4	20	0	5	13	0	2
246/881	10	7	13	11	9	5	2	6	19	2	5	9	3	0
4/15	9	10	17	0	11	9	2	7	16	0	3	11	1	3
Северный Урал														
23/118	9	5	7	18	6	0	0	30	9	0	9	8	0	0
37/2823	9	3	12	6	14	0	0	15	12	8	2	15	3	0
Гряда Чернова														
2/387	13	10	13	4	10	4	0	8	17	4	3	10	4	0
Северный Тиман														
1/3	12	7	19	1	14	7	0	6	10	1	7	12	2	1
Скважина 76-Лабаганская														
4117	15	0	4	3	11	0	0	31	14	2	2	13	6	0
4483	8	5	17	2	18	5	0	8	9	3	5	19	0	1

Прнмечание. Ala – аланин, Val – валин, Gly – глицин, Ile – изолейцин, Leu – лейцин, Pro – пролин, Thr – треонин, Ser – серин, Phe – фенилаланин, Tyr – тирозин, Asp – аспарагиновая кислота, Glu – глутаминовая кислота, Lys – лизин, Met – метионин.

тановление баланса аминокислот между раковиной и вмещающей ее карбонатной породой. В ряде случаев процесс диффузии аминокислот из скелетных остатков приводит к тому, что содержание аминокислот во вмещающей породе даже несколько больше, чем в самой раковине.

Преобладают алифатические аминокислоты, содержание которых в среднем составляет 40–50 %, распределение кислых, гидроксильных и ароматических групп варьирует, однако чаще второй доминирующей группой являются ароматические аминокислоты (15–20 %). Среди индивидуальных аминокислот в изученных раковинах доминируют глицин, фенилаланин, серин и глутаминовая кислота. Обычно на их долю приходится от 45 до 70 % от всего содержания аминокислот. Повышенные концентрации установлены также для аланина и лейцина (до 10%).

В большинстве образцов отмечено присутствие D-аллоизолейцина, аминокислоты образующейся при высоких температурах. Повышенные содержания D-аллоизолейцина характерны для образцов Приполярного и Северного Урала, что может быть объяснено более высокими температурами катагенетического преобразования исследованных пород. Отличительная особенность образцов гряды Чернышева – постоянное присутствие в них серосодержащей аминокислоты – метионина. Скорее всего, метионин является новообразованным за счет реакций вторичного биохимического синтеза (в восстановительных условиях, при достаточном доступе сероводорода и сульфатов). Выходы сероводородных источников на гряде Чернышева в долинах рек Уса, Поварница, Адак отмечали Н.А.Кулик [11], А.А.Чернов [12] и другие исследователи. Источники поступления вторичных соединений серы на гряде Чернышева связаны с наличием здесь зон разломов и трещиноватости силурийских доломитов и известняков [13].

Выявленные вариации в содержании и составе аминокислот палеозойских раковин связаны с влиянием ряда факторов. В раковинах брахиопод, захороненных в одно и то же время, состав и количество аминокислот в значительной степени зависят от первичных условий осадконакопления и фациальной приуроченности, типа захоронения. Большое влияние на распределение аминокислот в ископаемых раковинах брахиопод оказали процессы катагенетического прогрева пород Тимано-Североуральского бассейна, а также процессы окисления материала в естественных обнажениях.

Для образцов, имеющих практически один уровень катагенетического прогрева пород, одной из причин отличия в содержании аминокислот в раковинах брахиопод могут являться первичные условия их захоронения. Так, плохая сохранность аминокислотного состава в раковинах *Leptaena* sp. (рис. 4, *7*) из маршрутнинского горизонта лландовери и *Collarothyris canaliculata* из верхов пржидола гряды Чернышева, представленных в виде отдельных не сортированных створок в породе, вероятно, связана с тем, что погребение этих раковин проходило в тиховодных участках дна с глинистыми грунтами и слабым течением, в результате чего их органическое вещество было изменено или даже разрушено еще на начальных этапах захоронения. В захоронениях сообществ брахиопод войвывского горизонта венлока *Spirinella nordensis* (рис. 4, *4, 4а*) и *Protatrypa inflata* (рис. 4, *6*) на гряде Чернышева присутствуют скопления целых сочлененных раковин разных размеров и различных возрастных стадий – от ювенильных до зрелых, с хорошо сохранившимися скульптурой, элементами внутреннего строения, а также тонкими иглами на поверхности раковины *S. nordensis* (рис. 4, *4а*). Все перечисленные признаки характерны для прижизненных захоронений брахиопод или погребений вблизи места обитания, например, во время штормов. В подобных условиях белковая составляющая раковин могла остаться практически неизмененной на начальных этапах диганетических преобразований, что и отразилось на столь высоком содержании в них аминокислот, несмотря на дальнейшие вторичные изменения. Следует отметить, что захоронения *Virgiana barrandei* из яренейского горизонта лландовери гряды Чернышева и *Virgianella vaigatchensis* (рис. 4, *1*) из рифогенных отложений филиппьельского горизонта лландовери содержат раковины разных возрастных стадий – от мелких (до 1 см) до более крупных (4 см), значительная часть которых сохранилась в прижизненном положении, макушкой вниз на брюшной створке. Однако эти образцы имеют более высокие температуры катагенетического прогрева, с чем, возможно, и связано более низкое содержание в них аминокислот. Установленное повышенное содержание аминокислот в раковинах *Pentamerus* sp. (рис. 4, *5*) *u Zigospiraella duboisi* (рис. 4, *9*) из лландоверийских отложений Приполярного Урала также хорошо согласуется с прижизненными условиями их захоронения.

Среди изученных образцов Тимано-Североуральского бассейна наиболее низкие температуры прогрева характерны для отложений Северного Тимана и Варандей-Адзьвинской зоны (скв. 76-Лабаганская), что сразу же отражается на повышенном содержании аминокислот в раковинах *Pseudocamarotechia* (?) sp. (рис. 4, *12*), *Collarothyris canaliculata* (рис. 4, *14*) и *Lenatoechia kuliki* (рис. 4, *11*).

Кроме того, для образцов, отобранных из скважин, в сравнении с образцами из естественных обнажений в одних и тех же возрастных интервалах характерны более высокие содержания аминокислот. Это, скорее всего, отражает лучшую сохранность скважинного материала и свидетельствует о влиянии окислительных факторов в условиях естественных обнажений, способствующих дальнейшему разрушению органического вещества ископаемых организмов. Анализируя характер захоронений брахиопод в изученных разрезах верхнего ордовика, силура и нижнего девона следует отметить значительное влияние на их развитие и территориальное распространение условий осадконакопления, связанных с возможностью миграции или изолированностью бассейна, опреснением или соленостью его вод, течениями, штормами, увеличением поступления терригенного материала, изменениями

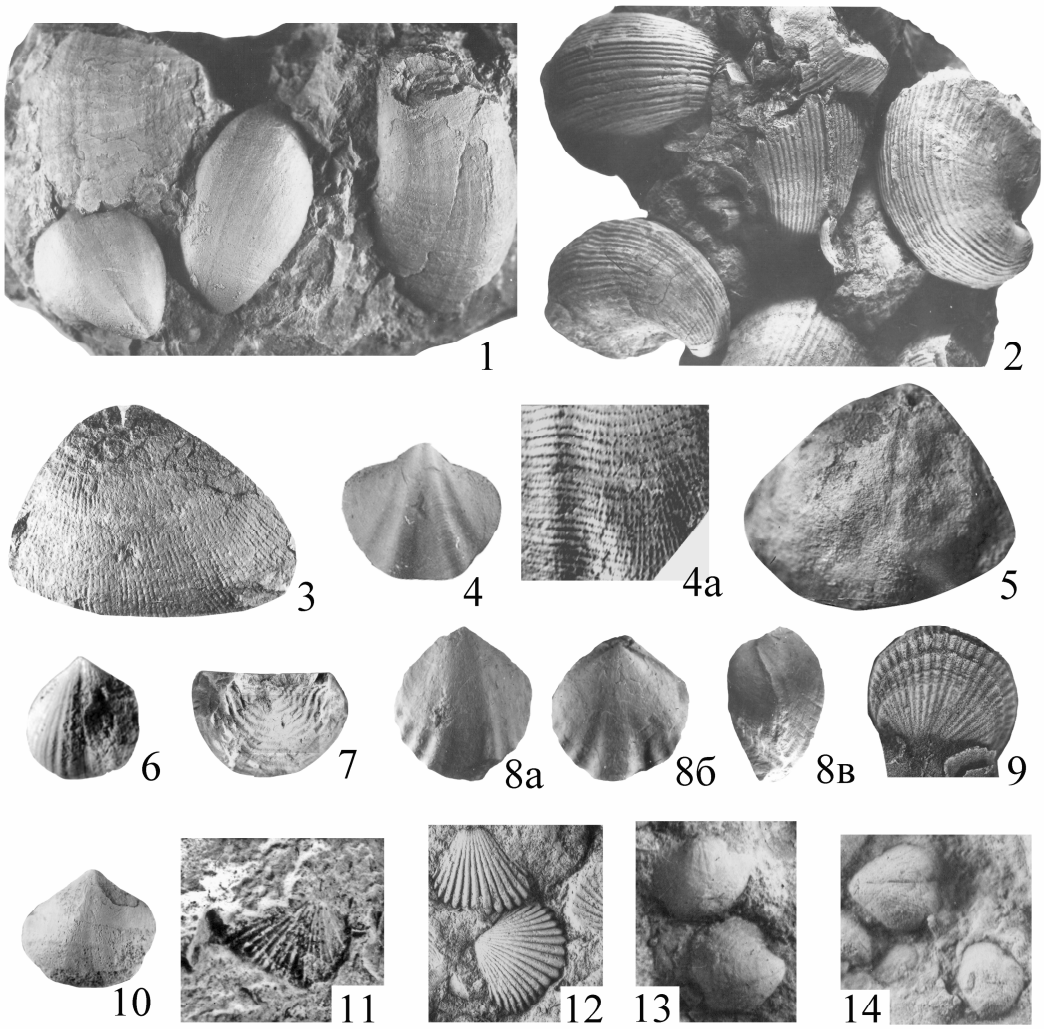


Рис. 4. Брахиоподы силура и нижнего девона. 1 – *Virgianella vaigatshensis* Nikiforova, x1, Северный Урал, р. Унья, обн.37, обр. 2822; 2 – *Pseudoconchidium kozhimicum* Nikiforova, x1, Приполярный Урал, р. Кожым, обн.196, обр.498; 3 – *Conchidium novosemelicum* Nalivkin , x1, Северный Урал, р. Илыч, обн. 23Т, обр. 251; 4 – *Spirinella nordensis* (Lashenko), x1,5, р.Шаръю, обн.64; 4а – фрагмент створки раковины с сохранившимися иглами; 5 – *Pentamerus* sp. Приполярный Урал, р. Кожым, обн. 108, обр. 25; 6 – *Protatrypa inflata* T.Beznosova, x0,5. Гряда Чернышева, р. Шаръю, обн. 64, обр. 116; 7 – *Leptaena* sp., x1. Гряда Чернышева, р. Шаръю, обн. 64, обр. 3; 8 – *Becscia menneri* (T.Beznosova), x2. Гряда Чернышева, р. Уса, обн. 246, обр. 146; 9 – *Zygospiraella duboisi* (Verneuil), x0,5. Приполярный Урал, р. Кожым, обн. 196, обр. 153; 10 – *Didymothyris didyma* (Dalman), x1. Приполярный Урал, р. Кожым, обн. 214, обр. 35; 11 – *Lenatoechia kuliki* Nikiforova, x1,5, скв. 76-Лабаганская, гл. 4117-4123 м; 12 – *Pseudocamarotechia* (?) sp., x2, Северный Тиман, руч.Третий, обн. 1, обр. 3; 13 – *Protathiris praecursos* (Kozlovsky), x1,2, скв. 76-Лабаганская, гл. 4117-4123; 14 – *Collarothyris canaliculata* (Wenjukov), x1,2, скв. 76-Лабаганская, гл. 4483 м.

рельефа дна. По мере масштабности проявления абиотических факторов выделены основные типы захоронений брахиопод [3].

Аминокислоты – индикаторы событийных факторов

Результаты изучения раковин брахиопод показали изменение содержания в них аминокислот на рубеже ордовика и силура (рис. 5): увеличение концентрации аминокислот от 25–40 мкг/г в ордовике до 50–80 мкг/г в раннем лландовери (яренейское и ранне лолашорское время), уменьшение до 40 мкг/г в конце лландовери (маршрутнинское время) и резкий подъем до 70–190 мкг/г в венлоке (войвывское время), снижение в раннем лудлове до 15–40 мкг/г (падимейтывисское время), увеличение до 70–90 мкг/г в сизимское время, значительное снижение в раннем пржидоле до 20 мкг/г (белушьинское время) и небольшое повышение в карповское и овинпармское время 50 мкг/г.

В истории осадконакопления Тимано-Североуральского морского бассейна в позднем ордовике, силуре и раннем девоне выявляется шесть фаз относительного повышения уровня моря, наи-

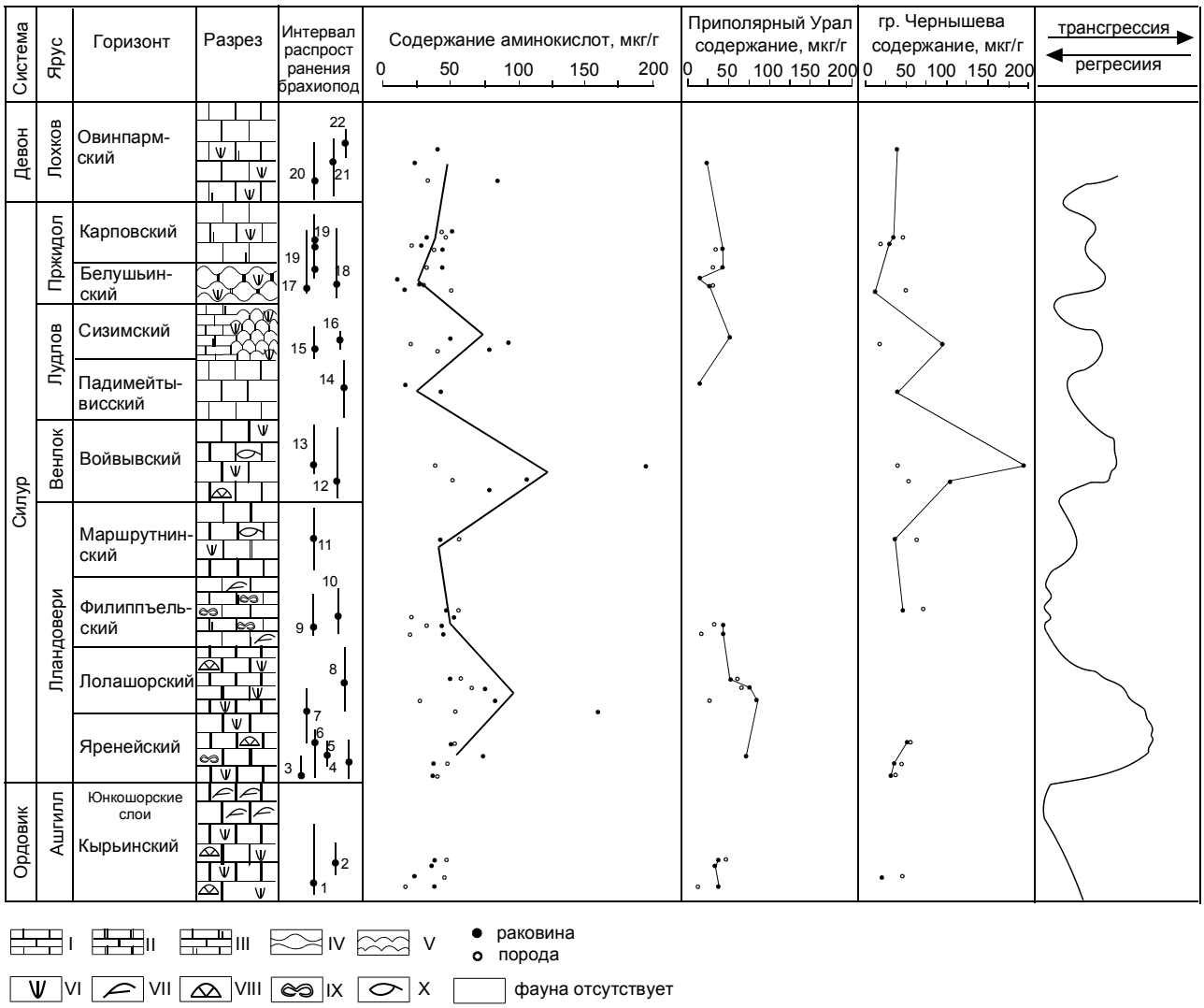


Рис. 5. Изменение содержаний аминокислот в ископаемых брахиоподах и карбонатных породах Тимано-Североуральского бассейна. I – известняк, II – доломит, III – известняк доломитовый, IV – известняк биогенный, V – рифовые постройки, VI – брахиоподы, VII – водоросли, VIII – табуляты, IX – строматолиты, X – остракоды; брахиоподы: 1 – *Proconchidium muensteri,* 2 - *Holorhynchus giganteus*, 3 – *Becscia mennery*, 4 – *Virgiana adakia*, 5 – *Zigospiraella duboisi*, 6 – *Virgiana barrandei*, 7 – *Pseudocamarotechia (?) sp*, 8 – *Pentamerus (?) sp.*, 9 – *Pseudoconchidium kozhimicum*, 10 – *Virgianella vaigatschensis*, 11 –*Leptaena sp.*, 12 – *Spirinella nordensis*, 13 – *Protatrypa inflata*, 14 – *Greenfieldia uberis*, 15 –*Conchidium novosemelicum*, 16 – *Didymothyris didyma*, 17 – *Atrypoidea scheii*, 18 – *Grebenella parvula*, 19 – *Collarothyris canaliculata*, 20 – *Lenatoechia kuliki*, 21 – *Protathyris praecursor*, 22 – *Howellella augustiplicata*.

более крупное из них – в первой половине лландовери. На графике изменения содержания аминокислот в раковинах отмечаются три максимума, которые соответствуют трем фазам повышения относительного уровня моря в мелководно шельфовом Тимано-Североуральском морском бассейне в силуре – раннем лландовери, венлоке и лудлове (рис. 5). Первый максимум совпадает с самой значительной трансгрессией в начале лландовери. Средняя часть яренейского и нижняя часть лолашорского горизонтов отвечают максимальному повышению уровня моря с накоплением мощной толщи нормально морских отложений – темноцветных массивных известняков с прослоями глинистых иловых известняков, заключающих сообщества брахиопод, обитавших в зоне нижней сублиторали и характеризующихся значительной экологической специализацией. Массивные известняки заключают ракушняковые прослои и банки с пентамеридами *Virgiana, Pentamerus* и *Borealis,* обладающими крупными, толстостенными гладкими и ребристыми раковинами с массивной макушкой и обитавшими на твердых скалистых грунтах. К прослоям иловых известняков приурочены скопления мелких тонкостенных ребристых, уплощенных раковин *Zygospiraella,* адаптированных к условиям широкого развития иловых осадков. В отложениях рассматриваемого временного интервала выделяются два основных типа захоронений брахиопод: скопления целых сочлененных раковин разных размеров и различных возрастных стадий, характерные для прижизненных захоронений (рис. 4, *1, 2*) или целых

раковин вблизи места захоронения (рис. 4, *8а–8в*, *12–14*) и захоронения в виде скоплений лома раковин и их крупных фрагментов прослеживаемые на значительной территории, что связано с условиями резкой трансгрессии. На таких скоплениях лома раковин нередко наблюдается нарастание пластовых колоний строматопороидей. Очевидно, это происходило в период стабилизации условий осадконакопления и ракушняки служили субстратом для других бентосных сообществ. Постепенное падение уровня моря к концу лолашорского времени обусловившее обмеление всех фациальных зон, продолжалось и в филиппьельское время, с которым связано начало рифообразования в силуре, формирование зарифовых лагун с преимущественно иловым осадконакоплением и широким развитием цианобактериальных сообществ. В наиболее мелководных областях западной части Тимано-Североуральского палеобассейна прекратилось карбонатное осадконакопление, прибрежная зона сместилась к восточной части бассейна. В филиппьельское время существование брахиопод пентамерид *(Virgianella, Pseudoconchidium)* было связано лишь с рифовыми биогермными постройками на территории современного Предуральского краевого прогиба и западного склона Урала. Трансгрессия в начале маршрутнинского времени была менее значительна, чем в начале лландовери. За непродолжительной стабилизацией экосистемы в среднемаршрутнинское время последовало обмеление бассейна с формированием литоральных фаций и широким развитием цианобактериальных сообществ, что привело к исчезновению в конце лландовери бентосной фауны, в том числе брахиопод *Leptaena, Atrypa u Fardenia.* Захоронения брахиопод в отложениях маршрутнинского горизонта представляют собой скопления отдельных, преимущественно брюшных створок раковин в породе без следов ориентировки. Такой тип захоронения образуется в тиховодных участках бассейна со слабым течением, которое выносит более легкие спинные створки. Биотический кризис на рубеже лландовери и венлока был результатом регрессии, достигшей максимума в конце лландовери.

Наиболее отчетливо выраженный максимум содержания аминокислот, достигающий более 100 мкг/г, зафиксирован в образцах, отобранных непосредственно выше уровня границы лландовери–венлок. Открытоморские условия начала венлока способствовали существенному обновлению родового и видового состава брахиопод. Морфологические особенности раковин венлокских брахиопод Spirinella свидетельствуют о возможности их адаптации к различным условиям обитания в зоне нижней сублиторали.

Третий максимум повышенных концентраций аминокислот приходится на поздний лудлов (сизимский горизонт). Начало лудловского века характеризуется накоплением преимущественно карбонатно-терригенных отложений в крайне мелководных условиях и крайне бедным родовым и видовым составом брахиопод*(Greenfieldia)* и другого бентоса. На этом фоне значительным биоразнообразием выделяются рифовые и биогермные постройки, формировавшиеся в восточной части бассейна в сизимское время. Захоронения брахиопод, обитавших вблизи рифовых построек (пентамеровое сообщество *Conchidium),* толстостенные грубо скульптурированные раковины которых обнаруживают большое морфологическое сходство с лландоверийскими пентамеридами, представлены преимущественно отдельными створками (рис. 4, *3*) и их крупными фрагментами. Отложения зарифовых фаций нередко заключают захоронения целых сочлененных раковин брахиопод *Didymothyris* (рис. 4, *10*).

Полученные результаты не противоречат палеонтологическим данным, свидетельствующим о крупных изменениях Тимано-Североуральской морской биоты, в том числе и сообществ брахиопод, приуроченных к рубежам ордовик–силур, лландовери–венлок, силур–девон. Эти изменения, сопровождающиеся преобразованием таксономического состава разных групп организмов, их численности, вымиранием отдельных таксонов, имеют как региональные, так и глобальные проявления. Так существенные изменения западноуральской биоты, сокращение ее разнообразия, зафиксированные в разрезе пограничных толщ ордовика и силура, совпадают с крупнейшей биосферной перестройкой на этом рубеже (событие хирнантия) [3]. Перестройка тимано-североуральской биоты на рубеже лландовери и венлока сопоставляется с масштабным океанографическим событием Иревикен [1]. Переход от силура к девону хорошо диагностируется в разрезах по вымиранию силурийских таксонов и появлением новой фауны в девоне. Проявление этих биотических событий в регионе распознается и по данным изотопного анализа [1].

Заключение

Результаты исследований аминокислот раннепалеозойских брахиопод свидетельствуют о том, что возраст ископаемых раковин не является решающим для сохранности и преобразования органического вещества. Состав и содержание аминокислот в древних раковинах брахиопод зависят от ряда факторов. В первую очередь – это первичные условия осадконакопления, которые связаны с возможностью миграции или изолированностью бассейна, опреснением или соленостью его вод, течениями, штормами, увеличением поступления терригенного материала, изменениями рельефа дна. Несомненно, что большое влияние на состав органического вещества оказали процессы катагенетического прогрева пород Тимано-Североуральского бассейна. Кроме того, вторичное перераспределение материала вмещающих пород, а также окислительные условия в районах естественных обнажений также способствовали дальнейшему разрушению и изменению органического вещества ископаемых организмов.

Увеличение содержания аминокислот в раковинах раннепалеозойских брахиопод приурочено к трем интервалам силурийского разреза, формирование которых совпадает с тремя эвстатическими трансгрессиями. Анализ полученных данных пока-

зал, что изменения происходили на фоне разномасштабных экосистемных перестроек, границы которых приурочены к границам ярусов и зон. Дальнейшие исследования позволят выявить возможность применения аминокислотного анализа как дополнительного критерия при распознавании важных событийных уровней в раннем палеозое.

Авторы выражают признательность академику Н.П.Юшкину за помощь в работе, к.г.-м.н. Л.А.Анищенко за предоставленные данные по катагенезу осадочных толщ Тимано-Североуральского бассейна, Б.А. Макееву за проведение аналитических измерений, В.П. Волковой за фотографии брахиопод.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 28 проекты № 12-П-5-1011, 12-П-5-1015 и гранта Президента РФ НШ-1310.2012.5.

Литература

1. *Безносова Т.М., Мянник П.Э.* Граница лландовери и венлока на севере палеоконтинента Балтия // ДАН. 2005. Т. 401. № 5. С. 1–4.
2. *Чехович П.А., Живкович А.Е., Медведовская Н.И., Степанова Н.А.* Изотопные реперы в палеозойских разрезах Урала // ДАН СССР. 1990. Т. 313. № 2. С. 423–426.
3. *Безносова Т.М.* Сообщества брахиопод и биостратиграфия верхнего ордовика, силура и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 217 с.
4. *Endo K., Walton D., Reyment R.A., Curry G.B.* Fossil intra-crystalline biomolecules of brachiopod shells: diagenesis and preserved geo-biological information // Organic Geochemistry. 1995. Vol. 23, No. 7. P. 661–673.
5. *Walton D., Cusak M., Curry G.B.* Implication of the amino acid composition of recent New Zeland brachiopods // Palaeontology. 1993.Vol. 36, No. 4. P. 883–896.
6. *Cusack M., Williams A.* Evolutionary and diagenetic changes in the chemico-structure of the shell of cranioid brachiopods // Palaeontology. 2001.Vol. 44. No. 5. P. 875–903.
7. *Jope M.* The protein of brachiopod shell–I. Amino acid composition and implied protein taxonomy // Comparative Biochemistry and Physiology. 1967. Vol. 20. P. 593–594.
8. Jope M. The protein of brachiopod shell–II. Shell protein from fossil articulates: Amino acid composition // Comparative Biochemistry and Physiology. 1967. Vol. 20. P. 601–605.
9. *Дроздова Т.В.* Геохимия аминокислот. М.: Наука, 1977. 200 с.
10. *Шанина С.Н., Бушнев Д.А.* Определение энантиомеров аминокислот в природных органических соединениях // II Российское совещание по органической минералогии: материалы докладов. Петрозаводск: ИГ КарНЦ, 2005. С. 166–167.
11. *Кулик Н.А.* Источники «Пымва-шор» // Изв. Арханг. общ. научн. русск. Севера. 1909. № 12.
12. *Чернов А.А.* Сероводородные источники некоторых новых районов Печорского края, имеющие признаки нефтеносности и газоносности // Природные газы, 1932. Вып. 3.
13. *Митюшева Т.П., Патова Е.Н., Стенина А.С. и др.* Биоминералообразование на сероводородных источниках гряды Чернышева // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия: Материалы IV Международного минералогического семинара. Сыктывкар: Ин-т геологии, 2007. С. 119-120.

Статья поступила в редакцию 22.03.2012.

УДК 56:551.312.3:551.791(282.247.133)

РАСЧЛЕНЕНИЕ СТАРИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОБНАЖЕНИИ СЕДКЫРКЕЩ (СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ р. ВЫЧЕГДЫ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА

М.Н. БУРАВСКАЯ, Ю.В. ГОЛУБЕВА, Т.И. МАРЧЕНКО-ВАГАПОВА

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

Комплексом литологических и палеонтологических методов изучены старичные отложения в обнажении Седкыркещ. Установлена фациальная принадлежность осадков и реконструированы природно-климатические условия их седиментации.

Ключевые слова: **голоцен, аллювий, фации, литология, палинология, диатомеи, палеогеография**

M.N. BURAVSKAYA, YU.V. GOLUBEVA, T.I. MARCHENKO-VAGAPOVA.

SEPARATION OF HOLOCENE SEDIMENTS AT THE SEDKYRKESHCH SECTION (THE MIDDLE VYCHEGDA RIVER) BASED ON INTEGRATED ANALYSIS

Oxbow-lake sediments at the Sedkyrkeshch section were studied by a complex of lithological and paleontological methods. Their facies were estimated and conditions of sedimentation reconstructed.

Key words: **Holocene, alluvium, facies, lithology, palynology, diatoms, paleogeography**

Река Вычегда протекает в хорошо разработанной долине, сильно меандрирует, оставляя вдоль берегов большое количество староречий различных форм и размеров, в последующем заполняющихся осадками старичной фации аллювия. Информация, заложенная в отложениях погребенных стариц, весьма многогранна. Литологические особенности осадков определяют их фациальную принадлежность и выявляют основные этапы развития старицы. Результаты спорово-пыльцевого анализа позволяют воссоздать растительный покров и условия местообитания росших в долине растений, а также динамику климата в прошлом. Диатомовые водоросли тонко отражают особенности местообитания: тип водоема, его глубину, соленость и температурные условия. По данным радиоуглеродного датирования образцов органического материала, можно с точностью соотнести восстановленные этапы развития природной среды с определенными хронологическими периодами голоцена. Комплексное исследование старичных отложений наиболее корректно выявляет цепь палеогеографических событий во время их формирования.

Несмотря на то, что исследования современного аллювия долины р. Вычегды проводятся с начала 30-х гг. XX в., в настоящее время работы, раскрывающие вопросы его строения, вещественного состава, условий осадконакопления, а также истории речной долины в течение голоцена остаются единичными. Из них необходимо выделить работы Л.Н. Андреичевой, Л.Т. Кыштымовой, В.Я. Маслова [1, 2], Л.М. Потапенко [3], Ю.А. Ткачева [4], Н.Е. Зарецкой [5]. При этом довольно активно велись и ведутся палинологические исследования: в разное время здесь работали Л.М. Потапенко [3], Л.Д. Никифорова [6], Л.Н. Коноваленко [7], Д.А. Дурягина [8], Н.А. Мариева [9]. Ими реконструированы условия осадконакопления в голоцене. Однако палинологическая характеристика для некоторых периодов голоцена до сих пор остается неполной, либо вовсе отсутствует. Осадки аллювия до последних лет практически не исследованы на предмет содержания в них диатомовой флоры. Имеется одна работа Н.Н. Воронихина [10], в которой приводятся результаты исследований образцов планктона и сапропеля озера Дон-ты, относящегося к бассейну р. Вычегды, где он выявил богатую диатомовую флору.

В последние годы нами изучены береговые голоценовые отложения, где обнаружена диатомовая флора атлантического и суббореального климатических периодов голоцена [8, 11]. Палеогеографические сведения интересны не только геологам, палеонтологам, но и археологам. Долина р. Вычегды, начиная с эпохи неолита, активно осваивалась древними людьми. Согласно археологическим данным [12], в рассматриваемом районе располагались эньтийские поселения, отнесенные к неолиту и раннему бронзовому веку (II тыс. до н.э.). Именно эти поселения древних охотников и рыболовов положили начало заселению территории современного Сыктывкара и его окрестностей. Цель проведенных исследований – палино- и литостра-

тиграфическое расчленение старичных отложений и реконструкция природно-климатических условий седиментации осадков.

Материалы и методы исследований

Изучение старичных осадков проведено в разрезе Седкыркещ, расположенном на правом берегу р. Вычегды в районе пос. Седкыркещ Республики Коми. На аэрофотоснимках исследованного участка выделяются перекрывающих друг друга несколько разновозрастных сегментов. В настоящее время на этом участке современное русло реки интенсивно размывает правый берег, обнажая отложения погребенной старицы древнего сегмента поймы (рис. 1). Поверхность изучаемого сегмента умеренно гривистая, а над погребенной старицей имеется широкая полоса с влажным лугом.

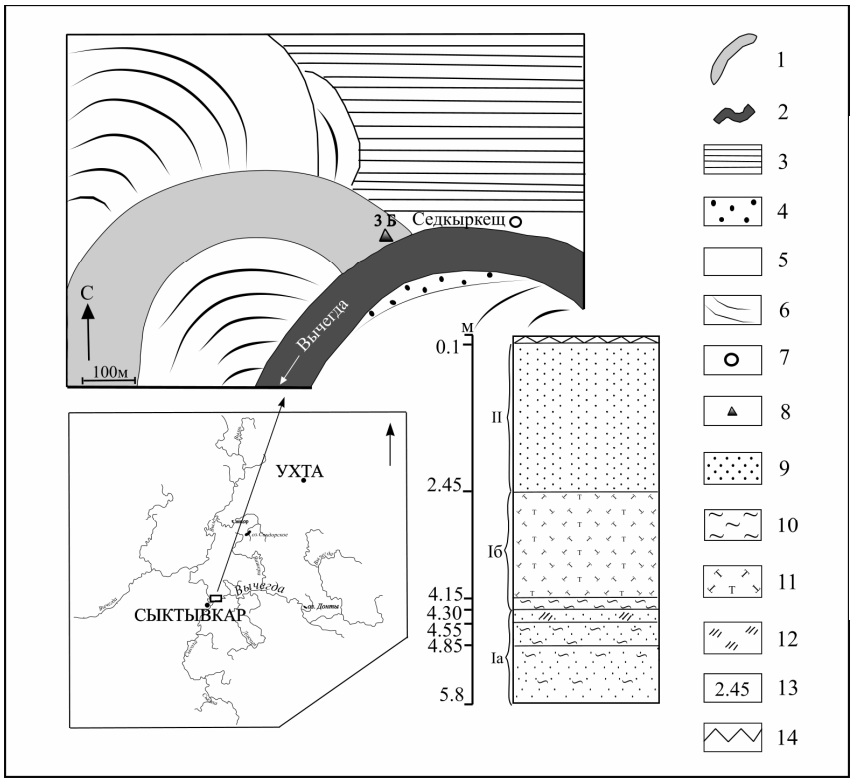


Рис. 1. Геоморфологическая схема участка исследований и пойменный разрез Седкыркещ: 1 – погребенная старица, 2 – река, 3 – коренной берег, 4 – песчаная коса, 5 – пойма, 6 – пойменные гривы, 7 – населенный пункт, 8 – разрез, 9 – песок, 10 – глина, 11 – торф, 12 – ожелезнение, 13 – глубина границ слоев, м, 14 – почвенно-растительный слой; Iа – озерно-речная субфация, Iб – озерно-болотная субфация, II – пойменная фация.

В данной работе обсуждаются результаты исследования отложений гранулометрическим, минералогическим, палинологическим и диатомовым методами.

Радиоуглеродное датирование было проведено в лаборатории Института географии РАН (зав. лаб. О.А. Чичагова).

Разрез Седкыркещ (3Б) (рис. 1) располагается в 300 м ниже по течению от пос. Седкыркещ. Расчистка высотой 6 м начинается в 0,2 м от уреза воды и имеет следующее строение (описание ведется снизу вверх, мощность в метрах):

1. 5,8–4,85. Песок мелкозернистый светло-серый с немногочисленными линзочками толщиной 0,1-0,8 см глинистого материала серого цвета. Местами наблюдается тонкая горизонтальная слоистость (слойки мощностью 0,1–0,3 см), невыдержанная по площади и обусловленная изменением гранулометрического состава от мелкозернистого песка до глины. Отложения хорошо сортированы. Коэффициент сортированности (S_c) равен 0,8, а средний диаметр частиц ($d_{ср}$) составляет 0,113 мм.

2. 4,85–4,55. Алеврит светло-серый с линзочками длиной 1-6 см и толщиной 0,1–0,3 см глинистого материала коричневого цвета в средней части слоя. В верхних 7 см отмечена пологонаклонная тонкая слоистость. Коэффициент сортированности осадков составляет 0,65, средний диаметр их частиц– 0,09 мм.

3. 4,55–4,3. Песок мелкозернистый серый с линзочками глины коричневой, мощностью 0,1-0,5 см и точечными включениями органики. Вверх по слою осадки приобретают коричневый оттенок, вероятно, за счет ожелезнения. Отложения хорошо сортированы (S_c=0,81 при $d_{ср}$ = 0,127 мм).

4. 4,3–4,15. Алевритистая глина голубого цвета с сизым оттенком с включениями растительного детрита, по которым наблюдается ожелезнение. Процентное содержание алевритовой и глинистой фракций составляет 51 и 37% соответственно. Отложения плохо сортированы (S_c=0,2 при $d_{ср}$ = 0,015 мм).

5. 4,15–2,45. Торф от темно-коричневого до черного цвета хорошо разложившийся, уплотненный. Осадки содержат много растительных остатков (корней, древесины) и вверх по разрезу становятся более рыхлыми.

6. 2,45–0,1. Песок мелкозернистый светло-коричневый, пылеватый, пронизан корнями современных растений.

7. 0,1–0. Почвенно-растительный слой.

Результаты и обсуждение

Гранулометрический и минералогический анализы. Старичный аллювий представляет собой четко оформленную линзу, залегающую на русловых песках и перекрытую пойменными песками. В строении разреза согласно классификации аллювиальных отложений, разработанной Е.В. Шанцером [13], выделены озерно-речная и озерно-болотная субфации.

Озерно-речная субфация (сл. 1–3) представлена мелкозернистым песком с линзовидными прослоями алеврита. Средний диаметр частиц отложений составляет 0,11 мм, степень сортированности высокая (S_c = 0,75). Осадки отвечают начальной стадии формирования старичного озера, когда образовавшийся водоем представлял собой боковой залив, открытый вниз по течению реки. Во время половодья по протоке устремлялось значительное количество полых вод, и старица сливалась с главным руслом. Скорости течения были невелики, но обеспечивали движение и аккумуляцию как песчаных донных наносов, так и взвешенных.

Озерно-болотная субфация (сл. 4–5) сложена алевритистой глиной серого цвета. Средний диаметр их частиц составляет 0,015 мм. Отложения довольно плохо сортированы (S_c = 0,2) и перекрыты темно-коричневым торфом. Формирование осадков связано с седиментацией в застойном озерном водоеме, когда произошло полное изолирование старицы от главного русла реки.

В настоящее время русло в результате меандрирования вплотную приблизилось к изучаемому сегменту, и органическое осадконакопление сменилось минеральным, слагающим пойменную фацию аллювия (сл. 6), представленную тонкозернистым, пылеватым светло-желтым песком. Верхняя часть пойменных осадков (сл. 7) переработана почвообразовательными процессами в почву лугового типа.

Выход тяжелой фракции из отложений озерно-речной субфации (сл. 3) составляет 0,3%. Преобладают минералы группы эпидота (32%), граната (26%), амфиболов (22%), отмечаются лейкоксен (3%), ставролит (2%), турмалин (3%), в единичных зернах присутствуют рутил, циркон, титанит, кианит.

Основными источниками сноса тяжелых минералов при формировании аллювия явились тиллы и генетически связанные с ними водно-ледниковые отложения вычегодского (московского) горизонта, являющиеся в этом районе рельефообразующими [2]. Минеральный состав вычегодской морены отличается максимальным содержанием минералов из пород Фенноскандинавии – гранатов и амфиболов [14]. Значительное количество эпидота связано с приуроченностью минерала к тонким фракциям пойменного и старичного аллювия.

Палинологическая характеристика

Палинологическим методом изучены 37 образцов из глинистого и торфяного слоев (сл. 4 и 5) и поверхностная проба. На полученной диаграмме (рис. 2) выделены четыре палинозоны, соответствующие определенным периодам голоцена. На фототаблицах 1–3 приведены микрофотографии спор и пыльцы.

Пыльцевая подзона С-1 а (инт. 4,32–4,18 м, 3 обр.). Пыльца древесных пород доминирует (до 63%). На долю трав и спор приходится до 13% и 38%, соответственно. Среди древесных преобладают береза *Betula* sect. *Fruticosa* (до 45%) и ель *Picea* (21-32%), присутствует пыльца карликовой березки *Betula nana*. Пыльца широколиственных пород вяза и дуба (в сумме 1-3%) в спектрах пыльцевой подзоны имеет очень плохую сохранность и, вероятно, является переотложенной. Пыльца трав немногочисленна и представлена Cyperaceae, Poaceae, Chenopodiaceae и мезофильным разнотравьем, преобладающим в спектрах. В составе спор отмечаются папоротники Polypodiaceae, зелёные мхи Bryales, единично – Lycopodiaceae, *Sphagnum* и др. Встречающиеся в единичном количестве споры холодолюбивого плауна *Lycopodium appressum* указывают на холодные климатические условия.

Пыльцевая подзона С-1 б (инт. 4,18–4,03 м, 3 обр.). В общем составе споро-пыльцевых спектров по-прежнему доминирует пыльца древесных растений, но её количество относительно непостоянно и варьирует от 85 до 54%. В то же время достаточно велика доля спор (до 34%). В группе пыльцы древесных пород резко уменьшается количество пыльцы *Picea* и увеличивается – *Betula* sect. *Fruticosa* (до 50%) и *Salix*. В спектрах исчезает пыльца широколиственных пород. Среди спор доминирует Polypodiaceae (до 70%). Установленное максимальное количество спор папоротника согласуется с данными О.М. Пахомовой по разрезу Чус, находящемуся в подзоне средней тайги Кировской области [15]. Зарастание лесов папоротником объясняется этим автором их разреженностью, обусловленной похолоданием в раннем суббореале, а на диаграмме фиксируется максимальное количество спор папоротника в спорово-пыльцевом комплексе, отнесенном к раннесуббореальному периоду.

Резкое сокращение в спектрах пыльцевых подзон С-1а и С-1б пыльцы ели, увеличение доли пыльцы березы, присутствие пыльцы карликовой березки и исчезновение пыльцы широколиственных пород позволяют предположить, что накопление осадков происходило в течение раннесуббореального периода. На данной территории господствовали еловые и березовые леса среднетаежного типа. Радиоуглеродная датировка с гл. 1,62-1,58м (3320±70 ^{14}С л.н.; ИГ АН-3341) предположительно «омоложена».

Пыльцевая зона С-2 (инт. 4,03–3,38 м, 12 обр.). В спектрах содержание пыльцы древесных пород увеличивается до 85% (количество пыльцы ели составляет 10 – 25, сосны 15 – 20, березы 40 – 60%).

Для палинозоны характерно наибольшее суммарное количество пыльцы широколиственных пород (*Ulmus, Quercus,Tilia, Corylus, Carpinus*) и появление пыльцы кедра сибирского (*Pinus sibirica*), пихты *(Abies)*. По мнению И. А. Жуйковой, присутствие единичных зерен граба в спектрах, отнесенных к отложениям атлантического периода в Вятско-Камском крае, «скорее всего, связано с дальним заносом его пыльцы» [16]. Вероятно, так же

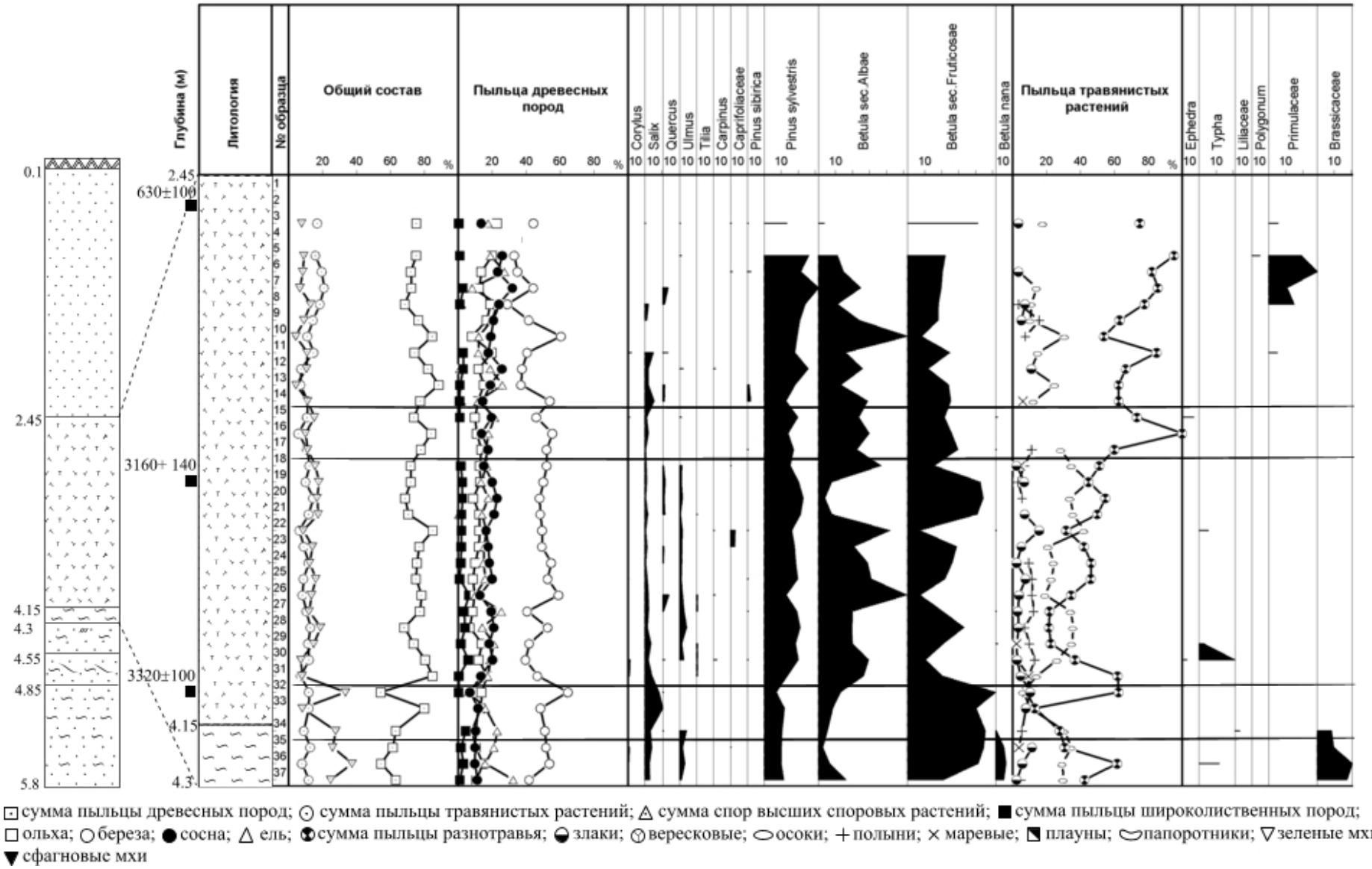
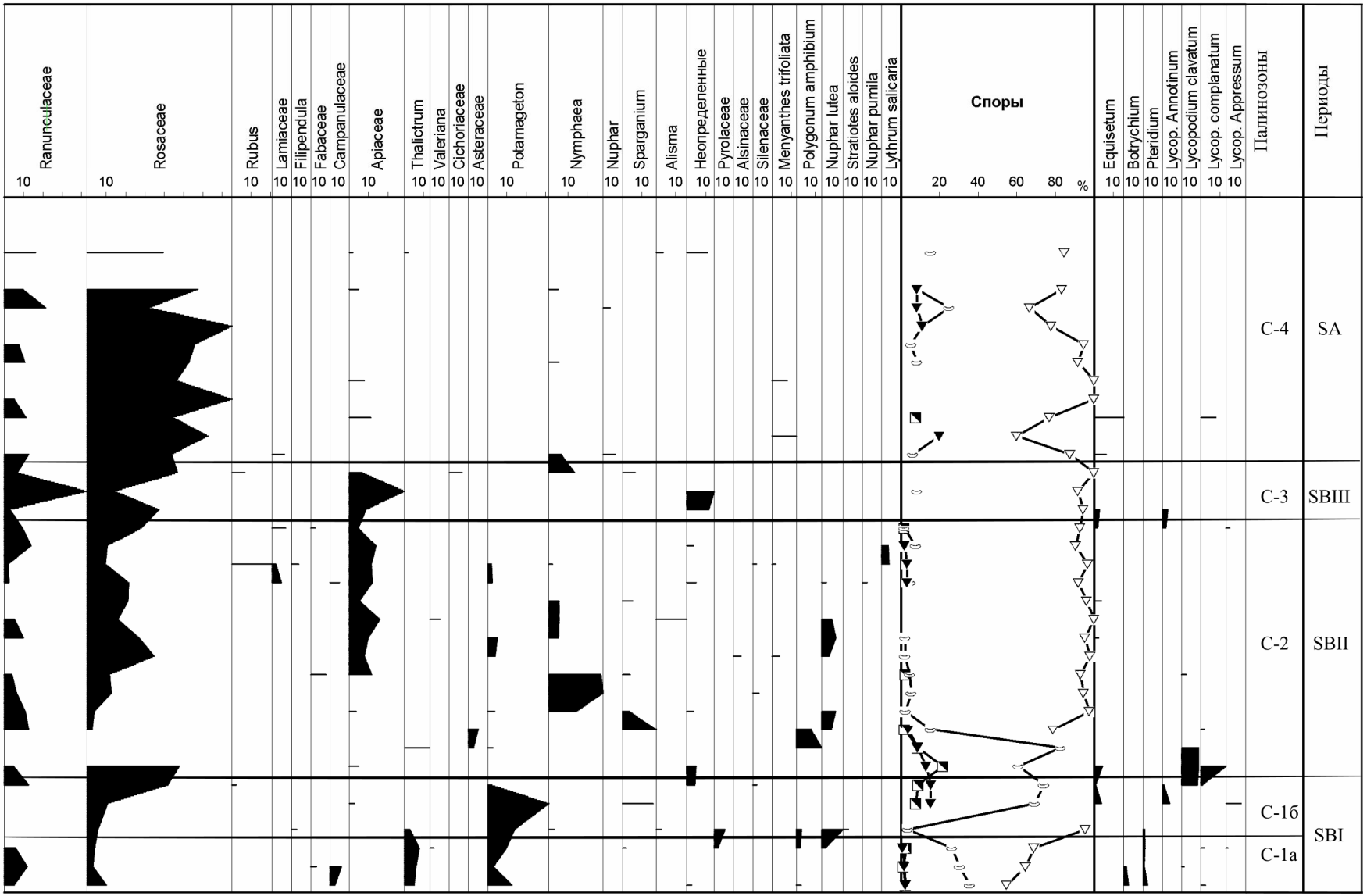
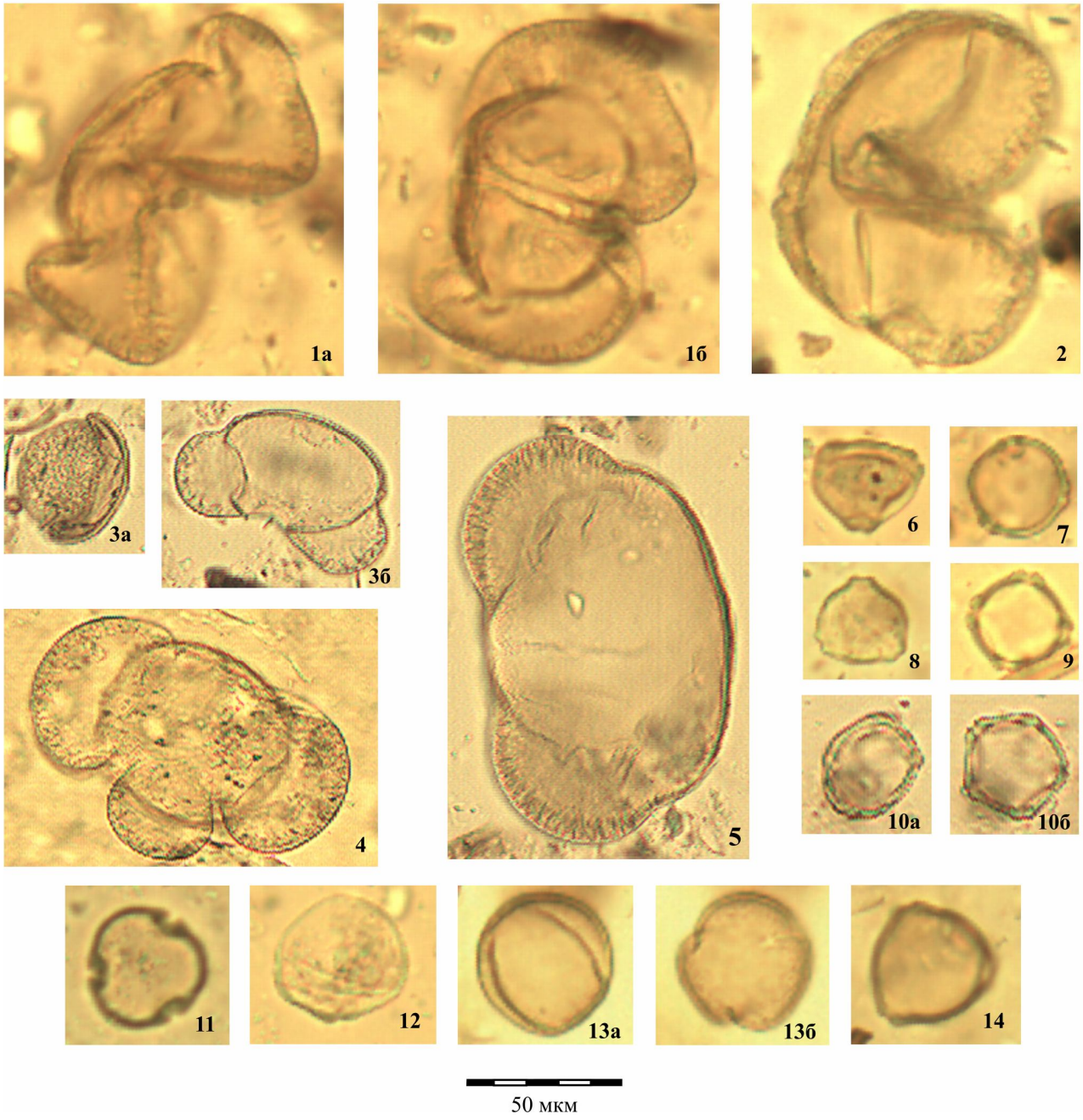


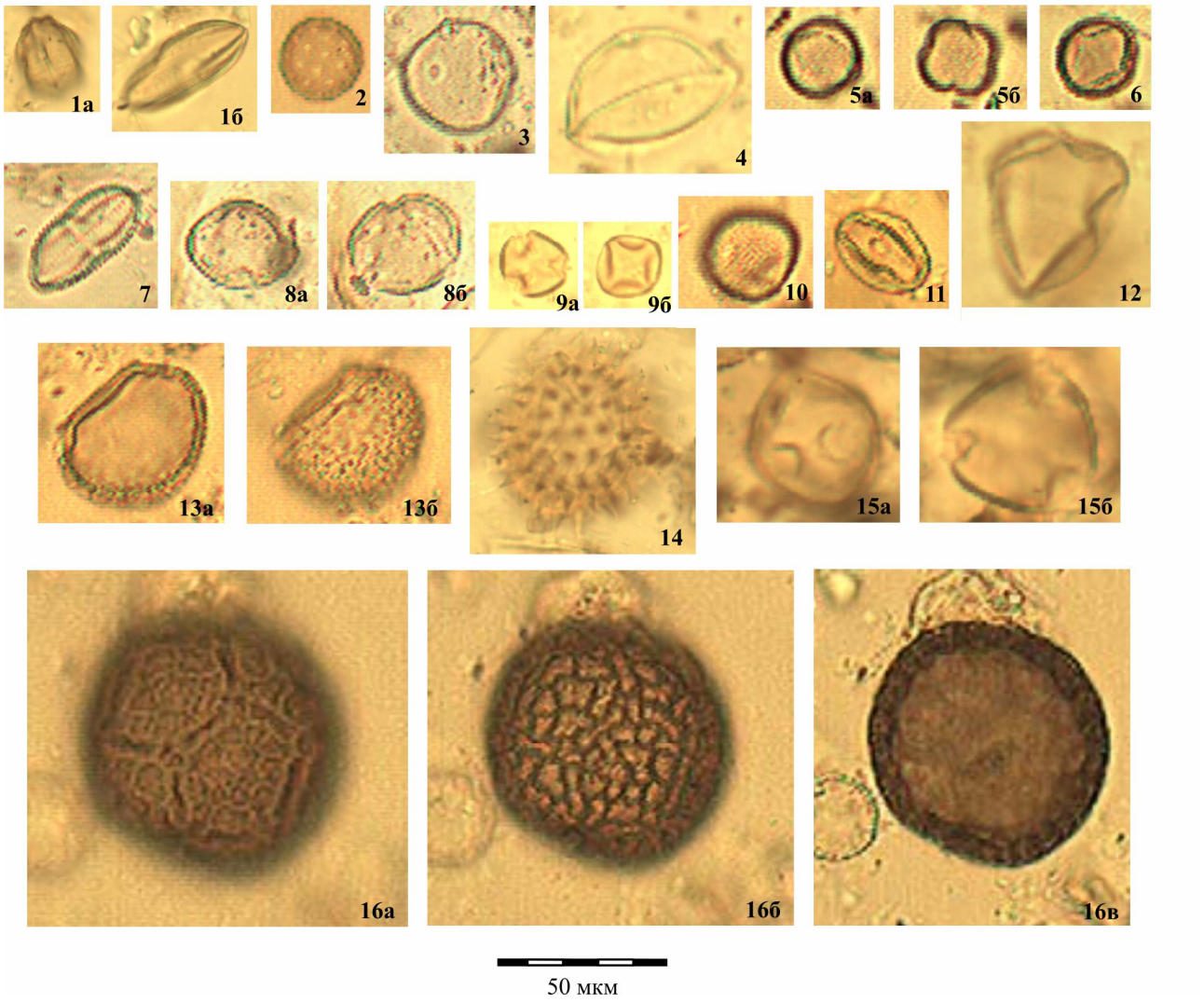
Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма по разрезу Седкыркещ. Условные обозначения по литологии см. на рис. 1.



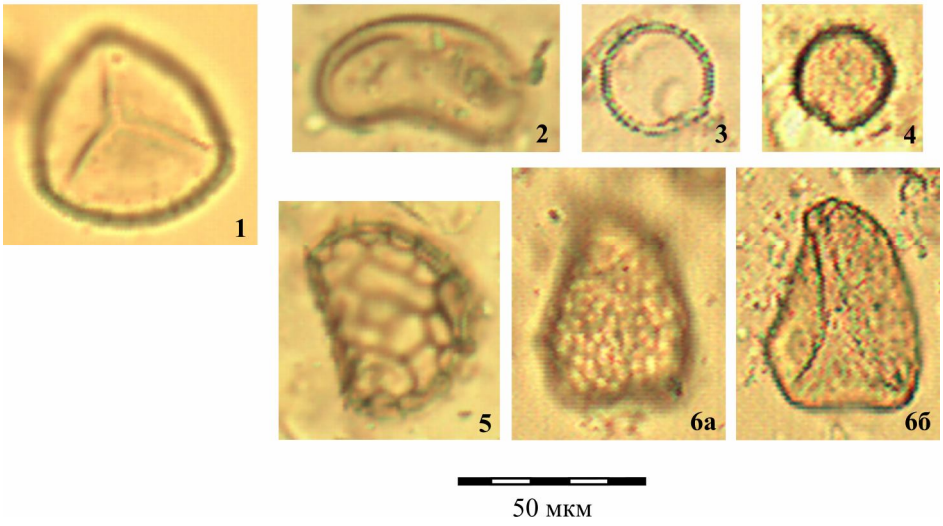
Продолжение рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма по разрезу Седкыркещ. Условные обозначения по литологии см. на рис. 1.



Фототабл.1. Микрофотографии пыльцы древесных пород из разреза Седкыркещ: 1а, б – *Pinus sibirica*; 2 – *Abies*; 3а, б, 4 – *Pinus sylvestris*; 5 – *Picea*; 6 – *Betula* sect. *Albae*; 7 – *Betula* sect. *Fruticosa*; 8 – *Betula* sect. *Nanae*; 9, 10а, б – *Alnus*; 11 – *Tilia*; 12 – *Ulmus*; 13а, б – *Quercus*; 14 – *Corylus*.



Фототабл. 2. Микрофотографии пыльцы травянистых растений: 1а, б – *Ephedra*; 2 – Chenopodiaceae; 3, 4 – Poaceae; 5а, б – Primulaceae; 6, 9а, б – Rosaceae; 7 – Apiaceae; 8а, б – Ranunculaceae; 10 – *Typha*; 11 – *Lythrum salicaria*; 12 – Cyperaceae; 13а, б – *Nymphaea*; 14 – *Nuphar*; 15а, б – *Menyanthes*; 16а, б, в – *Polygonum amphibium*.



Фототабл. 3. Микрофотографии спор: 1 – *Sphagnum*; 2 – Polypodiaceae; 3,4 – Bryales; 5 – *Lycopodium sp.*; 6а, б – *L. appressum*.

можно объяснить наличие пыльцы граба и в спектрах голоцена рассматриваемой нами территории. Значительны роль и флористическое разнообразие водных растений (*Nymphaea, Sparganium, Polygonum amphibium, Nuphar lutea* и др.).

Палинологическая характеристика и радиоуглеродная датировка на границе палинозон С-2 и С-3 (3160±140 ^{14}С л. н.; ИГ АН-3348) указывают на то, что осадконакопление в нижней части разреза (инт. 4,03–3,38 м) происходило в среднем суббореале, в условиях заболачивающегося старичного озера. В этом периоде голоцена наблюдалось значительное потепление климата, вследствие которого получили развитие южнотаежные леса. Более благоприятные климатические условия обусловили появление в древостое сибирских видов (кедра и пихты) и увеличение роли водных травянистых растений (кувшинки, ежеголовника, кубышки, горца земноводного, рдеста и др.).

Пыльцевая зона С-3 (инт. 3,38–3,13 м, 3 обр.). Похолодание, сменившее среднесуббореальное потепление, способствовало исчезновению из древостоя широколиственных пород, кедра сибирского и пихты. Среди трав преобладает разнотравье, единичны *Artemisia* и *Ephedra.* В составе спор вновь единично появляется холодолюбивый плаун *Lycopodium appressum.* Значительное сокращение доли водных растений указывает на некоторое иссушение водоема и похолодание.

Пыльцевая зона С-4 (инт. 3,13–2,43 м, 14 обр.). В спектрах палинозоны по-прежнему доминирует пыльца древесных пород. Здесь наметилась тенденция к снижению пыльцы древовидных берез от 50-60% в нижней части палинозоны до 30-40% в верхней. Несколько увеличивается количество пыльцы сосны и вновь появляется пыльца широколиственных пород, кедра сибирского и пихты. По-прежнему доминирует разнотравье, доля водных растений снижается. В верхней части торфяного слоя имеется радиоуглеродная датировка 630±100 ^{14}С л.н.; ИГ АН-3339. Спектры палинозоны отражают развитие растительности в субатлантике.

Таким образом, палинологическая характеристика отложений и радиоуглеродные датировки указывают на то, что накопление старичных отложений происходило с раннесуббореального по позднесубатлантический периоды.

Диатомовый анализ. Диатомовым анализом изучено 14 образцов, взятых из сл. 5 мощностью 1.7 м, представленного хорошо разложившимся торфом. Во всех образцах обнаружены диатомовые водоросли. Комплекс в целом включает в себя 106 видов и разновидностей, относящихся к 23 родам (фототаблицы 4–7). Класс Centrophyceae представлен видами *Aulacoseira italica, A. epidendron*, *A. ambigua*, *Cyclotella meneghiniana*, встреченными с оценками обилия от «единично» до «очень часто». Остальные относятся к классу Pennatophyceae. Господствующее положение в комплексе занимают виды родов *Navicula* (19 форм), *Eunotia* (16) и *Pinnularia* (12). Менее разнообразны *Gomphonema* (9) и *Fragilaria* (8). В целом виды немногочисленны; с оценкой обилия «в массе» встречены формы *Fragilaria construens* и *Fragilaria construens* var. *venter*, с оценкой обилия «очень часто» отмечены *Aulacoseira italica, A. ambigua, Amphora ovalis, A. libyca, Cymbella subcuspidata*, *Epithemia zebra, Eunotia praerupta* и разновидности, *E. pectinalis* var. *minor* f. *impressa*, *Fragilaria virescens, Gomphonema acuminatum, Navicula explanata, Navicula americana, Pinnularia viridis, Stauroneis phoenicenteron* и некоторые другие.

На основании изменения видового разнообразия и количества экземпляров выделены четыре комплекса диатомей. Экологическая структура*, рассчитанная по числу видов и экземпляров, приведена в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Экологическая структура комплексов диатомей обнажения Седкыркещ (по числу видов)

Число видов*	Комплексы	Местообитание			Отношение к солености			Отношение к pH			Биогеография		
		п	о	д	гб	и	гл	ац	и	ал	с	к	б
77	I	3	50	47	25	63	12	27	21	52	22	44	34
41	II	5	54	41	27	68	5	39	22	39	27	42	32
79	III	3	54	43	20	67	13	28	30	42	25	36	39
30	IV	7	56	37	27	60	13	33	17	50	30	50	20

*Примечания: «число видов» означает сумму видов и внутривидовых таксонов; п – планктонный, о – обрастатели, д – донные, гб – галофобы, и – индифференты, гл – галлофилы, ац – ацидофилы, ал – алкалифилы, с – северные, к – космополиты, б – бореальные.

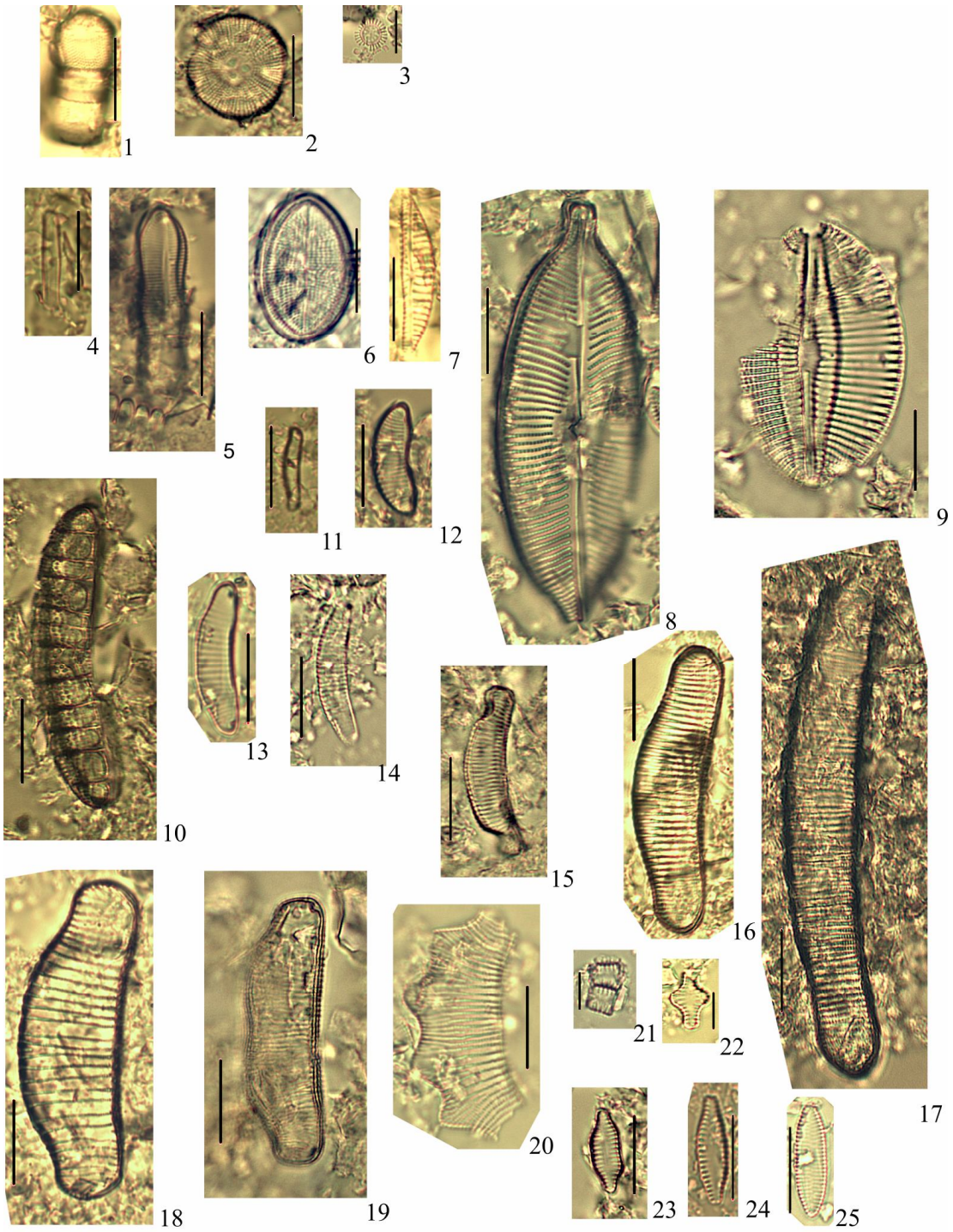
Таблица 2

Экологическая структура доминирующего комплекса диатомей обнажения Седкыркещ (по числу экземпляров)

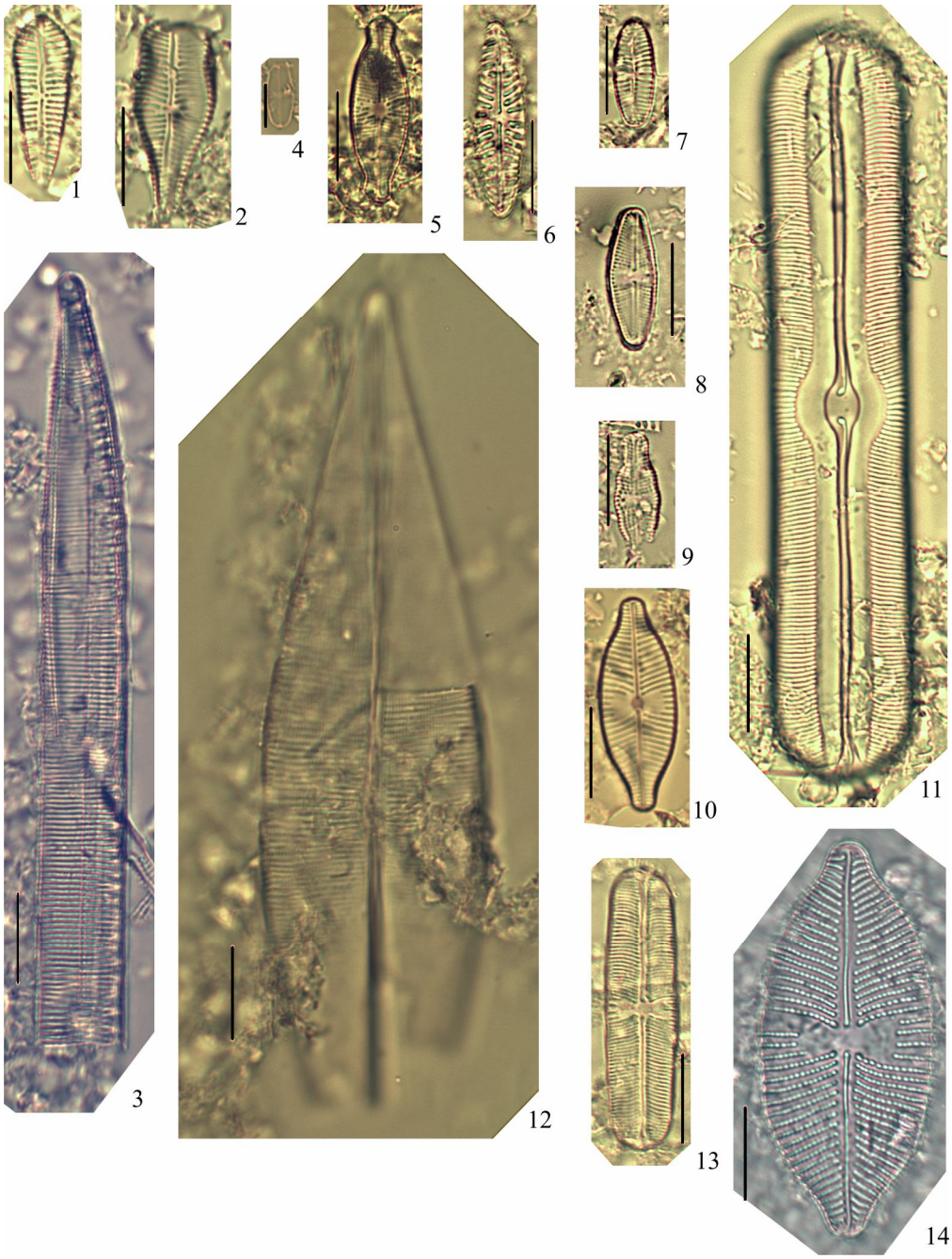
Число экземпляров доминирующего комплекса*	Комплексы	Местообитание			Отношение к солености			Отношение к pH			Биогеография		
		п	о	д	гб	и	гл	ац	и	ал	с	к	б
8382	I	41	56	3	0	97	3	0	3	97	0	100	0
1584	II	40	56	4	0	96	4	0	7	93		97	0
61812	III	5	92	3	0	97	3	0	8	92	5	95	0
4518	IV	7	92	1	0	76	24	0	2	98	1	99	0

*Примечания: «число экземпляров» означает численность доминирующих видов, превышающая 1% от общего числа экземпляров; буквенные обозначения экологических характеристик см. в табл. 1.

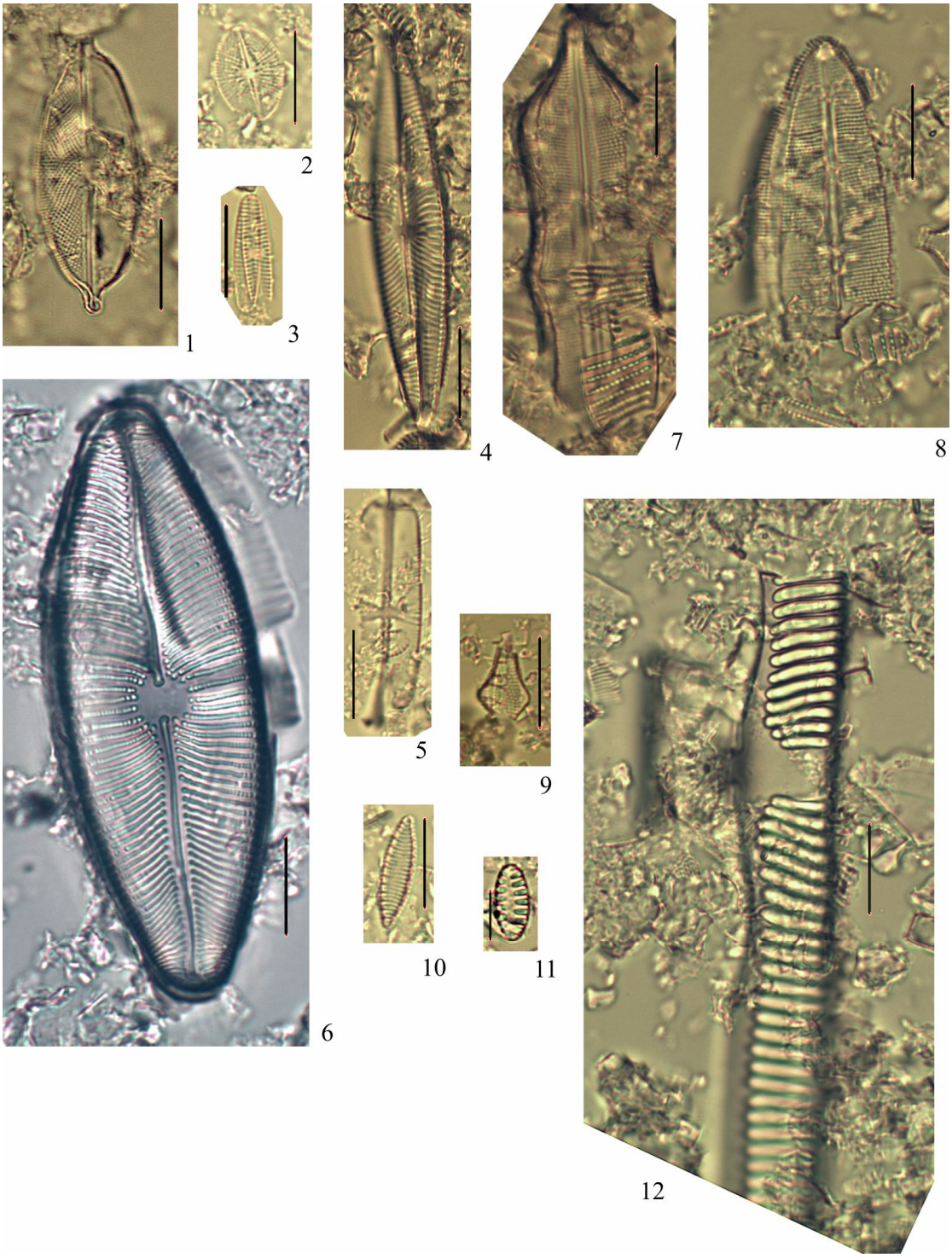
*Экологическая структура – соотношение видов, занимающих определенные экологические ниши.



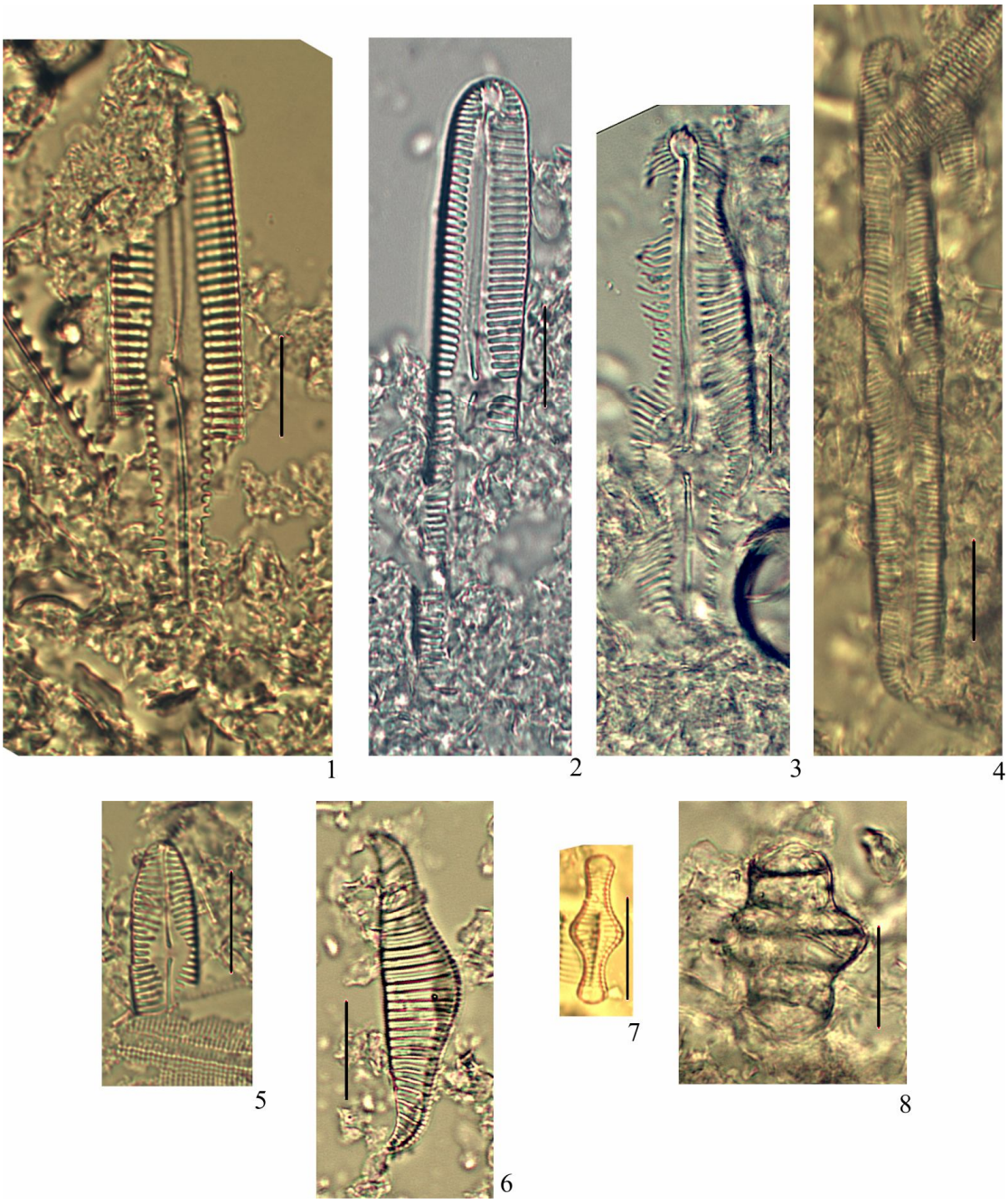
Фототабл. 4
1. Aulacoseira sp.; 2. A. epidendron (Ehr.) Crawford№ 3. Cyclotella meneghiniana Kütz.; 4. Achnanthes microcephala (Kütz) Grun.; 5. Caloneis silicula (Ehr.) Cl.; 6. Cocconeis placentula Ehr.; 7. Cymbella sp.; 8. C. subcuspidata Kütz.; 9. Diploneis finnica (Ehr.) Cl.; 10. Epithemia zebra (Ehr.) Kütz.; 11. Eunotia exigua (Bréb.) Rabenh.; 12. E. faba (Ehr.) Grun.; 13. E. pectinalis var. minor f. impressa (Ehr.) Hust.; 14. E. lunaris (Ehr.) Grun.; 15. E. septentrionalis Ostr.; 16. E. monodon Ehr.; 17. E. monodon var. major (W. Sm.) Hust.; 18. E. praerupta Ehr.; 19. E. praerupta var. bidens (W. Sm.) Grun.; 20. Eunotia robusta var. tetraodon (Ehr.) Ralfs; 21. Fragilaria construens var. venther (Ehr.) Grun.; 22. Fr. construens (Ehr.) Grun.; 23. Fr. construens var. binodis (Ehr.) Grun.; 24. Fr. brevistriata Grun.; 25. Fr. virescens Ralfs.
Примечание. Размеры диатомей под №3, 21, 22 - 5 мкм, остальные формы 10 мкм.



Фототабл. 5.
1. Gomphonema acuminatum Ehr.; 2. G. truncatum Ehr.; 3. Hantzschia elongata (Hantzsch) Grun.; 4. Navicula sp. 1; 5.Navicula sp. 2; 6. N. costulata Grun.; 7. N. ignota var. palustris (Hust.) Lund,; 8. N. mutica Kütz.; 9. N. nivalis Ehr.; 10. N. explanata Hust.; 11. N. americana Ehr.; 12. N. cuspidata Kütz.; 13. N. laevissima Kütz.; 14. N. amphibola Cl.
Примечание. Размеры диатомей под №4 – 5 мкм, остальные формы 10 мкм.



Фототабл. 6
1. Navicula placenta Ehr.; 2. N. pseudoscutiformis Hust.; 3. N. seminulum Grun.; 4. N. radiosa Kütz.; 5. N. pupula Kütz.; 6. N. semen Ehr.; 7. Neidium hitchcockii Ehr.; 8. N. iridis (Ehr.) Cl.; 9. Nitzschia sinuata var. tabellaria Grun.; 10. Ntz. amphibola Grun.; 11. Opephora martii Hérib.; 12. Pinnularia cardinalis (Ehr.) W.Sm.
Примечание. Размер диатомей под №11 – 5 мкм, остальные формы 10 мкм.



Фототабл. 7.
1. Pinnularia hemiptera (Kütz.) Cl.; 2. P. brevicostata Cl.; 3. P. legumen Ehr.; 4. Pinnularia sp.; 5. P. microstauron var. brebissonii (Kütz.) Mayer.; 6. Rhopalodia gibba var. ventricosa (Ehr.) Grun.; 7. Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.; 8. Tetracyclus lacustris Ralfs.
Размеры форм 10 мкм.

По результатам спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов формирование диатомового комплекса в обн. Седкыркещ происходило в суббореальном (I, II комплексы) и субатлантическом периодах (III, IV комплексы).

Первый комплекс (инт. 4,13–3,63 м, 5 обр.) состоит из 77 видов и разновидностей численностью от 1714 до 5721 экземпляров. Формы отмечены с разными оценками обилия, в основном невысокими. Наиболее представительны роды *Navicula* (17 видов) и *Eunotia* (15 видов). Доминируют донные виды и обрастатели. Среди планктонных форм отмечены *Aulacoseira italica, A. epidendron* и *Cyclotella meneghiniana,* и если по видовому разнообразию планктонные формы значительно уступают бентосным, то по количеству экземпляров их численность достигает почти 41%. По отношению к солености доминируют индифференты, также достаточно большую группу составляют галофобы, галофилов несколько меньше. Алкалифилы преобладают, на долю ацидофилов приходится 27%. Довольно большую группу образуют бореальные представители (около 34%), северных меньше. Комплекс отражает условия неглубокого проточного водоема.

Второй комплекс (инт. 3,63–3,23 м, 4 обр.) характеризуется понижением как видового разнообразия (до 41), так и численности видов (от 46 до 1750 экземпляров). Виды в основном отмечены с невысокими оценками обилия. С оценкой «очень часто» встречены только *Aulacoseira italica, Eunotia praerupta, Fragilaria construens* и *Fragilaria construens* var. *venter.* По-прежнему доминируют донные виды и обрастатели. Количество экземпляров планктонных форм составляет около 40%. Снизилось участие галлофилов, алкалифилы и ацидофилы имеют равные доли. По биогеографии соотношение групп примерно сохраняется таким же, как и в первом комплексе, участие северных форм немного возросло. Комплекс отражает условия неглубокого слабопроточного водоема, в котором условия обитания стали менее благоприятны для развития диатомей. Господство видов родов *Navicula, Eunotia* и *Fragilaria* свидетельствует о начале процесса обмеления водоема, уменьшении его проточности и заболачивании.

В третьем комплексе (инт. 3,23–2,93 м, 3 обр.) происходит резкое увеличение как видового разнообразия (до 79), так и количества экземпляров (36157). Так, в комплексе с оценкой «в массе» отмечены *Fragilaria construens* и *Fragilaria construens* var. *venter* и 18 видов с оценкой «очень часто». Абсолютно доминируют бентосные формы. Количество галофилов возрастает до 13%. По отношению к pH доминируют алкалифилы, доля ацидофилов сокращается (28%). Бореальные формы преобладают, а участие северных видов снижается (25%). Комплекс характеризует условия стоячего водоема при незначительном потеплении климата.

В четвертом комплексе (инт. 2,93–2,73 м, 2 обр.) значительно уменьшаются видовое разнообразие (до 30) и численность диатомовых водорослей (до 154 экз.). Экологическая структура в основном сходна с таковой как в третьем комплексе, только вновь увеличивается количество ацидофилов и возрастает доля северных видов при уменьшении доли бореальных форм. Комплекс отражает условия старичного водоема-болота при похолодании климата.

Заключение

Результаты комплексного изучения отложений разреза Седкыркещ показали, что в строении аллювиальной толщи наблюдается четкая последовательность осадконакопления старичного аллювия. Выделены озерно-речная и озерно-болотная субфации, соответствующие основным этапам зарастания озера. Начало формирования органических отложений свидетельствует о времени отмирания палеорусла и образовании старичного озера. Спрямление русла произошло в раннесуббореальном периоде голоцена, и органическое осадконакопление продолжалось более 2 тыс. лет до современного субатлантического периода. За это время имели место неоднократные смены климатических условий и состава растительного покрова. Наиболее благоприятные климатические условия сложились в среднесуббореальном периоде (4200-3200 ^{14}C л.н.), когда в бассейне р. Вычегды получили развитие южнотаежные леса. О произрастании в бассейне Вычегды, на месте современной подзоны средней тайги, южнотаежных лесов свидетельствуют и ранее полученные палинологические данные Л.Д. Никифоровой [6]. Постепенное зарастание и обмеление старичного озера, а также изменение климата отразилось на видовом разнообразии и количестве диатомовых водорослей в комплексах. В ходе развития современной излучины в настоящее время река приблизилась к разрезу, и органогенное осадконакопление сменилось минеральным, которое привело к погребению старицы пойменной фацией аллювия.

Литература

1. *Андреичева Л.Н., Маслов В.Я., Кыштымова Л.Т.* Фации аллювия р. Вычегды // Тезисы шестой Коми республиканской молодежной научной конференции. Сыктывкар, 1974. С. 194–195.
2. *Андреичева Л.Н.* Плейстоцен Европейского Северо-Востока. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 321 с.
3. *Потапенко Л.М.* Четвертичные отложения и развитие рельефа бассейнов рек Вычегды и средней Мезени: Автореф. дис. канд. геогр. наук. М., 1975. 24 с.
4. *Ткачев Ю.А.* Новый тип руслового процесса в речных долинах // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2003. №12. С. 9–12.
5. *Зарецкая Н.Е., Чернов А.В., Карманов В.Н. и др.* Опыт реконструкции истории долины средней Вычегды в позднеледниковье и голоцене по результатам комплексных исследований // Материалы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Новосибирск, 2009. С. 223–226.
6. *Никифорова Л. Д.* Изменение природной среды в голоцене на Северо-Востоке европейской

части СССР: Автореф. дис. канд. геогр. наук. М., 1980. 25 с.
7. *Волокитин А. В., Коноваленко Л. А.* Новый мезолитический памятник Парч-3 на Вычегде // Памятники эпохи камня и металла северного Приуралья. Сыктывкар, 1988. С. 19–31.
8. *Марченко Т.И., Дурягина Д.А.* Условия формирования голоценовых отложений в бассейнах рек Вычегды и Большой Роговой (по данным диатомового и спорово-пыльцевого анализов). Сыктывкар, 1996. 42 с.
9. *Марченко-Вагапова Т. И., Мариева Н. А.* Палинологическая и диатомовая характеристики природной среды в голоцене района средней Вычегды // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2001. №10. С. 6–9.
10. *Воронихин Н.Н.* Опыт сравнительного изучения микрофлоры озера Дон-ты (обл. Коми) и его отложений // Изв. сапропел. комитета АН СССР. Л., 1929. Вып. 5. С. 117–186.
11. *Марченко-Вагапова Т. И.* Пресноводные диатомеи голоцена европейского Северо-Востока России. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 89 С.
12. *Логинова Э.С.* Поселения на средней Вычегде в эпоху неолита. Сыктывкар, 1985. 24 с. (Серия препр. «Научные доклады» / Коми фил. АН СССР; Вып. 120).
13. *Шанцер Е. В.* Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит / Тр. ИГН АН СССР. Сер. геол. М., 1951. Вып. 55. 275 с.
14. *Андреичева Л.Н.* Основные морены европейского Северо-Востока России и их литостратиграфическое значение. СПб.: Наука, 1992. 125 с.
15. *Пахомова О.М.* История растительности Вятско-Камского Приуралья в позднем плейстоцене и голоцене (по материалам спорово-пыльцевого анализа): Автореф. дис. канд. геогр. наук. М., 2004. 22 с.
16. *Прокашев А.М., Жуйкова И.А., Пахомов М.М.* История почвенно-растительного покрова Вятско-Камского края в послеледниковье. Киров: ВятГГУ, 2003. 143 с.

Статья поступила в редакцию 19.03.2012.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.374

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА ПОСЛЕ ТРЕНИРОВКИ ИЗОТЕРМИЧЕСКИМ МЕХАНОЦИКЛИРОВАНИЕМ

И.Н. АНДРОНОВ, Н.П. БОГДАНОВ, Н.А. СЕВЕРОВА

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

Выполнен эксперимент по термоциклированию через интервалы мартенситных превращений образцов из никелида титана после их предварительного изотермического механоциклирования в свободном состоянии в условиях одновременного кручения и одноосного сжатия. Обнаружен ряд необычных эффектов мартенситной неупругости, а также взаимозависимость между деформациями, обусловленными статическими и динамическими составляющими напряжения при тренировке.

Ключевые слова: **термоциклирование, никелид титана, цилиндрические образцы, механоциклирование, одновременное кручение и одноосное сжатие, ортогональное нагружение**

I.N. ANDRONOV, N.P. BOGDANOV, N.A. SEVEROVA. **DEFORMATION EFFECTS IN TITANIUM NICKELIDE AFTER TRAINING BY ISOTHERMAL MECHANOCYCLING**

Experiment on thermocycling in free condition through intervals of martensite transformations of samples from titanium nickelide after their preliminary isothermal mechanocycling in complex intense condition of simultaneous torsion and single-axis compression is executed. A number of unusual effects of martensite anelasticity and interrelation between the deformations caused by static and dynamic components of pressure during training are found out.

Key words: **thermocycling, titanium nickelide, cylindrical samples, mechanocycling, simultaneous torsion and single-axis compression, orthogonal loading**

Широкое использование в технике и медицине [1,2] материалов с эффектом памяти формы, где в каждом конкретном устройстве функционирование сплава связано со специфическими воздействиями и сложным функциональным назначением, позволяет говорить об актуальности проведения дальнейших исследований их необычных свойств. Из анализа литературных данных невозможно построить четкой картины поведения сплава на основе TiNi при термомеханических воздействиях, характерных для реальных устройств. Практически не изучено механическое поведение данных материалов в процессе их термоциклирования в свободном состоянии после специфических механических воздействий, например, после длительного изотермического механоциклирования в условиях одновременного кручения и одноосного растяжения–сжатия. В литературе практически отсутствует описание деформационных эффектов, которые в таких случаях наблюдаются в сплошных цилиндрических образцах из никелида титана. Считаем, что полученные в данном направлении исследований новые экспериментальные сведения будут иметь большую научную и практическую ценность.

Материал и методы

Сплошные цилиндрические образцы были изготовлены из одной партии прутков сплава ТН-1 и имели форму стержней диаметром 4 мм. Длина рабочей части составляла 30 мм или 18 мм, полная длина – 66 и 50 мм соответственно. Короткие образцы использовались при механоциклировании в условиях действия постоянного или переменного сжимающего усилия. Значения (характеристических) температур фазовых переходов составили $M_н$ = 326 К, $M_к$ = 298 К, $A_н$ =390 К, $A_к$ = 488 К. Образцы подвергались предварительной термообработке, при которой в течение 30 мин производился отжиг при 550° С с последующим охлаждением на воздухе.

Результаты эксперимента по предварительному изотермическому механоциклированию представлены в работе [3]. В процессе предварительного нагружения образец вначале подвергали воздействию постоянным касательным или нормальным напряжением, а затем изотермически механоциклировали в ортогональном направлении в условиях пульсационного или симметричного циклов.

На примере пульсационных механоциклов предварительно продеформированного образца на рис.1 показано изменение амплитуды переменного (ортогонального) напряжения при тренировке: по

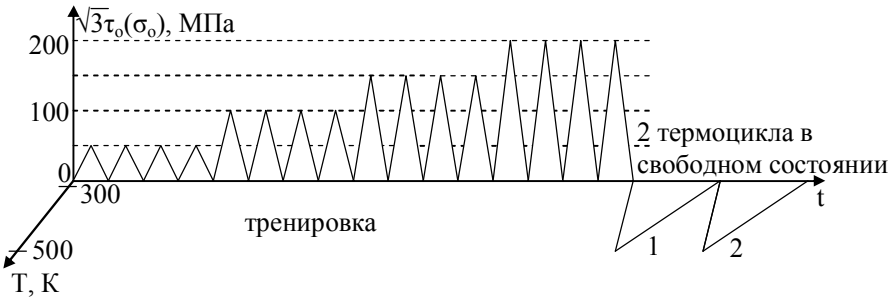


Рис.1. Схема воздействия на предварительно продеформированный образец в процессе тренировки по ортогональной составляющей напряжения и последующего термоциклирования.

σ_o (нормальным) или по $\sqrt{3}\,\tau_o$ (касательным) напряжениям, которая увеличивалась на 50 МПа через каждые N=10÷20 механоциклов, а также изменение температуры при нагревании–охлаждении в свободном состоянии. Период пульсационного или полупериод симметричного механоциклов составлял 120 с. Все режимы деформирования, пройденные при тренировке изотермическим механоциклированием, выполнены в мартенситном состоянии (T_M = 290 К) и представлены в таблице. По всем режимам было использовано 28 образцов. Два последних цикла тренировки выполнялись в отсутствии статической составляющей напряжения. После механоциклирования растяжением–сжатием закрученного образца в процессе механоциклирования без касательного напряжения наблюдали максимальное восстановление сдвиговой деформации до 2%.

Режимы предварительной тренировки

Режим	Статическая нагрузка	Переменная нагрузка	Вид цикла
I	Кручение	Растяжение	Пульсационный
II	– " –	Сжатие	– " –
III	– " –	Растяжение–сжатие	Симметричный
IV	Растяжение	Кручение	Пульсационный
V	Сжатие	– " –	– " –
VI	Растяжение	– " –	Симметричный
VII	Сжатие	– " –	– " –

При термоциклировании образцов через интервалы мартенситных переходов фиксировались: температура, сдвиговая и осевая деформации. Скорость нагрева и охлаждения составляла ± 10 К/мин, что обеспечивало равномерность прогрева образца по сечению. Её измерение осуществляли с помощью двух термопар, закрепленных на поверхности образца.

Изучались зависимости γ-Т, ε-Т, а также исследовались кривые, демонстрирующие взаимозависимости γ-ε. Отмечено, что при всех режимах тренировки для второго термоцикла (независимо от типа цикла – пульсационный или симметричный) наблюдаются геометрические подобия между кривыми ε-Т, γ-Т, γ-ε.

Результаты и обсуждение

При исследовании эффектов мартенситной неупругости при термоциклировании после механоциклирования по ортогональной составляющей в условиях сложного напряженного состояния зафиксировано, что по обеим составляющим деформации при изменении температуры наблюдаются сложные и неоднозначные зависимости от температуры. Рассмотрим более подробно результаты, полученные при термоциклировании образцов, которые при тренировке были предварительно сжаты, а затем механоциклировались пульсационным или знакопеременным кручением (режимы V и VII).

Величина накопленной осевой деформации сжатия при механоциклировании в режиме V составляла от -1,6 % (при σ = -50 МПа) до -6,75 % (σ = -200 МПа), в режиме VII – от - 2,26 % (σ = -50 МПа) до -6,56% (σ = -200 МПа). При снятии сжимающей нагрузки σ = -200 МПа наблюдается изменение деформации образца: в режиме V на +3,87%, в режиме VII – на +3,24 %. Соответственно, осевая деформация после снятия сжимающей нагрузки составила -2,88% (точка А на рис. 2 а) и - 3,32%

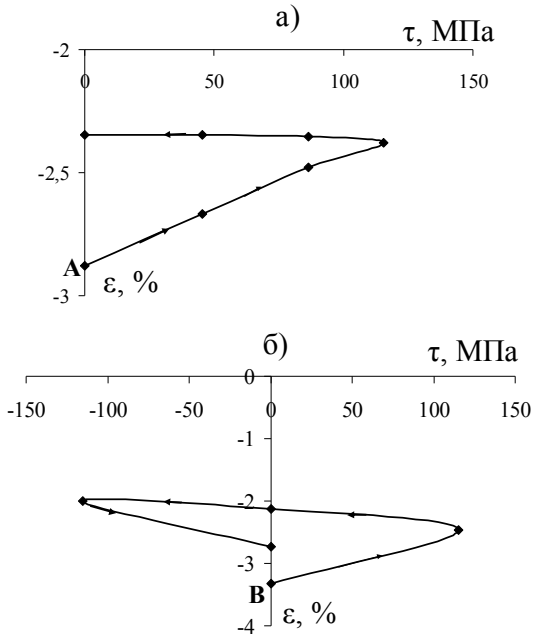


Рис.2. Восстановление осевой деформации при σ = 0 и амплитуде $\tau_o = 200/\sqrt{3}$ МПа после механоциклирования в режимах V (а) и VII (б) в присутствии сжимающего напряжения σ = 200 МПа, Т = 290К.

(точка В на рис. 2 б). Восстановление осевой деформации в процессе механоциклирования кручением без сжимающего напряжения в первом цикле максимально достигает 0,6 % (рис.2 б).

В первом термоцикле при нагревании в свободном состоянии образец деформируется в сторону предшествующей статической нагрузки (сжимается) независимо от того, каким было воздействие по ортогональной составляющей – одностороннее или знакопеременное кручение (рис. 3). При охлаждении образец растягивается. Однако изменения по осевой составляющей деформации в процессе нагревания–охлаждения в большинстве случаев выше после пульсационного, чем после симметричного цикла кручением. Размах изменения осевой деформации в первом и втором термоциклах может быть различным, но в большинстве случаев максимальное восстановление деформации наблюдается в первом цикле.

мация практически не изменяется (рис. 3 в,г, участок DE), хотя т емпература увеличивается на 25-50 К. В некоторых случаях (рис. 3 г) наблюдаются два таких участка.

Важно отметить, что в работе впервые обнаружен новый, термодеформационный эффект. Он проявляется в том, что в отличие от обычных ε-Т диаграмм, когда кривая восстановления деформации лежит правее кривой ее накопления [4-6], кривые восстановления и накопления были “как бы перевернуты” по шкале Т, т.е. линия восстановления при нагреве (кривая АВ) лежала левее линии накопления деформации (кривая ВС) рис. 3 а.

Кривые зависимости сдвиговой составляющей деформации, вызванной активным нагружением в условиях пульсационного или симметричного циклов, от температуры (γ-Т), частично представленные на рис.4 а,б, позволяют видеть, что наблюдаются эффекты мартенситной неупругости при

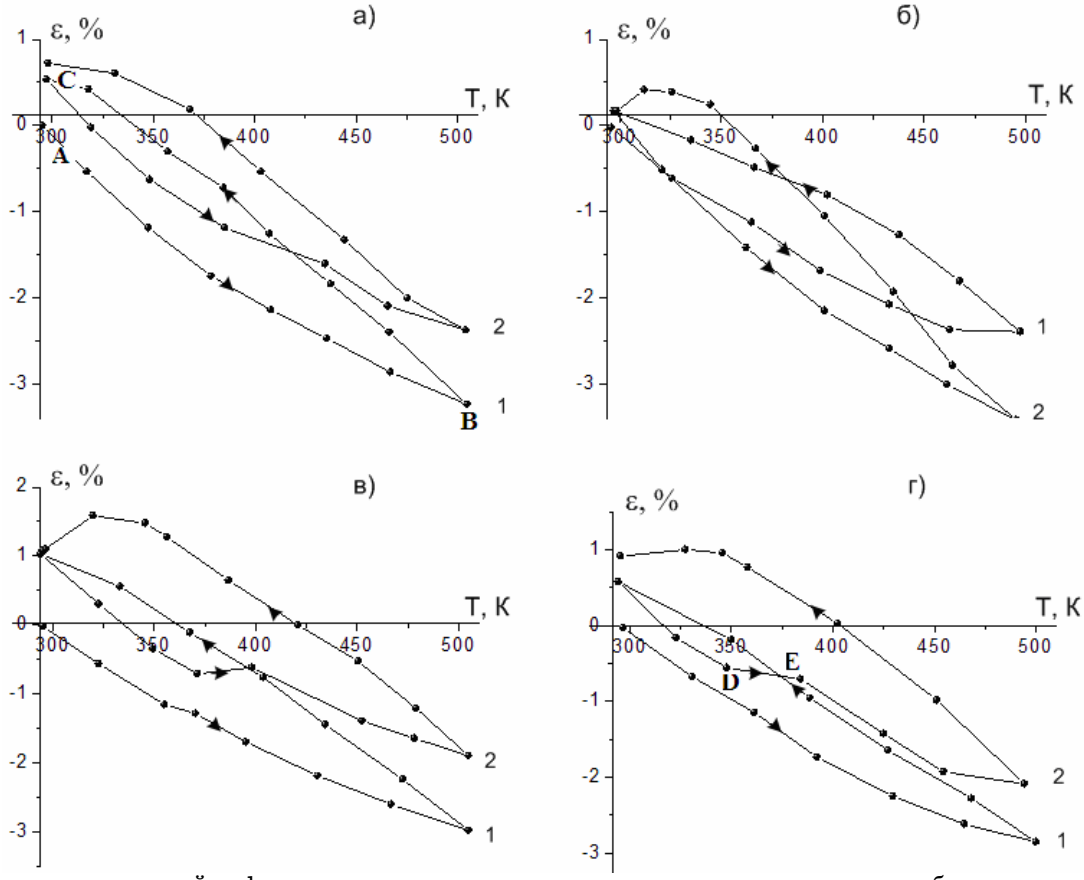


Рис.3. Зависимость осевой деформации от температуры, при термоциклировании в свободном состоянии, после механоциклирования кручением с амплитудой $\tau_o = 200/\sqrt{3}$ МПа (а,в – пульсационный цикл, режим V; б,г – симметричный цикл, режим VII) при постоянном сжимающем напряжении σ = -50 МПа (а), -100 МПа (б), -150 МПа (в,г). Здесь и далее: первый термоцикл (1), второй термоцикл (2).

Изучая вид кривых ε-Т во втором термоцикле, при охлаждении на кривой можно увидеть, что после восстановления деформации (растяжение образца) наблюдается ее накопление (сжатие образца) как в режиме V при σ = -150 МПа (рис. 3 в) (пульсационный цикл), так и в режиме VII при σ = -100, -150 (рис. 4 б,г), -200 МПа (симметричный цикл). При нагревании во втором термоцикле зафиксированы участки, на которых осевая деформации нагревании (эффект памяти формы) и охлаждении (пластичность прямого превращения). Важно отметить, что во втором термоцикле наблюдается эффект обратимой памяти формы. Отмечается уменьшение площади гистерезисной кривой γ – Т при переходе от первого термоцикла ко второму и уменьшение размаха термодеформационной кривой, что, вероятно, связано со смещением в сторону высоких температур характеристических темпе-

ратур мартенситных переходов вследствие механоциклического тренинга (рис. 4 а,б,г).

Для режима V при наименьшем и наибольшем значениях статических нагрузок σ = -50, -200 МПа наблюдается, что при нагревании в первом цикле образец не раскручивается, а закручивается в направлении ранее приложенного переменного крутящего момента (рис. 4 в).

При графическом представлении экспериментальных данных в зависимостях γ – ε для второго термоцикла обнаружено, что кривые демонстрируют сложные гистерезисные зависимости (рис.5 а,б). Как следует из рис.5, траектория деформирования в координатах γ-ε геометрически подобна зависимости γ-T (рис. 4 б и 5 б; рис. 6). Иными словами, из рисунков видно, что сжатие качественно

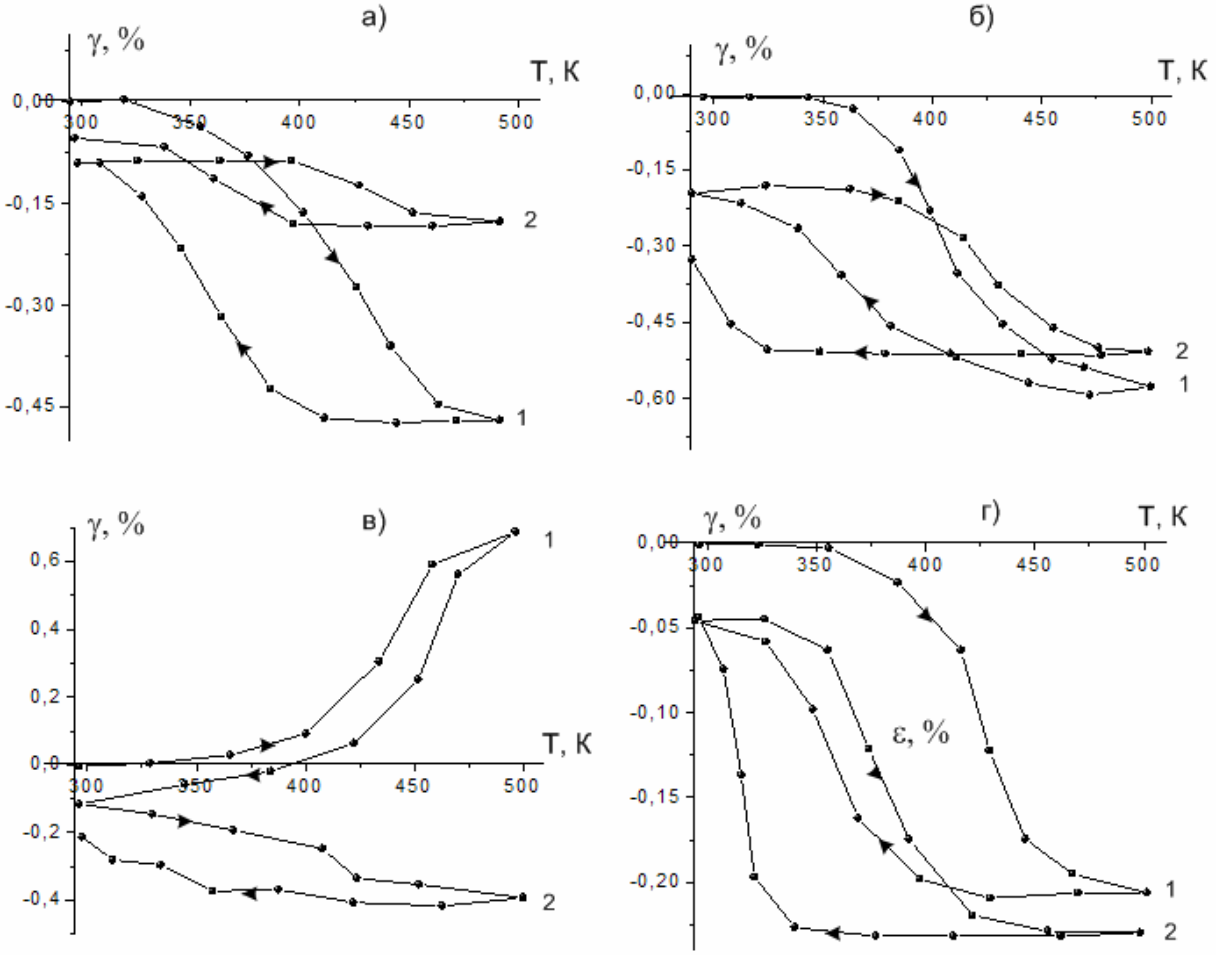


Рис.4. Зависимость сдвиговой деформации от температуры, при термоциклировании в свободном состоянии, после механоциклирования кручением с амплитудой $\tau_0 = 200/\sqrt{3}$ МПа (а,в – пульсационный цикл, режим V; б,г – симметричный цикл, режим VII) в присутствии постоянного сжимающего напряжения σ = -100 МПа (а,б), -200 МПа (в,г).

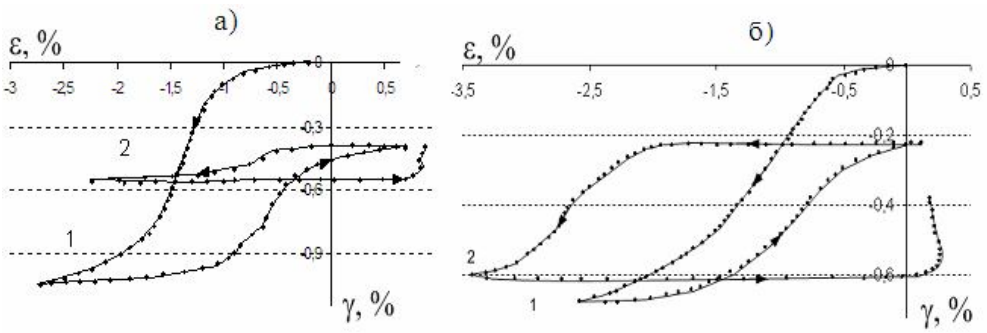


Рис.5. Зависимость сдвиговой деформации от осевой при термоциклировании образца в свободном состоянии после механоциклирования кручением с амплитудой $\tau_0 = 200/\sqrt{3}$ МПа в присутствии постоянного сжимающего напряжения σ = -100 (а); -50 (б) МПа (а – пульсационный цикл, режим V; б – симметричный цикл, режим VII.

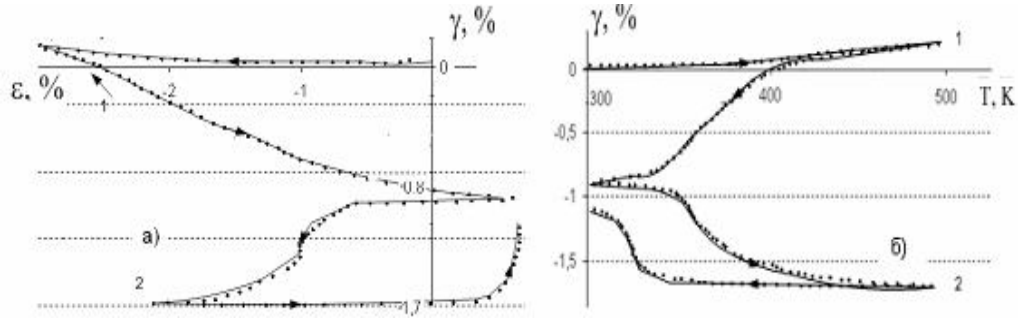


Рис.6. Сравнение вида графических зависимостей $\gamma - \varepsilon$ (а) и $\gamma - T$ (б) при термоциклировании образца в свободном состоянии после предварительного изотермического механоциклирования кручением с амплитудой $\tau_0 = 200/\sqrt{3}$ МПа в режиме пульсационного цикла (режим V) в присутствии постоянного сжимающего напряжения σ = -50 МПа.

равнозначно нагреву, а уменьшение осевой деформации равносильно охлаждению образца.

Обсуждение результатов

В результате исследований по термоциклированию образцов после их тренировки механоциклированием в сложном напряженном состоянии (кручение в условиях пульсационного или знакопеременного циклов сжатого образца) в мартенситном состоянии, зафиксировано, что зависимости от температуры для сдвиговой деформации (обусловленные активной – циклически меняющейся нагрузкой) и для осевой деформации (обусловленные статическим сжатием – постоянной нагрузкой) различны. Показано, что зависимости γ – ε, имея сложный вид, демонстрируют внешнюю схожесть с кривыми, демонстрирующими эффект обратимой памяти формы при термоциклировании.

Зафиксировано, что изменение по осевой составляющей деформации, при термоциклировании, как правило, больше после пульсационного цикла кручением, чем после симметричного цикла. Отмечено, что в условиях пульсационного цикла при нагревании в первом термоцикле можно наблюдать как закручивание при растяжении, так и раскручивание при сжатии, а во втором термоцикле при нагревании и охлаждении можно наблюдать двух- или трехэтапное изменение сдвиговой и осевой деформации.

В нашем эксперименте эффект обратимой памяти формы инициирован деформированием в мартенситном состоянии – многократным механоциклированием кручением сжатого образца, т.е. рассматривается «мартенситный» тип памяти формы. В этом случае ожидаемое ее проявление таково: при нагревании деформация образца должна возвращаться (растяжение и раскручивание), а при охлаждении – накапливаться (сжатие и закручивание). Однако, опыт показал, что в ситуации с симметричным циклом в первом термоцикле при нагревании в 100% опытов наблюдается сжатие и раскручивание образца. В случае же пульсационного цикла такое же изменение деформации наблюдали уже в 75% случаев. Для успешного проектирования элементов приводных или иных устройствах из никелида титана важно знать, как оно сработает в нужный момент времени при нагревании. Неоднозначное поведение материала после механоциклирования в сложном напряженном состоянии в условиях пульсационного цикла отвергает данный вид тренировки, как некий базисный, при проектировании и подготовке элемента сжимающегося и одновременно раскручивающегося при нагревании. Наблюдаемый в опыте эффект двухэтапного или даже трехэтапного изменения сдвиговой и осевой деформации при нагревании также необходимо рассматривать как возможные варианты деформирования, которые могут привести к сбою в работе проектируемого механизма.

Результаты представленных исследований можно эффективно использовать или учитывать при создании устройств и механизмов сложного функционального назначения из материалов с памятью формы, где при одном или нескольких циклах нагрева–охлаждения требуется реализовать изменение длины и поворота цилиндрического элемента относительно оси симметрии. Очевидно, что результаты настоящего исследования позволяют ближе подойти к решению проблемы создания многофункциональных изделий с памятью формы, работающих в условиях реализации сложных траекторий деформирования.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.» (госконтракт №16.740.11.0123 от 02.09.10).

Литература

1. *Материалы с эффектом памяти формы*: Справ. изд. / Под ред. В.А. Лихачева. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1998. Т. 4. 380 с.
2. *Никелид титана*. Медицинский материал нового поколения / В.Э. Гюнтер, В.Н. Ходоренко и др. Томск: МИЦ, 2006. 296 с.
3. *Андронов И.Н., Богданов Н.П., Северова Н.А.* Деформационные эффекты, обусловленные изотермическим механоциклированием в условиях сложного напряженного состояния // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2011. Вып. 1(5). С. 67–73.
4. *Андронов И.Н., Лихачев В.А., Рогачевская М.Ю.* Эффекты памяти формы у сплава TiNiCu при сложном напряженном состоянии // Изв. вузов. Физика. 1989. № 2. С. 117–119.

5. *Андронов И.Н., Какулия Ю.Б., Лихачев В.А.* Термоциклическая деформация сплава Cu-62.5%Mn в условиях сложного нагружения // Изв. вузов. Цветная металлургия. 1989. № 1. С. 88-92.

6. *Андронов И.Н, Богданов Н.П., Северова Н. А.* Влияние вида напряженного состояния на характер деформирования материалов в условиях проявления мартенситной неупругости // Вестник Тамбовского университета. 1998. Т.3. Вып. 3. С. 236-238.

Статья поступила в редакцию 29.12.2011.

УДК 537.622:519.245

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Ю.Г. СМИРНОВ

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

Рассмотрена теоретическая модель, описывающая поведение сложной системы, включающей эмульсии нефти в воде и примеси магнитных наночастиц в неоднородном магнитном поле. Выполнены численные оценки скорости удаления эмульсии. Полученные результаты свидетельствуют о реальной возможности использования предлагаемого метода для очистки загрязненных нефтью вод.

Ключевые слова: **теоретическая модель, магнитные наночастицы, сточные воды, удаление нефтяной эмульсии**

YU.G. SMIRNOV. MATHEMATICAL MODELING OF WASTEWATER TREATMENT FROM OIL USING MAGNETIC NANOPARTICLES

The theoretical model describing the behavior of a complex system including oil emulsion in water and admixtures of magnetic nanoparticles in non-uniform magnetic field was considered. The numerical evaluation of the rate of oil drops removal from waste water was performed. The obtained results showed the real possibility of using the proposed method for cleaning oil-polluted waters.

Key words: **theoretical model, magnetic nanoparticles, waste water, treatment from petroleum**

Для очистки загрязненных нефтью сточных вод используются в основном три метода: отстой, фильтрование и флотация [1]. Первый метод основан на гравитационном разделении твердых частиц механических примесей, капель нефти и воды, который реализуют в горизонтальных аппаратах или вертикальных резервуарах. Метод фильтрования основан на прохождении загрязненной пластовой воды через гидрофобный фильтрующий слой (например, гранулы полиэтилена), который свободно пропускает воду, а капельки нефти и частицы механических примесей «схватываются». Метод флотации основан на одноименном явлении, когда пузырьки воздуха или газа, проходя через слой загрязненной воды снизу вверх, осаждаются на поверхности капель нефти и способствуют их всплытию на поверхность.

В отечественной практике очистки нефтепромысловых вод чаще всего применяется только первый метод с использованием резервуаров-отстойников типа РВС-5000 и РВС-10000. Эффективность очистки при этом невысокая. В резервуарах-отстойниках осаждаются лишь твердые частицы примесей, а нефтяные эмульсионные капли, распределенные в объеме жидкости, в силу близости плотностей воды и нефти, практически не удаляются. Поэтому требуются другие дополнительные методы очистки [2].

В зарубежной практике для очистки вод, загрязненных различными химическими примесями, в том числе и загрязненных нефтепродуктами, наряду с перечисленными выше тремя методами также используется магнитная сепарация в различных модификациях [3–5]. Экспериментально установлено, что эффективность магнитного воздействия на пластовые воды зависит от степени магнитной восприимчивости основных примесей пластовой воды и от содержания в ней соединений железа. Обычно имеющаяся естественная примесь частиц железа в пластовых водах нефтяных месторождений составляет величину порядка 10^{-2}–10^{-1} г/л.

Загрязняющая воду нефть представляет собой эмульсию типа нефть в воде. Асфальтены, содержащиеся в составе нефти, образуют стабильные эмульсии, что связано с формированием эластичных асфальтеновых оболочек на границе раздела фаз нефть–вода. Они отличаются повышенной адсорбирующй способностью ферромагнитных наноразмерных частиц (оксидов железа типа Fe_2O_3 и Fe_3O_4), что было экспериментально установлено в работе [6]. Поскольку капельки эмульсии содержат прилипшие к их поверхности ферромагнитные наночастицы, то,

следовательно, они обладают магнитным моментом. Поэтому их движением можно управлять с помощью внешнего магнитного поля, что позволяет использовать указанную возможность для разработки метода очистки сточных вод от нефтяных загрязнений.

Теоретическая модель

Пусть в замкнутой емкости содержится эмульсия типа нефть в воде с концентрацией нефти k_d и радиусом капелек эмульсии R_d. Сделаем два допущения: капельки эмульсии сферические; в эмульсии в небольшой концентрации содержатся наноразмерные магнитные частицы также сферической формы с радиусами R_p, образующие монослой на поверхности капелек эмульсии. Площадь поверхности капли эмульсии равна $S_d = 4\pi R_d^2$, а площадь проекции наночастицы на эту поверхность – $S_p = \pi R_p^2$. Очевидно, что число магнитных частиц N_p, удерживаемых одной капелькой эмульсии, будет пропорционально отношению этих площадей, т.е. $N_p = k_S S_d / S_p$, где k_S – коэффициент упаковки магнитных частиц на поверхности эмульсионной капли. Данный коэффициент зависит от типа и толщины немагнитной оболочки магнитных частиц, от технологии их изготовления и может быть определен при экспериментальных исследованиях. Поскольку такие исследования не проводились, в дальнейших численных оценках будем полагать его равным 0.5.

В таком случае число магнитных частиц, удерживаемых на поверхности капли эмульсии, может быть рассчитано по формуле

$$N_p = \frac{4 k_S R_d^2}{R_p^2}. \qquad (1)$$

Для численной оценки числа адсорбированных на поверхности эмульсионной капли магнитных наночастиц положим R_p= 50 нм, R_d = 5–50 мкм, k_S = 0.5. Результаты расчетов приведены на рис.1 и в таблице. Как видно, эмульсионные капли с размерами, превышающими 10 мкм, адсорбируют на своей поверхности порядка 10^4-10^5 магнитных наночастиц указанного размера.

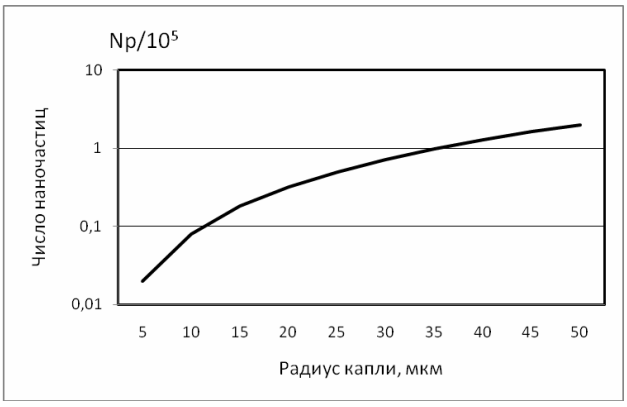


Рис.1. Зависимость числа наночастиц, адсорбированных на поверхности эмульсионной капли, от ее размеров.

Зависимость числа адсорбированных магнитных наночастиц, намагниченности и скорости экстракции капель нефтяной эмульсии от их радиуса

Радиус капли R_p, мкм	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Число адсорбированных наночастиц, $N_p/10^4$	0.2	0.8	1.8	3.2	5.0	7.2	9.8	12.8	16.2	20.0
Намагниченность капли M_d, А/м	998	499	332	249	199	166	142	125	110	99
Скорость экстракции, V_S м/ч	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20

Обозначим плотность магнитных частиц через ρ_p, а плотность частиц эмульсии – через ρ_d. Оценим массовую концентрацию магнитных частиц k_p, которые образуют монослой на поверхности эмульсионных капелек. Очевидно, что эту характеристику можно вычислить по формуле

$$k_p = N_p \frac{m_p}{m_d}, \qquad (2)$$

где m_p и m_d – массы наночастицы и эмульсионной капли, соответственно.

Учитывая сферическую форму указанных частиц, очевидно, что

$$\frac{m_p}{m_d} = \frac{\rho_p}{\rho_d} \frac{R_p^3}{R_d^3}. \qquad (3)$$

Подставляя (1) и (3) в формулу (2), окончательно получим

$$k_p = \frac{4 \rho_p k_S R_p}{\rho_d R_d}. \qquad (4)$$

Оценим массовую концентрацию k_m магнитных частиц в рассматриваемой системе. Будем считать, что они представлены наночастицами оксидов железа типа Fe_2O_3 и Fe_3O_4. Возьмем экспериментальные значения: ρ_p = 5180 кг/м^3 [7], ρ_d = 1,017 кг/м^3 [2]. Примем R_p = 50 нм, R_d = 50 мкм, k_d = $2 \cdot 10^{-2}$. При указанных значениях получим k_p = 10^{-2} г/г и $k_m = k_p k_d$ = 0,2 г/л.

Будем считать, что эмульсия нефть в воде заключена в объеме V, к которому приложено внешнее магнитное поле $\vec{H}(\vec{r})$. Из-за имеющейся концентрации магнитных частиц в этом объеме возникнет магнитная индукция

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H},$$

где μ_0 – проницаемость вакуума. Индуцированный магнитный момент $\vec{m}_d$ эмульсионной капли определяется соотношением

$$\vec{m}_d = V_d M_d L(z) \frac{\vec{B}}{B}, \qquad (5)$$

где V_d – ее объем, M_d – намагниченность насыщения, B – величина модуля вектора индукции, $L(z)$ – функция Ланжевена

$$L(z) = \mathrm{cth}(z) - 1/z$$

и

$$z = \frac{V_d M_d B}{kT},$$

здесь k – постоянная Больцмана, а T – абсолютная температура.

С другой стороны, очевидно, что магнитный момент капли эмульсии складывается из суммы магнитных моментов магнитных наночастиц, образующих монослой на ее поверхности, поэтому

$$\vec{m}_d = N_p \vec{m}_p . \qquad (6)$$

Аналогично, магнитный момент наночастиц определяется формулой

$$\vec{m}_p = V_p M_p L(z) \frac{\vec{B}}{B}, \qquad (7)$$

где

$$z_p = \frac{V_p M_p B}{kT}.$$

Величина намагниченности M_d одной капли эмульсии может быть определена с учетом соотношения

$$M_d = \frac{m_d}{V_d}$$

и формул (6-7)

$$M_d = N_p M_p \frac{V_p}{V_d} L(z_p)$$

Поскольку

$$\frac{V_p}{V_d} = \frac{R_p^3}{R_d^3}$$

с учетом (1) окончательно получим

$$M_d = M_p \frac{4k_S R_p}{R_d} L(z_p). \qquad (8)$$

Оценим намагниченность капли эмульсии по полученной формуле с учетом того, что наночастицы оксидов железа являются суперпарамагнитными и для них характерна величина намагниченности насыщения $M_p = 4 \cdot 10^5$А/м [7]. Результаты расчетов M_d по вышеприведенным формулам для значений R_p=50 нм k_S = 0.5, R_d от 5 мк до 50 мк, $T = 300^0$К, B = 1 Тл приведены на рис.2 и в таблице. Поскольку величина M_d прямо пропорционально зависит от коэффициента упаковки k_S, то очевидно, что изменение его величины скажется только на численном значении M_d. Форма кривой останется неизменной.

Моделирование процесса экстракции

Рассмотрим возможный механизм удаления нефтяной эмульсии из воды с использованием внешнего неоднородного магнитного поля $\vec{H}(\vec{r})$ аналогично работе [8]. Сила, действующая на намагниченную каплю эмульсии, равна

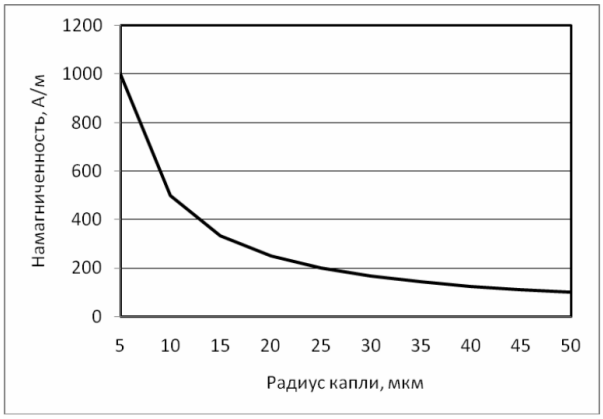


Рис.2. Зависимость намагниченности эмульсионной капли от ее размеров.

$$\vec{F}_d = V_d (\vec{M}\nabla)\vec{B} \qquad (9)$$

Приравнивая указанную силу силе Стокса

$$\vec{F}_a = 6\pi\eta_d R_d \vec{v}_d,$$

можем вычислить скорость движения капелек эмульсии, обусловленную магнитными силами

$$\vec{v}_d = \frac{2R_d^2 (\vec{M}_d \vec{\nabla})\vec{B}}{9\eta_d}. \qquad (10)$$

В вышеприведенных формулах η_d – коэффициент вязкости эмульсии. Учитывая, что капельки эмульсии движутся вдоль оси Z и подставляя для M_d его значение из формулы (8), получим для скорости экстракции эмульсии

$$v_d = \frac{8k_S R_p R_d M_p}{9\eta_d} \frac{dB}{dz}. \qquad (11)$$

Из формулы (11) видно, что эффективность экстракции намагниченных частиц эмульсии зависит от размеров эмульсионных капель и от градиента магнитного поля.

Диполь-дипольное взаимодействие намагниченных капель эмульсии во внешнем магнитном поле будет способствовать процессу их слияния и укрупнения (коалесценции). В соответствии с формулами (10, 11) этот процесс приведет к увеличению скорости экстракции эмульсионных капель.

Результаты и обсуждение

Для численной оценки скорости экстракции по вышеприведенным формулам примем $\eta_d \sim 10^{-3}$ Па·с, k_S = 0.5, R_d = 5–50 мкм.

Из формулы (11) видно, что эффективность экстракции намагниченных частиц эмульсии определяется их размерами, величиной коэффициента упаковки и градиентом магнитного поля. В реальных условиях возникает необходимость осуществлять магнитную экстракцию капелек эмульсии из емкости большого объема. Если оценить магнитный градиент, то его величина будет порядка B/L, где B – индукция магнитного поля, а L – линейные размеры емкости. Для типичных в практике случаев $B \sim$ 1Тл и $L \sim$ 1м, т.е. величина градиента магнитного поля

$$\frac{dB}{dz} \approx 1 \text{ Тл/м}.$$

Результаты расчетов приведены в таблице.

Видно, что эффективность экстракции заметно растет с увеличением размеров нефтяных капель, что может быть достигнуто путем их коалесценции.

Заключение

Рассчитаны число и концентрация магнитных наночастиц, необходимых для намагничивания капелек эмульсии. Показано, что эта концентрация лежит в пределах, доступных для практического применения. В качестве магнитных частиц рассматриваются оксиды железа Fe_2O_3 и Fe_3O_4, которые обычно содержатся в промысловых флюидах. В случае, если природная концентрация указанных частиц в сточных водах оказывается ниже необходимого количества, то они легко могут быть добавлены в очищаемую жидкость в нужной концентрации.

Показано, что намагниченные капельки эмульсии могут быть удалены из сточных вод с помощью неоднородного магнитного поля. В рассматриваемой модели оптимизация процесса очистки для конкретных условий может быть достигнута путем подбора параметров магнитного поля и концентрации магнитных наночастиц. Полученные результаты свидетельствуют о реальной возможности использования предлагаемого метода для очистки загрязненных нефтью вод.

Литература

1. *Пронин С.* Промысловый сбор и подготовка нефти, газа и воды // Нефть, газ и фондовый рынок – *http://www.ngfr.ru/ngd.html.*
2. *ЛанинаТ.Д., Литвиненко В.И., Варфоломеев Б.Г.* Процессы переработки пластовых вод месторождений углеводородов: монография. Ухта: УГТУ, 2006. 172 с.
3. *Bolto, B. A.* Magnetic Particle Technology for Waste Water Treatment // Waste Management, 1990. Vol.10. P.11–21.
4. *Apblett A.W., Al-Fadul S.M., Chehbouni M. and Trad T.* Removal of Petrochemicals from Water Using Magnetic Filtration//Proceed. of the 8th Intern. Environmental Petroleum Consortium, 2001– http://ipec.utulsa.edu/Ipec/Conf/apblett_101.pdf.
5. *Nagata E., Iwamoto H. and Kobayashi M.* Separation of Oil and Water. Japan Patent, 76111493 (1977).
6. *Sullivan Andrew P. and Kilpatrick Peter K.* The Effect of Inorganic Solid Particles on Water and Crude Oil Emulsion Stability // Ind. Eng. Chem. Res. 2002. Vol.41. P.3389–3404.
7. *Rozensweig R.E.* Heating Magnetic Fluid with Alternating Magnetic Fields//Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2002.Vol.252. P. 370–374.
8. *Баткин И.С., Смирнов Ю.Г.* Моделирование экстракции радиоактивных изотопов с использованием гетерогенной смеси магнитных частиц // Системы управления и информационные технологии. 2009. №3.2(37). С. 214–217.

Статья поступила в редакцию 05.12.2011.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 930.26(470.5):643

ИСТОКИ «ДАЛЬНЕГО ИМПОРТА» В ПРИУРАЛЬЕ

Р.Д. ГОЛДИНА

ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск
arch@uni.udm.ru

Дан обзор проблем «дальнего импорта» в Приуралье в VII – начале IX в. н.э. по материалам Бартымских кладов. В окрестностях д.Бартым Березовского р-на Пермского края в разные годы были обнаружены византийские, сасанидский, хорезмийские сосуды и монеты, а также византийская застежка от ожерелья. В статье обоснована дата поступления этих вещей – VII – начало IX в. Выяснены пути и истоки поступления импорта в это время в Приуралье – из Средней Азии через Башкирию в бассейн р.Сылвы и далее на север в бассейн р.Печоры. Престижные предметы «дальнего импорта» сыграли важную роль в ускорении социально-экономического развития региона в эпоху средневековья.

Ключевые слова: **археология, торговые связи, Приуралье, Средняя Азия, Византия, Сасанидский Иран**

R.D. GOLDINA. ON THE ORIGINS OF "DISTANT IMPORT" IN THE PRE-URALS REGION

The paper focuses on the problems of "distant import" to the Pre-Urals region from VII to the beginning of IX centuries AD on materials of Bartym treasures. Byzantine, Sasanian, Khorezm vessels and coins, as well as Byzantine clasp of the necklace were found in different years in the vicinity of Bartym Village situated in Berezovsky District, Perm Region. The date of receipt is proved to be between VII and the beginning of IX century. The author found that the items came from the Central Asia. The route had been laid through Bashkiriya, to the river Sylva basin, further to the north to the Pechora river basin. Prestigious items of "distant import» played an important role in acceleration of social and economic development of the region in the Middle Ages.

Key words: **archaeology, trade links, Pre-Urals region, Central Asia, Byzantium, Sassanian Iran**

Бартымские клады представляют собой замечательное явление в приуральской археологии, которое особенно ярко высвечивает многие аспекты далеко не разгаданного феномена в древней истории Евразии – «дальнего импорта» Прикамья. Поражает многочисленность Бартымских кладов, разнообразие их составляющих: византийские, сасанидский, хорезмийские сосуды, монеты; византийская серебряная застежка от ожерелья. Уникальны также особенности топографии кладов, характер отношения с поселенческими и погребальными комплексами.

Бартымские клады делятся на две группы. Этот факт был отмечен еще О.Н.Бадером и А.П.Смирновым [1]. Первая группа, включающая клады 1925, 1947, 1949 и 1950 гг., расположена к северу (100-150 м) от современной д. Бартым и к северо-востоку от предполагаемой восточной оконечности Бартымского I селища (200-250 м) (рис.1). Она достаточно компактна (80-90 м). Находки 1947, 1949 и 1950 гг. обнаружены в непосредственной близости друг от друга. Наиболее удален от них клад 1925 г., но его место указано местными жителями спустя четверть века. Все находки этой группы по времени изготовления и нанесения бухарской (согдийской) надписи на византийское блюдо датируются временем не позднее первой половины VII в. и синхронны с первым периодом функционирования селища I. Следовательно, можно предположить, что их выпадение связано с разгромом поселка, гибелью части его населения и одновременно возникновением могильника, что случилось во второй четверти VII в.

Вторая группа кладов (находки 1951, 1952 и 1957 гг.) – сосуды хорезмийского производства начала VIII в. (на них имеются надписи этого времени) – расположена в юго-западной части Бартымского I селища. Сосуды удалены друг от друга на расстояние 20-90 м и также составляют компактную группу. Скорее всего, все хорезмийские сосуды поступили в регион одновременно, на втором этапе функционирования поселения, и также одновременно выпали из обращения в VIII – начале IX в.

Исследования по проблеме «восточного серебра» Волго-Уральского региона представлены преимущественно публикациями материалов кладов

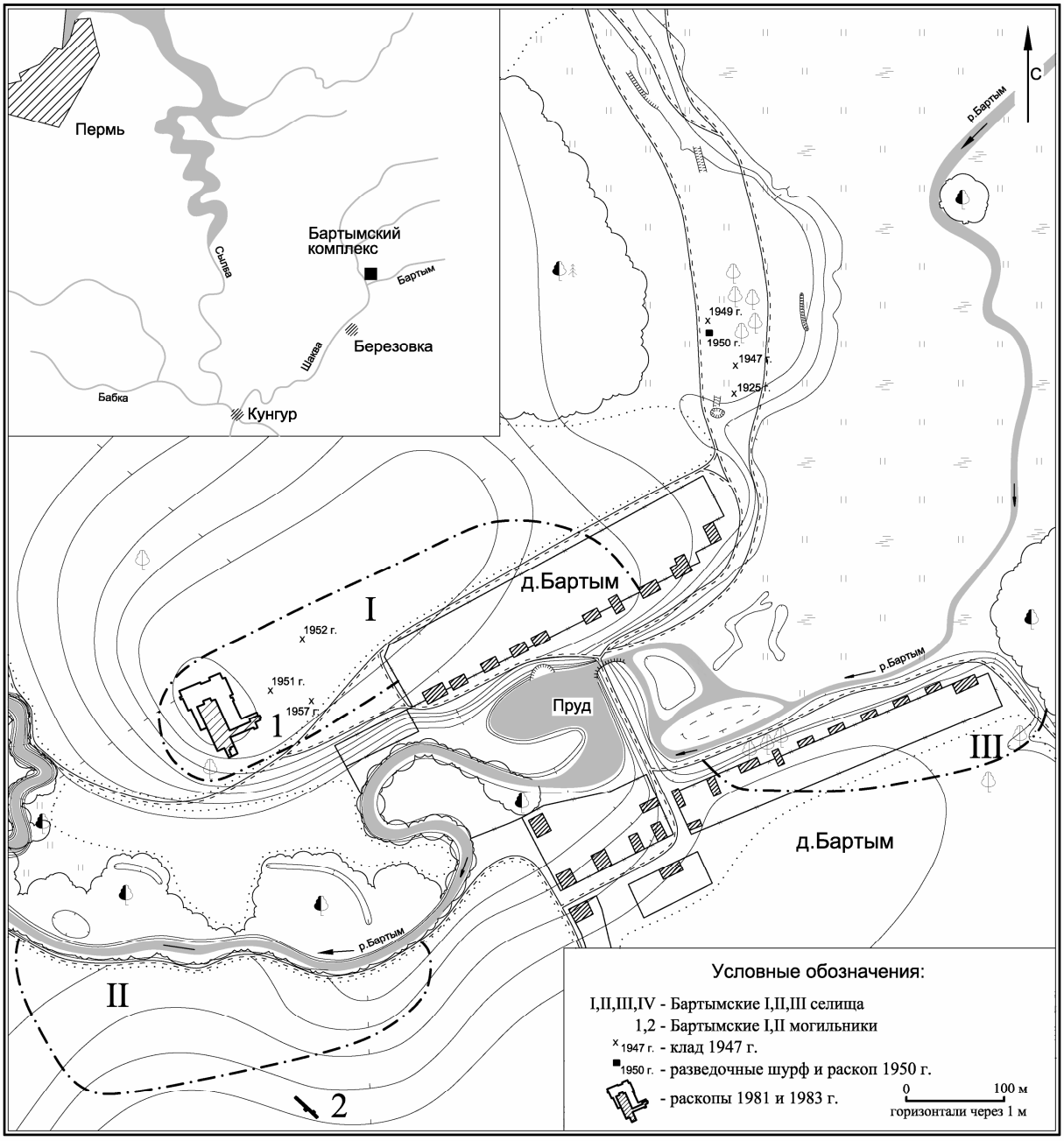


Рис. 1. Бартымские I-III селища и Бартымские I-II могильники. Топографический план.

и их интерпретацией: работы Я.И.Смирнова [2], Л.А.Мацулевича [3, 4], И.А.Орбели и К.В.Тревер [5], О.Н.Бадера [6–8], А.П.Смирнова [9–11], О.Н.Бадера и А.П.Смирнова [1], В.П.Даркевича [12], В.Ю.Лещенко [13–16], Б.И.Маршака [17–19], А.В.Банк [20], К.В.Тревер и В.Г.Луконина [21] и др. В них рассматривались также вопросы времени и путей проникновения изделий восточной торевтики в Прикамье, затрагивалась проблема использования восточного серебра местным населением. В последние годы вышли работы В.Ю.Морозова [22–24], А.Г.Иванова [25], Е.В. и Р.Д.Голдиных [26], в которых содержится детальный анализ проблемы.

Однако, с «восточным серебром», под которым условно объединены изделия торевтики и монеты (чаще из серебра, изредка из золота и меди) в основном иранского, среднеазиатского и византийского, позже арабо-исламского происхождения в Прикамье, еще долгое время будет связан ряд вопросов, для которых нет однозначных решений.

Основная масса исследователей, занимавшихся «восточным серебром», датировала монеты, сосуды, украшения временем правления Сасанидов, с III по VII в. [27, 28, 1, 29, 25, 30, 31, 19]. Клады, содержащие византийские монеты и сосуды, укладывались, по мнению ученых, в более короткий промежуток – VI–VII вв. [4, 32, 33].

В.Ю.Лещенко была предпринята, к сожалению, неудачная попытка связать клады с реально существующими археологическими памятниками

Прикамья. В результате возникло досадное недоразумение, продиктованное слабой источниковой базой конца 1960-х гг. и ошибкой В.Ю.Лещенко, опиравшегося на разведочные сборы с поселений. В результате им был сформулирован тезис о том, что бóльшая часть восточного серебра поступила в Прикамье в IX–XI вв. Основанием для этого явилось то обстоятельство, что некоторые из серебряных сосудов были связаны им с памятниками сылвенской культуры X–XV вв. [15]. Таковы Стрелкинское сасанидское блюдо с изображением Хосрова II и Стрелкинское городище, Бартымские клады серебряной посуды и Бартымское I селище и др. [16].

С проведением с конца 70-х гг. XX в. в Сылвенско-Иренском поречье широких полевых исследований Камской экспедицией Пермского, а также Камско-Вятской экспедицией Удмуртского университетов выяснилось, что эти объекты относятся не к сылвенской, как считал В.Ю.Лещенко, а неволинской культуре, которая датируется концом IV – IX вв. [34]. В частности, раскопки, проведенные на Стрелкинском городище, позволили датировать его VI–VII вв. н.э. и уверенно отнести к неволинской культуре. Подобная история произошла и с Бартымскими кладами. При стационарных работах выяснилось, что Бартымское I селище относится преимущественно к неволинскому времени и датируется VII–IX вв. н.э. И таких случаев немало.

Идею о связи кладов с поселениями сылвенской культуры без должной критики восприняли специалисты в области восточного импорта Прикамья, и она в последнее время стала аксиомой [21, с.125; 12, с.17, 147; 35, с.102; 36, с.193 и др.]. Вслед за В.Ю.Лещенко, В.П.Даркевич считает, что основная масса восточного серебра и византийских блюд поступила в Прикамье не ранее IX в. [12, с.147-148]. Сейчас следует признать ошибочность этого мнения.

Дополнительным аргументом в пользу поздней даты кладов восточного серебра в Северном Прикамье были находки в некоторых из них шейных гривен глазовского типа. Основная масса этих предметов действительно датируется IX–XI вв. Но благодаря изысканиям А.Г.Иванова выяснилось, что по могильным комплексам появление гривен глазовского типа в Чепецком бассейне относится к VIII–IX, VIII и даже к VII в. [25, с.73-76]. Обращает на себя особое внимание и отсутствие классических гривен IX–XI вв. на территории неволинской культуры.

Сылвенская культура была выделена в свое время [37, с.82-85; 38, с.213-217; 39, с.211-212, 217, рис.12] ошибочно, о чем неоднократно писал И.Ю.Пастушенко [40, с.10; 41, с.171-187]. Из памятников в Сылвенском поречье достоверно к X–XIV вв. можно отнести небольшие выборки из Бартымского I селища, Верх-Саинского I и Лобач городищ, а также могильники Усть-Кишертский и Селянино озеро. В целом же этот край после IX в. оставался малозаселенным и многочисленные находки восточного и византийского импорта не могут быть связаны с каким-либо конкретным населением. Очевидно, основная часть «дальнего импорта» поступила в бассейн Сылвы значительно раньше.

Анализ материальной культуры, в том числе и импорта, отчетливо показывает, что в историческом плане неволинская группа, прекратившая свое существование в IX в., хронологически существенно отличается от ломоватовской (Верхнее Прикамье) и поломской (бассейн р. Чепцы), которые продолжали существовать и в более позднее время. Конечно, предметы из Средней Азии поступали в Прикамье и после IX в., но это было связано уже с торговлей с Волжской Болгарией.

Картографирование ранних кладов и монетных находок свидетельствует, что восточное серебро попадало первоначально к населению бассейна р. Сылвы (неволинская АК), и лишь затем в Верхнее Прикамье (ломоватовская АК). В первом регионе известны 13 пунктов находок монетного серебра с 408 монетами византийского, сасанидского и среднеазиатского происхождения, из которых 98 экземпляров связаны с погребальными памятниками*. В ареале ломоватовской культуры известны 15 памятников с находками 82 монет, из которых 49 связаны с могильниками. Очевидно, что на Сылве оседало большее количество монетного серебра, вероятно, потому, что оно поступало в Прикамье именно через бассейн р.Сылвы.

По мнению З.А.Львовой и Е.В.Голдиной, в средневековье ближневосточные бусы также поступали в Прикамье прежде к неволинскому населению, а затем распространялись на соседние территории [42, с.108; 43, с.71-78; 44, с.62-63]. Наиболее показательна ситуация с сердоликовыми бусами. Массовое производство последних было налажено в Иране и прекратилось с арабским завоеванием в 642 г. Поступление их в Прикамье шло параллельно с притоком большей части монетного серебра и предметов торевтики. В материалах неволинских могильников сердоликовых бус обнаружено 569 экземпляров (Верх-Сая 441 – 14,7%, Неволино 112 – 14,6%, Сухой Лог 16 – 5,2%). В ломоватово они выявлены только в Аверинском II могильнике (43 экз., 2,37%) [45, табл.Б и др.]. В Сылвенско-Иренском поречье сконцентрированы наиболее ранние клады, содержащие импортные изделия различного происхождения (из сасанидского Ирана, Хорезма, Согда, Византии) не позднее IX в. (Комаровский, Куриловский, Стрелкинский и др.). Все это указывает на то, что бассейн р. Сылвы играл важнейшую посредническую роль в начальном поступлении восточного импорта и его дальнейшем распространении в Прикамье.

Другая проблема – откуда поступал «дальний импорт» на Каму. В настоящее время предпочтительны два варианта: Кавказ либо Средняя Азия. Эти территории в середине I тыс. н.э. связывали непростые отношения. Византия и Сасанидский Иран соперничали друг с другом за окружающие их богатые земли. Сасанидский Иран с момента своего возникновения вел активную политику в Средней Азии, которая выражалась как в военных действиях, так и в «умиротворении» своих северо-

* Подсчеты выполнены к.и.н., доцентом И.Ю.Пастушенко.

восточных и восточных соседей. В силу этого в Средней Азии оседало значительное количество серебра, полученного в качестве подарков, дани, контрибуций, выкупов за пленных, свадебных даров. Византийский же импорт мог попасть как в Сасанидский Иран, так и в государства Средней Азии.

Связи Приуралья с Кавказом и Причерноморьем имели давние традиции. Они прослеживаются по разным видам источников по меньшей мере с начала I тыс. до н.э., а может быть и раньше. Из Причерноморья и Кавказа в Прикамье систематически поступали бусы, бронзовые и железные предметы, вооружение, глиняная и бронзовая посуда, различные типы украшений: височные подвески, фибулы, наборные пояса [26, с.157-167].

Для интересующего нас времени – VII в. в связи с Бартымскими кладами важна интереснейшая категория византийских импортных вещей – плетеные золотые и серебряные цепи, застежка от одной из которых найдена в Бартымском кладе 1950 г. (рис.2-1). Эти предметы – цепи и застежки к ним столь оригинальны, что приходит мысль о производстве их в одной или нескольких, но технологически очень близких мастерских. Цепи из драгоценных металлов – одно из любимых украшений богатых женщин, начиная с античности, – систематически встречались в эпоху эллинизма, римское время и в средние века. Они были широко распространены как на Западе, так и на Востоке [46, с.28].

Золотые цепи сложного плетения были найдены дважды в районе г. Уфы. В 1878 г. около д. Новиковки при добыче известняка обнаружено разрушенное мужское захоронение, в котором наряду с другими вещами была найдена золотая цепь (рис.3-4) весом около 30 золотников (127,98 гр.) с серебряным наконечником и отломанным серебряным крючком длиной 9,5 вершков (42,3 см) [47; 48, с.162-163]. Другая золотая цепь обнаружена в 1959 г. в г. Уфе, на проспекте Октября при земляных работах. Она также была сделана путем сложного витья из массивных спаянных колечек. Цепочка вместе со стержнем имела длину 93 см, вес 308 г, пробу металла – 958 [48, с.177, рис.6].

Хорошо сохранившаяся серебряная цепь-гривна (рис.2-5) происходит из погребения 115 могильника Такталачук, исследованного Е.П.Казаковым в низовьях р. Белой. Возле костяка обнаружены, помимо плетеной гривны, костяные накладки лука, железный нож и глиняный сосуд [49, с.124, рис.2]. Серебряная гривна имеет общую длину 61 см и вес 166 г. Е.П.Казаков датировал средневековые захоронения могильника Такталачук второй половиной VI – первой половиной VIII в.

Совершенно аналогичная цепь – гривна с такой же системой застежки (рис.2-2), как в Такталачуке, происходит из Шестаковского клада, найденного в устье р.Иргины, левого притока р.Сылвы [50, №716; 25, рис.7-3]. Подобные плетеные гривны из серебра известны и на памятниках ломоватовской культуры: в Ташкинском (рис.3-1) и Георгиевском (рис.3-2) кладах, а также в погребении 13 Агафоновского I могильника (рис.2-3). Гривна из Агафоново I имела длину 32 см, ширину грани – около 1 см. Хорошо сохранилась застежка-крючок с шишечкой на конце и прямоугольной пластиной в основании, украшенной, как и в такталачукском экземпляре, четырехлепестковой розеткой и мелкой зернью по краям.

Аналогичная цепь (рис.3-3) найдена в 1929-1930 гг. в Подчеремском кладе на Северном Урале, на правом берегу р.Подчерема (Подчерье), правого притока р.Печоры. В.А.Городцов описывает ее так: «металлическая цепочка сложного витья, гибкая, в разрезе четырехгранная. Оба конца цепочки вправлены в цилиндрики… Длина цепочки 45 см, диаметр концевых цилиндриков около 1 см» [51, с.116-117, рис.10]. Появление этого предмета столь далеко на Севере не удивляет. В составе Подчеремского клада довольно много вещей прикамского облика. Контакты Верхнего Прикамья с Припечорьем имели давние истоки, лежавшие еще в эпохе камня и длящиеся до современности. Известный русский писатель С.В.Максимов, побывавший на Печоре спустя 1200 лет со времени появления там подчеремской плетеной гривны, красноречиво описывает характер торговых отношений пермян из г. Чердыни и населения Припечорья: «Жители пермского городка Чердыни и его уезда являются на Печору в каюках и полубарках. *Полубарка* – грузовое судно с отлогой крышей на два ската, длиной 8-12 сажен, шириной 3½-5½; глубиной по борту до 1½ сажен. Груза поднимают они от 2 до 3 тыс. пудов. *Каюки* длины одинаковой с полубарками, шириной от 3-4½ сажени, с каютой в корме; вершина носа загибается внутрь судна. Груза подымают от 7 до 9 тыс. пудов. Чердынцы, на возвратном пути своем домой, по Малой Печоре встречают пороги (числом до 3-х), а при соединении ее с Большой – *застругами* (песчаные отмели) и потому разгружают суда свои до половины на *повозки*, находящиеся наготове у пристаней Подчерья (в 700 верстах от Пустозерска) и близ Усть-Шугоры (в 850 верстах оттуда же). Пристают у Якшинской пристани уже в Чердынском уезде. Чердынцы привозят в этих судах хлеб – в виде муки ржаной, крупчатки, круп, гороху, солоду – и товары: простые белые холсты, крашенину, синие пестряди, довольно значительную часть чаю (печорцы до него страстные охотники, как самоеды до вина), русский сахар, ситцы, сукна, бумажные и шелковые платки, косы, ножи, железные гвозди и часть свинца» [52, с.25-26]. Так что этот путь из Перми на Печору был известен населению во все времена.

Бронзовый крючок – застежка от гривен подобного типа (рис.2-4) обнаружен в Поломском I могильнике в верховьях р. Чепцы [25, рис.7-1]. Но иной материал (не серебро), нечеткость формы (шишечка не круглая), грубость выделки явно свидетельствуют о местном подражании.

Таким образом, все серебряные гривны Приуралья объединены многими признаками. Они выполнены в характерной манере – из оригинальной формы колец, при переплетении образующих четырехгранный, подвижный жгут, создающий впечатление «живой, движущейся змеи». Эти предме-

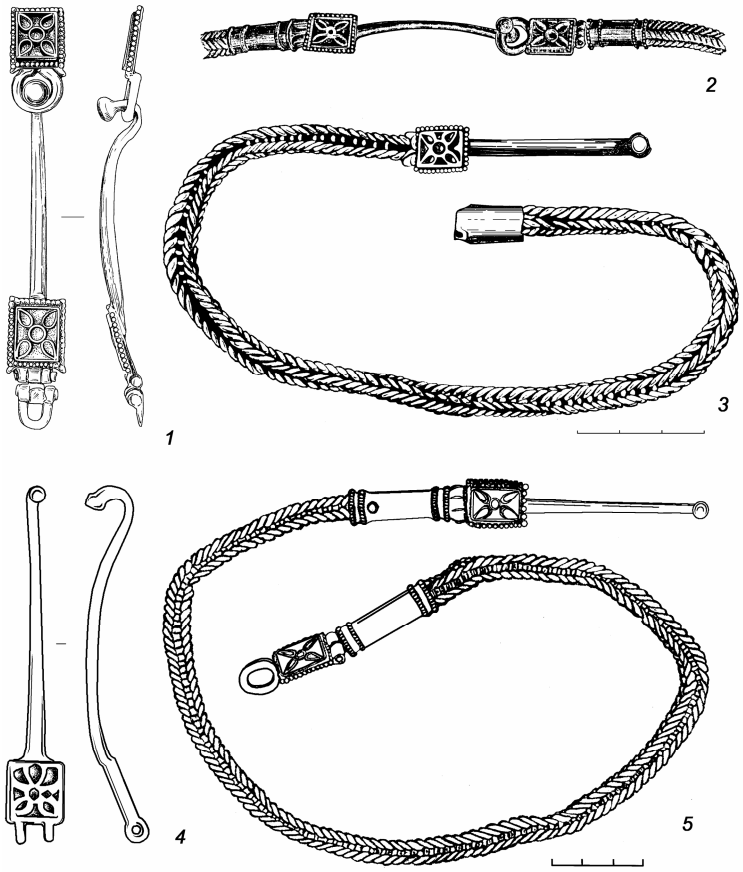


Рис. 2. Плетеные цепи из Приуралья. 1 – Бартымский клад 1950 г.; 2 – Шестаковский клад; 3 – Агафоновский могильник, погр.13; 4 – Поломский I могильник; 5 – могильник Такталачук, погр.115. 1-3, 5 – серебро; 4 – бронза

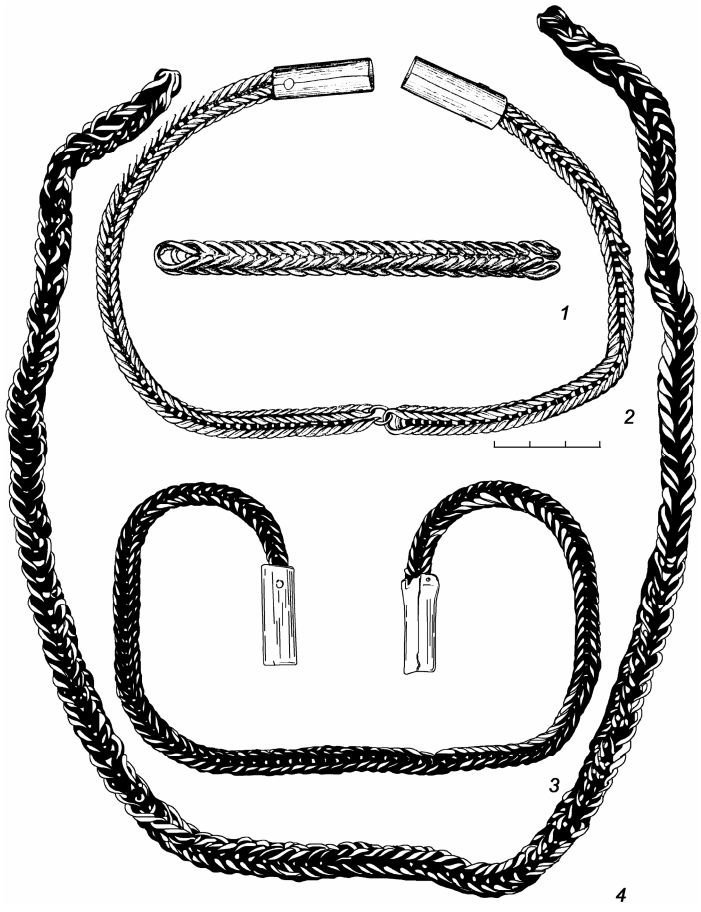


Рис. 3. Плетеные цепи из Приуралья. 1 – Ташкинский клад; 2 – Георгиевский клад; 3 – Подчеремский клад; 4 – Новиковский могильник. 1-3 – серебро; 4 – золото

ты отличаются особенными деталями застежки в виде длинного крючка – стержня с утолщением-«шишечкой» на конце, которое продевалось в круглую петлю (рис.2-1-3, 5). И крючок, и петля часто украшены прямоугольными пластинами с напаянными на нее гнездами для вставок в виде четырехлепестковой розетки и окружностью в центре, обрамленной по краю пояском зерни. Иногда концы гривны вправлены в серебряные цилиндрики.

Технология изготовления таких цепей известна в отечественной литературе по публикациям И.П. Засецкой [46, рис.8; 47, табл.2] и Р.С. Минасяна [48, с.155, 159-161]. Цепи изготовлены в технике double loop-in-loop, т.е. каждое звено состоит из двух колец, образующих путем сжатия с боков эллипсоидные фигуры, согнутые так, что округлые концы оказываются расположенными параллельно друг другу. Затем следующее звено, сделанное таким же образом, пропускается через концы предыдущего и т.д. Цепи такого плетения в разрезе имеют прямоугольное сечение. Подобные изделия исполнены, как считает И.П. Засецкая, в традиционной художественной манере греко-римского ювелирного искусства, воспринятой византийскими мастерами, использовавшими одинаковые приемы: шарнирное соединение деталей, зернь, скань, филигрань, цветные вставки из стекла и полудрагоценных камней [47, с.151]. Р.С. Минасян также полагает, что такие изделия были сделаны византийскими мастерами [48, с.157-158].

И.П. Засецкая, изучавшая комплекс раннего средневековья из погребения возле местечка Михаэльсфельд (совр. с. Джигинское Краснодарского края) в северо-восточном Причерноморье, где наряду с другими вещами обнаружена золотая цепь подобного же плетения, что и прикамские серебряные гривны, датирует ее серединой – второй половиной VI в. [47, ил. 3,4, с.153]. В.Н. Залесская относит эту цепь к середине VI в. и предполагает, что она была сделана в Константинополе [49, с.97-98]. Две золотые цепи аналогичного плетения происходят из погребений 1 и 2 могильника Морской Чулек в Придонье. По мнению И.П. Засецкой, могилы относятся ко второй половине или концу V – началу VI в. [46, с.28-33, 35-40]. В.Н.Залесская датирует цепь из погребения 2 Морского Чулека второй половиной V в. и считает ее продуктом константинопольских мастерских [49, с.97].

Подобные цепи из золота известны среди находок из собрания В.Г. Бока (хранится в Государственном Эрмитаже), датируются В.Н. Залесской VI в. [49, №139, с.102], В Ольвийском кладе она отнесена И.П. Засецкой ко второй половине V в. [47, табл.4-4, с.137], среди находок в Сирии (?), по И.П. Засецкой, – конец V – первая четверть VI в. [47, табл.3-4, с.137], в Керчи [46, рис.11], в могильнике V в. Покровск-Восход Саратовской области [46, рис.37-13, с.113]. Золотые цепи из уфимских находок И.П. Засецкая относит ко второй половине VI – началу VII в. [47, с.151]. Очевидно, приуральские цепи подобного плетения из серебра также были сделаны в мастерских византийского круга на рубеже VI–VII вв. Поскольку эти изделия обладают целым рядом общих признаков, можно предположить, что они были изготовлены в одной мастерской и, скорее всего, поступили в Приуралье одновременно в одной партии.

Плетеные серебряные гривны красноречиво указывают на путь их поступления (рис.4) – по р. Белой (Новиковское погребение, Уфимские находки, могильник Такталачук), ее притоку Уфе, по р.Иргине – на р. Сылву (Шестаковский, Бартымский 1950 г. клады), затем по р.Каме на территорию ломоватовской культуры (Агафоновский I могильник, Ташкинский, Георгиевский клады) и еще севернее на р.Печору (Подчеремский клад). Скорее всего, торговцы передвигались по р. Белой, ее правобережному притоку – р.Уфе, затем перемещаясь к ее верховьям, примерно в среднем течении р.Уфы могли достичь устья ее небольшого правого притока – р.Сарс, верховья которого располагаются недалеко от верховий р. Ирени и Иргины – основных южных рек неволинской культуры. Водораздел между реками Сарсом и Иренью составляет 10-15 км [26, с.175-176].

Связь Сылвенского поречья с башкирскими землями подтверждается находками кладов художественной утвари III–VII вв. на р. Белой и Уфе (Стерлитамак, Красная поляна, Уфа, Алкино). Возможно, к этому же времени относятся утраченные клады с неизвестной датировкой, найденные на этой же территории (Асламбаево, Анненское) [12, табл.51]. Об этом пути свидетельствуют и предметы из Шестаковского клада, обнаруженного в 1857 г. возле д. Шестаково, недалеко от впадения р.Иргины в р.Сылву. В него входили, кроме монет, серебряный кувшин восточной работы, серебряная витая гривна с застежками (рис.2-2), серебряные подвески и серьги, обломки золотых перстней, хрустальные и сердоликовые бусы [53, с.26, №70]. Вероятно, сокровища Шестаковского клада были платой за дальнейшее продвижение торговцев на территорию неволинской культуры. Особый интерес представляет Усть-Сылвенское жертвенное место, которое закрывало вход в сылвенский бассейн с севера, располагаясь в устье этой реки, примерно в 25 км от Бартыма вниз по р.Сылве. Усть-Сылвенское жертвенное место находится на одноименном городище, где на площади 1412 м^2 обнаружены четыре серебряные брусковидные слитка, 200 бусин из сердолика, хрусталя или стекла, а также височные и шумящие подвески, поясные накладки, фрагмент серебряного перстня, вставка для перстня из крупного аметиста [54, с.40-41].

Замечательной находкой являются четыре серебряных слитка в форме длинных прямоугольных брусков. Все они были намеренно сломаны в древности. По предположению Р.Ф. Вильданова, целые экземпляры могли иметь среднюю длину 166 мм при весе около 100 г [55, с.127-128]. Р.Ф. Вильданов считает, что диаметр и форма слитков соответствуют гексаграммам Ираклия и, вероятно, они служили заготовками для изготовления монет. «Находка заготовок монетного производства является уникальной, поскольку, во-первых, является подтверждением изготовления монет на византийском

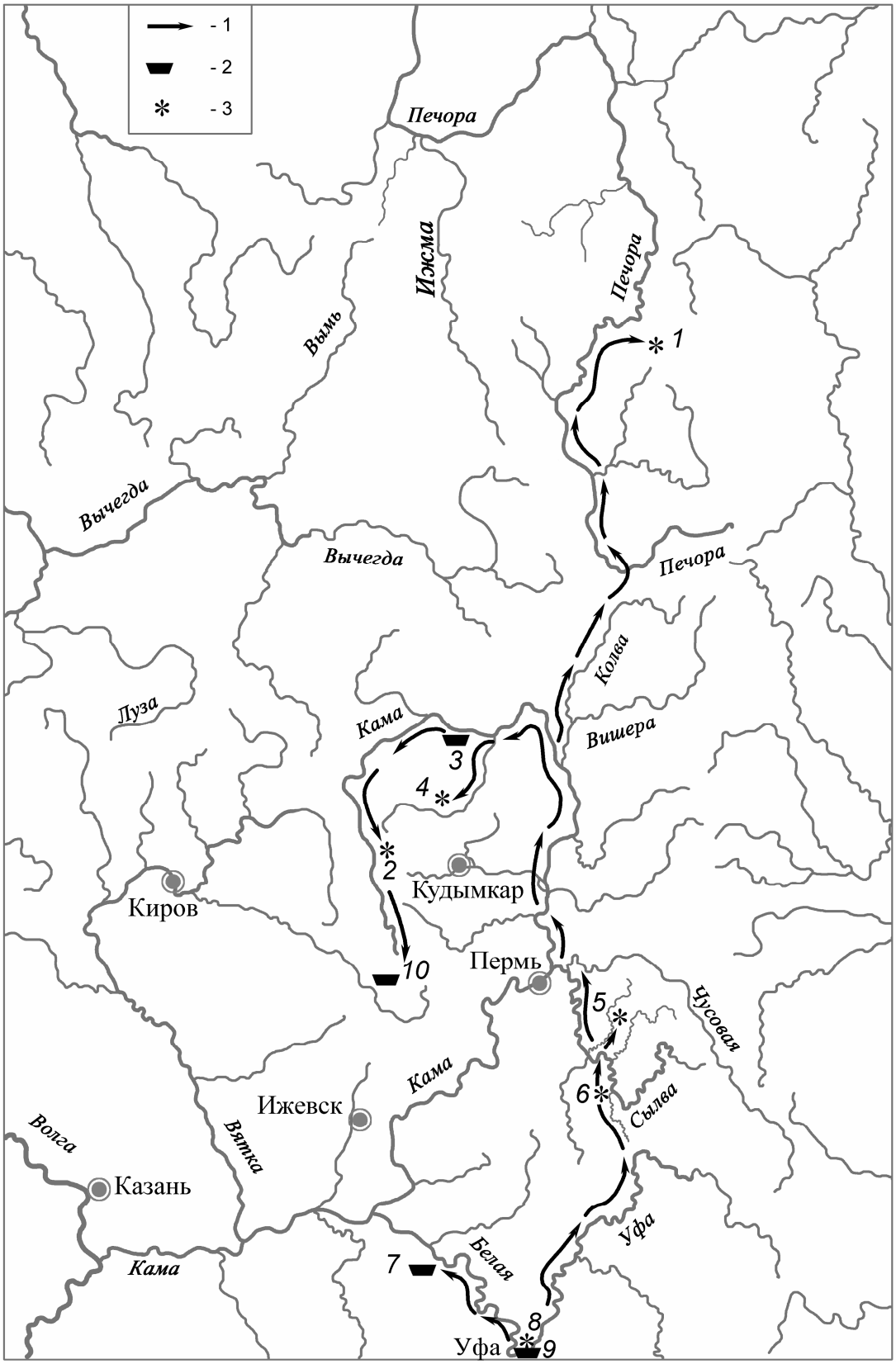


Рис. 4. Схема распространения плетеных цепей в Приуралье (1); могильник (2); клад, находка (3). 1 – Подчеремский клад; 2 – Георгиевский клад; 3 – Агафоновский I могильник, погр.13; 4 – Ташкинский клад; 5 – Бартымский клад 1950 г.; 6 – Шестаковский клад; 7 – могильник Такталачук, погр.115; 8 – Уфимская находка; 9 – Новиковский могильник; 10 – Поломский I могильник.

дворе по проволочной технологии, впоследствии распространенной на Руси и в Золотой Орде, а во-вторых, свидетельствует о том, что византийцы не всегда успевали отчеканить необходимое количество монет к условленному сроку и расплачивались с наемниками серебряными слитками – заготовками. Характерный внешний вид монет также свидетельствует о том, что монетные заготовки сперва нарубались из серебряных слитков-стержней, плющились ударом молота, а уже потом подвергались монетному чекану» (электронное сообщение Р.Ф.Вильданова в адрес Р.Д.Голдиной от 10.VIII.2011 г.). На Усть-Сылвенском жертвенном месте найдены шесть монет – гексаграмм подобного достоинства, что и в Бартымском кладе, чеканки 615-632 гг. в правление Ираклия II и Ираклия Константина. По заключению Р.Ф.Вильданова, эти монеты были изготовлены теми же штемпелями, что и бартымские и шестаковские [55, с.126].

Исследователи неоднократно отмечали, что византийское, сасанидское и среднеазиатское серебро, возможно, проникало в Прикамье одними и теми же путями и даже в одном потоке [8, с.187; 25, с.49-60]. Подобную точку зрения поддерживает и Р.Ф.Вильданов, он считает, что «дальний импорт» поступал в Прикамье партиями, составляющие которых затем расходились по пермской земле. Одну из таких партий и представляют собой находки Шестаковского клада, Усть-Сылвенского жертвенного места и Бартымского комплекса [55, с.126-127]. Это положение доказывается удивительным сходством набора монет: на всех трех памятниках наряду с византийскими гексаграммами Ираклия II обнаружены монеты ранних Сасанидов, исключая Хосрова II, хорезмийские монеты Бравика, а также в двух случаях – в Бартыме 1950 г. и Шестакове – детали серебряных плетеных цепей. В Усть-Сылве, Бартыме 1950 г. и Шестакове обнаружены также монеты, чеканенные одними штемпелями. Можно уверенно говорить, что все импортные вещи Бартымских кладов северо-восточной группы, Шестаковского клада и Усть-Сылвенского жертвенного места попали в Прикамье одновременно в первой половине VII в.

Время поступления ценностей и время выпадения северо-восточной группы Бартымских кладов и появления Бартымского I могильника вряд ли разделены десятками лет. Ведь 272 византийские монеты так и не успели разойтись по округе, ими дорожили, раздавая лишь небольшими частями по 6-10 экз. (Шестаково, Усть-Сылва). Вероятно, эти появившиеся одновременно престижные предметы и спровоцировали нападение на Бартымский I поселок. Скорее всего, это было сделано какой-то близкой группой населения, которой стало известно о существовании ценностей.

На бартымских материалах также можно решить более определенно и вопрос о том, откуда пришел импорт. Несмотря на обилие различных предположений, наиболее верной остается высказанная Ф.А.Теплоуховым [27, с.283-290] первая точка зрения о существовании сухопутного пути из Средней Азии для доарабского периода и пути по Волге для периода связей с арабским Востоком. В.В.Кропоткин обратил внимание на то, что состав кладов VII в., содержащих византийские гексаграммы, на территории Прикамья и Закавказья очень близок, и это является, по его мнению, свидетельством существования прямого торгового пути, соединяющего эти районы. Он считал, что сасанидские монеты проникали в Прикамье не сухопутным путем из Средней Азии, а вместе с византийскими монетами из Закавказья, так как в Средней Азии зарегистрирована только одна серебряная византийская монета VII в. [53, с.10-11].

И.Ю.Пастушенко считает, что византийский импорт поступал в Прикамье через посредничество хазар, получивших достаточно много престижных ценностей в результате военного сотрудничества с Византией [57, с.36-38]. Однако исследования А.В.Комара показали, что выплаты варварам Византия производила, преимущественно, в золотых солидах [58, с.49-55]. В Прикамье же обнаружена в погребении 158а Деменковского могильника лишь одна бронзовая монета, покрытая тонким слоем золота – индикация золотого восточноримского солида середины VII в. императора Константа (641-668 гг.) (определение Р.Ф. Вильданова). Монета предположительно чеканена в Константинополе в 641-651 гг. для продажи варварам. О хазарском следе в ее истории свидетельствует граффити – знак «SS» на древнееврейском языке [59, с.470-471].

Путь вдоль Волги вряд ли активно использовался в начальный период поступления восточного серебра в Приуралье (до VIII в.), на что указывает отсутствие на Средней Волге и Нижней Каме (территория именьковской культуры) в V–VII вв. кладов с сасанидскими, среднеазиатскими и византийскими сосудами, а находки сасанидских монет немногочисленны. Как известно, хазарский каганат существовал со второй половины VII в. до 965 г. Политическая активность его в Восточной Европе и связанная с ней торговля падают преимущественно на VIII–IX вв. и потому вряд ли Хазария имеет прямое отношение к появлению в первой половине VII в. в лесной полосе бартымских древностей византийского происхождения. Археологическое отражение хазарского каганата, в котором под главенством хазар обитали болгары, аланы и другие народы – салтово-маяцкая культурная общность, располагавшаяся в степной и лесостепной части Северного Причерноморья [60, рис.14]. Она датируется серединой VIII – первой половиной X в. [61, с.64], что также демонстрирует хронологическую лакуну в 100 лет между бартымскими древностями второй четверти VII в. и хазарами. Очевидно, преувеличивать роль хазар в Прикамье не следует. Учитывая хронологию хазарских древностей, необходимо, по-видимому, больше внимания уделять сравнению не с хазарскими материалами, а с болгарскими. Болгары появились в непосредственной близости от неволинской территории на рубеже VII–VIII вв. Хазарское воздействие на ломоватовское и поломское население было существенным во второй половине IX – X вв., когда неволинская культура уже не существовала [26, с.166-167].

Наиболее предпочтителен вариант истока бартымских древностей – Средняя Азия. Об этом убедительно свидетельствует бухарская (согдийская) надпись на византийском сосуде из Бартыма, найденном в 1925 г., датируемая В.А.Лившицем и В.Г.Лукониным временем не позднее конца VI – начала VII в. Игнорировать этот факт невозможно. На сосуде имеется еще и курсивная, нечетко читаемая согдийская надпись. Из Пермского края происходит сасанидский серебряный кувшинчик с изображением фигур жриц под арками также с бухарскими письменами [62, с.167]. Более многочисленна посуда с самаркандскими (согдийскими) надписями. В частности, три блюда с письменами этого варианта найдены в устье р. Иргины (Нижне-Шахаровский клад), недалеко от Шестаковского. На одной чаше без рисунков надпись врезана на внешней стороне [62, с.172], на второй – сасанидской – с изображением Шапура III, охотившегося на кабанов, надписи – среднеперсидская и согдийская – нарисованы на дне блюда. Надписи нанесены, несомненно, на разных территориях и по приказу разных лиц. На третьей сасанидской чаше с изображением богини со львом, шестью медальонами с протомами животных и фигурами гладиаторов надпись располагалась на внешней стороне блюда в две строки [62, с.173]. В состав клада входили еще одна чаша без изображений неизвестного происхождения, а также серебряное хорезмийское блюдо с изображением всадника и хорезмийской надписью, датируемое VII – началом VIII в. [12, с.15-16].

Самаркандская (согдийская) надпись выявлена и на блюде из Климовского клада в окрестностях г. Кудымкара. На дне сасанидского блюда с изображением Шапура III и леопарда врезана небольшая надпись [21, с.121, надпись №16]. Кроме него, в составе клада имелись еще два сасанидских блюда: «часы Хосрова» и блюдо с изображением тигрицы у дерева; византийское блюдо с изображением пастуха среди стада, ведро с розеткой на дне, блюдо с розеткой из Средней Азии, два византийских блюда с крестом. Еще один сосуд с самаркандскими (согдийскими) письменами, нанесенными на внешней стороне сосуда, происходит из д. Керчево Соликамского уезда Пермской губернии. На нем изображена сцена охоты Варахрана на кабанов. В.А.Лившиц и В.Г.Луконин определяют письмо надписи как раннюю разновидность самаркандского согдийского алфавита [62, с.170-171]. Таким образом, согдийские (как бухарские, так и самаркандские) надписи на импортных (сасанидских и византийских) сосудах весьма представительны. Численно преобладают самаркандские.

Бухарский след остался и на некоторых монетах, обнаруженных на Верх-Саинском могильнике в 2 км от Бартыма. Здесь из могил 29, 45, 91 и из слоя дерна происходят четыре бухархудатские монеты – подражания драхмам Варахрана V (420-438 гг.), отчеканенные в VI в. в Мерве. На лицевой стороне их имеется надчекан – тамга Бухары [63, с.111-125]. Очевидно, что собрания сокровищ, поступившие в Приуралье, сформировались главным образом в Бухаре и Согде. Важно, что в составе кладов из Бартыма, Шестаково и Усть-Сылвы, а также Бесштаново (4 экз.), наряду с византийскими и сасанидскими (без Хосрова II), присутствуют хорезмийские монеты Бравика. Уникально и медное литое подражание хорезмийской монете Бравика хорошего качества, происходящее из находок Г.А. Бордин-ских на севере Соликамского р-на Пермского края (электронное сообщение Р.Ф.Вильданова в адрес Р.Д.Голдиной от 20 апреля 2009 г.). Поскольку Хорезм отделяет от Самарканда (Согд) всего 10 дней конного пути [64], ничего нет удивительного в том, что они появились в Бухаре или Согде. Хорезмийские монеты более поздней поры – Каника, первой половины VIII в. присутствуют в погребении 230 Неволинского могильника и Сафшафана, середины VIII в. – в погр.46, 53 Верх-Саинского могильника, на Верх-Саинском I городище и в Бирском могильнике (две монеты). В могиле 6 Варнинского могильника на р.Чепце найдена хорезмийская монета середины VIII в. Абдаллаха Ибн Тахира [65, с.64]. Монета подобного достоинства происходит из Больше-Висимского могильника [66, с.175-176]. Хорезмийские монеты неопределенного типа обнаружены в погребении 239 Неволинского могильника [63, р.123], на р.Ломоватовке, на Благодатском I городище в Южной Удмуртии [26, с.175, рис.37]. Хорезмийский импорт представлен и глиняным гончарным кувшином, который по заключению И.Ю.Пастушенко [67, с.392], был сделан в VII–VIII вв. в Хорезме. Сосуд найден в одном из погребов Бартымского I селища. Металлическая, серебряная посуда хорезмийского происхождения сосредоточена главным образом в бассейне р. Сылвы. Кроме упомянутых трех бартымских чаш и Шахаровского клада, выявлена еще одна чаша в погребении 164 Верх-Саинского могильника [26, рис.38], два блюда в южной части ареала ломоватовской культуры – в кладах у деревень Ковиной (Зародята) и Гутовой [12, с.19, 22]. Еще одно хорезмийское блюдо, найденное в Прикамье без четкой локализации, хранится в Британском музее [12, с.44].

В поступлении хорезмийского импорта можно выделить по меньшей мере три, а может быть и больше импульсов: один – во второй четверти VII в. (монеты Бравика), второй – в начале VIII в. – монеты Каника и бартымские хорезмийские сосуды производства 700, 703 или 713 и 714 гг. и третий – хорезмийские монеты Сафшафана, Абдаллаха Ибн Тахира середины VIII в. Вероятно, хорезмийские сосуды второго потока были одной из последних серий посуды, изготовленной в Хорезме как самостоятельном государстве, так как общеизвестно, что Бухара в 709 г., а Самарканд и Хорезм в 712 г. были завоеваны арабами. Вскоре, в связи с наступлением ислама, хорезмийская и другие среднеазиатские школы торевтики перестали существовать, так как духовный мир ее мастеров был чужд мусульманству.

Предварительные подсчеты показали, что из всего поступившего в Прикамье дальнего импорта драгоценной посуды византийская составляет чуть более 15%, сасанидская – 16, вся остальная – около 70% – происходит из Средней Азии. При этом доля хорезмийского импорта едва превышает 7%.

Наибольшее количество серебряных сосудов происходит из Согдианы и восточных районов Средней Азии. Благодаря работам Б.И.Маршака [17–19], выяснена значительная роль в создании среднеазиатской торевтики мастеров из Согдианы. Им выделены четыре согдийские школы ремесленников, определены их технологические и художественные признаки, обозначены хронологические реперы. Коллекция посуды среднеазиатского производства продолжает пополняться в последние десятилетия, о чем свидетельствуют чаши из Аверинского II, Концовского и Тат-Боярского могильников VI–VII вв. [70, с.90-100]. Становится очевидным, что дальний импорт шел в Приуралье из Средней Азии. Именно здесь происходило смешение монет и драгоценной посуды, с чем мы имеем дело и в Приуралье. Например, близ Самарканда в Чилекском кладе начала VII в. вместе обнаружены сасанидское блюдо, эфталитская и две согдийские чаши [18, с.9].

Учитывая *появление множества фактов близости* прикамского импорта с согдийской культурой можно с большей долей уверенности предполагать, что как сасанидский, так и византийский импорт поступали через Согд. Исходными пунктами были Бухара и Самарканд. Скорее всего, движение товаров шло по северному ответвлению великого шелкового пути, через низовья Сырдарьи, вдоль северного побережья Аральского моря, низовья Иргиза и Тургая (Тургайская ложбина) в район Орска и далее по рекам Урал, Белая в Сылвенское поречье [26, рис.11]. Это аргументируется значительным сходством материалов неволинской и джетыасарской культуры, расположенной в низовьях Сырдарьи, в Восточном Приаралье, через территорию которой проходил северный вариант великого шелкового пути. Этот регион на карте В.П. Даркевича [12, табл.50-1] среди областей, откуда вывозили на север произведения художественного ремесла, отсутствует и стал известен в последнее время благодаря работам Л.М.Левиной [71]. Сходство неволинской и джетыасарской культур проявляется в наборах бус, поясной гарнитуре, височных подвесках, бронзовых зеркалах, деревянных сосудах и других изделиях [26, с.169-173].

Второй путь через Хорезм, южное побережье Аральского моря, через плато Устюрт, верховья Эмбы и Ори, на реках Урал и Белую и далее на север до верховий Ирени и Иргины стал активно функционировать, вероятно, в VIII в. (хорезмийские монеты и сосуды). В конце VIII в. был открыт степной путь из Хорезма к устью Камы: восточнее Волги через плато Устюрт, с переправой в среднем течении Эмбы и Урала [12, табл.50-1]. Он стал использоваться систематически в болгарское время. Этим маршрутом прошло посольство Ибн-Фадлана в г. Болгар. «Караваны постоянно ходят от них (болгар) в Хорезм, что в хорасанской земле, а из Хорезма к ним, но дорога пересекает кочевья других тюрков и караваны должны охраняться от них», – писал Масуди. Сухопутное путешествие из Волжской Болгарии в Хорезм длилось три месяца [35, с.104].

Таким образом, анализ Бартымских кладов позволил по-новому осветить некоторые принципиальные моменты в истории населения Пермского края в эпоху средневековья. Появление восточного импорта в Прикамье сыграло огромную позитивную роль в социально-экономическом ускорении развития региона. Престижные ценности из дальних областей шли мощным потоком в V в. и особенно в VI–VIII вв., и включение прикамского населения в крупномасштабную международную торговлю служило серьезным источником обогащения знати и создавало условия для социальной стратификации общества. Знать накапливала дорогую утварь, монеты, украшения. Для поддержания торговли на должном уровне требовался больший прибавочный продукт, чем было необходимо для удовлетворения только собственных нужд. Это явилось стимулом для усиления эксплуатации соплеменников. Возникали более сложные потестарные структуры – общинная знать, усиливалась роль вождей, в руках которых и были сосредоточены ценности, – инструмент эксплуатации. Возникла реальная возможность увеличить свои богатства, отняв их у своих соседей. Не случайно на сравнительно небольшой территории неволинской культуры (протяженность с севера на юг – около 150 км, с запада на восток – чуть более 100 км) обнаружено 20 кладов престижных ценностей. В действительности, число их было больше в несколько раз, что свидетельствует о неспокойной ситуации в Сылвенском поречье во второй половине I тыс. н.э.

Литература

1. *Бадер О.Н., Смирнов А.П.* «Серебро Закамское» первых веков нашей эры: Бартымское местонахождение // Труды ГИМ. Вып.13. М., 1954. С.3–26.
2. *Смирнов Я.И.* Восточное серебро. Атлас древней серебряной и золотой посуды восточного происхождения, найденной преимущественно в пределах Российской империи. СПб., 1909. 19 с.; CXXX табл.
3. *Matzulewitsch L.* Byzantinische Antike: Studien auf grund der Silbergefдsse der Ermitage / Archdologische mitteilungen aus Russischen Sammlungen. Band II. Berlin-Leipzig, 1929.
4. *Мацулевич Л.А.* Византийский антик в Прикамье // МИА. 1940. №1. С.139–157.
5. *Орбели И.А., Тревер К.В.* Сасанидский металл: Художественные предметы из золота, серебра и бронзы. М.-Л., 1935. 26 с.
6. *Бадер О.Н.* Уникальный сасанидский сосуд из-под Кунгура // ВДИ. 1948. №3. С.166–169.
7. *Бадер О.Н.* Бартымская чаша // КСИИМК. 1949. Вып.29. С.84–91.
8. *Бадер О.Н.* О восточном серебре и его использовании в древнем Прикамье: К последним находкам // На Западном Урале. Молотов, 1952. С.182–200.
9. *Смирнов А.П.* Восточный сосуд из Молотовской области в собрании Государственного исторического музея // ВДИ. 1946. №1. С.112–114.
10. *Смирнов А.П.* Новый сасанидский золотой сосуд из Молотовской области // КСИИМК. 1947. Вып.14. С.40–48.
11. *Смирнов А.П.* Новая находка восточного серебра в Приуралье / Труды ГИМ. Вып.XXV. М., 1957. 31 с.

12. *Даркевич В.П.* Художественный металл Востока VIII–XIII вв.: Произведения восточной торевтики на территории европейской части СССР и Зауралья. М., 1976. 199 с.
13. *Лещенко В.Ю.* Сасанидское блюдо Пермской художественной галереи // СА. 1966. №2. С.317-319.
14. *Лещенко В.Ю.* Новое византийское блюдо из Верхнего Прикамья // СГЭ. 1970. Вып.XXXI. С.49–50.
15. *Лещенко В.Ю.* Восточные клады на Урале в VII–XIII вв.: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. Л., 1971. 22 с.
16. *Лещенко В.Ю.* Использование восточного серебра на Урале // Даркевич В.П. Художественный металл Востока. М., 1976. С.176-188.
17. *Маршак Б.И.* Согдийское серебро: Очерки по восточной торевтике. М., 1971. 193 с.
18. *Маршак Б.И.* История восточной торевтики III–XI вв. – проблемы культурной преемственности: Автореф. дис. ... докт. ист. наук. М., 1980. 36 с.
19. *Маршак Б.И.* Серебро за меха // Византийская идея. Византия в эпоху Комнинов и Палеологов. СПб., 2006. С.72-82.
20. *Банк А.В.* Прикладное искусство Византии IX-XII вв. М., 1978. 202 с.
21. *Тревер К.В., Луконин В.Г.* Сасанидское серебро. Собрание Государственного Эрмитажа. М., 1987. 255 с.
22. *Морозов В.Ю.* К вопросу о путях проникновения сасанидских монет и металла в Урало-Поволжский регион // Культуры степей Евразии второй половины I тысячелетия н.э.: Тезисы докладов. Самара, 1995. С.53–56.
23. *Морозов В.Ю.* Пути проникновения сасанидских монет и художественных изделий в Поволжье и Прикамье // Культуры Евразийских степей второй половины I тысячелетия н.э. Самара, 1996. С.148–164.
24. *Морозов В.Ю.* Топография находок Сасанидских драхм в Урало-Поволжском регионе // Краеведческие записки. Вып.XII. Самара, 2005. С.81–98.
25. *Иванов А.Г.* Этнокультурные и экономические связи населения бассейна р.Чепцы в эпоху средневековья (конец V – первая половина XIII в.). Ижевск, 1998. 308 с.
26. *Голдина Е.В., Голдина Р.Д.* «Дальний импорт» Прикамья – своеобразное проявление процессов взаимодействия народов Евразии (VIII в. до н.э. – IX в. н.э.) // Бусы могильников неволинской культуры (конец IV – IXв.). Ижевск, 2010. С.156–247.
27. *Теплоухов Ф.А.* Древности Пермской Чуди из серебра и золота и ее торговые пути // Пермский край. Т.III. Пермь, 1895. С.247–290.
28. *Любомиров П.Г.* Торговые связи Древней Руси с Востоком в VIII–XI вв. (преимущественно по данным о кладах восточных монет) // Уч. записки Саратовского ун-та. Т.1. Вып.3. Саратов, 1923. С.5–38.
29. *Вощинина А.И.* О связях Приуралья с Востоком в VI–VII вв. н.э. // СА. 1953. Вып.XVII. С.183–196.
30. *Мухамадиев А.Г.* Древние монеты Поволжья. Казань, 1990. 159 с.
31. *Мингалев В.В.* Монетный комплекс памятников раннего средневековья Прикамья и Вычегодского края // Путями средневековых торговцев. Пермь, 2004. С.39–46.
32. *Кропоткин В.В.* Экономические связи Восточной Европы в I тысячелетии нашей эры. М., 1967. 135 с.
33. *Янин В.Л.* Денежно-весовые системы русского средневековья. Домонгольский период. М., 1956. 280 с.
34. *Голдина Р.Д.* Современное состояние изученности неволинской культуры в Сылвенско-Иренском поречье // Проблемы бакальской культуры: Материалы научно-практического семинара по проблемам бакальской культуры. Челябинск-Шадринск, 2008. С.115–141.
35. *Даркевич В.П.* Аргонавты средневековья. М., 2005. 256 с.
36. *Балинт Ч.* Несколько слов о так называемом «Восточном серебре» // Международные связи, торговые пути и города Среднего Поволжья IX–XII вв.: Материалы Международного симпозиума. Казань, 1999. С.189–194.
37. *Бадер О.Н.* Очерк шестилетних работ Камской археологической экспедиции (1947-1952) // УЗ ПГУ. Т.9. Вып.3. Пермь, 1953. С.3–88.
38. *Бадер О.Н., Оборин В.А.* На заре истории Прикамья. Пермь, 1958. 244 с.
39. *Генинг В.Ф.* Осинское городище // Отчеты Камской (Воткинской) археологической экспедиции ИА АН СССР. Вып.1. М., 1959. С.164-195.
40. *Пастушенко И.Ю.* История населения бассейна р.Сылвы в первой половине II тыс. н.э.: Автореф. дис... канд. ист. наук. Ижевск, 1995. 24 с.
41. *Пастушенко И.Ю.* История изучения так называемой сылвенской культуры // Социально-исторические и методологические проблемы изучения древней истории Прикамья. Ижевск, 2002. С.171–187.
42. *Львова З.А.* К вопросу о причинах проникновения стеклянных бус X – начала XI в. // АСГЭ. Вып.18. Л., 1977. С.106–109.
43. *Голдина Е.В.* Бусы Верхнего Прикамья конец IV–IX вв. (по материалам могильников неволинской культуры): Дис. ... канд. ист. наук. Ижевск, 1998 (Архив ИИКНП. Ф.4/1. Д.6. 240 с.).
44. *Голдина Е.В.* Бусы могильников неволинской культуры (конец IV – IX в.). Ижевск, 2010. 264 с.
45. *Голдина Р.Д., Королева О.П.* Бусы средневековых могильников Верхнего Прикамья // Этнические процессы на Урале и в Сибири в первобытную эпоху. Ижевск, 1983. С.40–72.

46. *Засецкая И.П., Казанский М.М., Ахмедов И.Р., Минасян Р.С.* Морской Чулек / Государственный Эрмитаж. СПб., 2007. 212 с.
47. *Засецкая И.П.* Михаэльсфельд – эталонный памятник раннего средневековья (к вопросу о датировке и этнокультурной принадлежности) // Археологический сборник. Вып.38: Материалы и исследования по археологии Евразии / Государственный Эрмитаж. СПб., 2010. 213 с.
47. *Смирнов А.П.* Железный век Башкирии // МИА. 1957. №58. С.55, табл.VIII-10.
48. *Ахмеров Р.Б.* Уфимские погребения IV-VII вв. н.э. и их место в древней истории Башкирии // Древности Башкирии. М., 1970. С.161-193.
48. *Минасян Р.С.* Технические особенности ювелирных изделий из Морского Чулека // Засецкая И.П., Казанский М.М., Ахмедов И.Р., Минасян Р.С. Морской Чулек / Государственный Эрмитаж. СПб., 2007. С.147-158.
49. *Залесская В.Н.* Памятники византийского прикладного искусства IV-VII вв. Каталог коллекции. СПб.: Изд-во Государственного Эрмитажа, 2006. 272 с.
49. *Казаков Е.П.* Кушнаренковские памятники Нижнего Прикамья // Об исторических памятниках по долинам Камы и Белой. Казань, 1981. С.115-135.
50. *Aspelin J.R.* Antiquites du Nord Finno-Ougrien pubkiees a l'aide d'une subvention de l'Etat. II. L'age du fer. Antiquites Permiennes. V. Antiquites Tschoudes. Helsingfors, 1877.
51. *Городцов В.А.* Подчеремский клад // СА. 1937. Вып.2. С.113–150.
52. *Максимов С.В.* Год на Севере. Избранные произведения в 2-х т. Т.2. М., 1987. С.5–208.
53. *Кропоткин В.В.* Клады византийских монет на территории СССР // САИ. 1962. Вып. Е4-4. 64 с.
54. *Голдобин А.В., Лепихин А.Н., Мельничук А.Ф.* Исследования святилищ железного века в Пермском Прикамье // АО Урала и Поволжья. Ижевск, 1991. С.40–41.
55. *Мельничук А.Ф., Вильданов Р.Ф., Голдобин А.В.* Раннесредневековый восточный монетный комплекс жертвенного места ломоватовской культуры в устье реки Сылва // Вестник Пермского университета. Вып.5. 2004. С.125–130.
56. *Гурулева В.В.* Византийские весовые знаки бывшего музея Русского археологического института в Константинополе // Нумизматика и эпиграфика. Т.XVI. М., 1999. С.82–98.
57. *Пастушенко И.Ю.* Волго-Камский торговый путь в I тыс. н.э. // Пути сообщения, коммуникации, научные достижения народов Евразии: Материалы межд. науч.-практ. конф. Березники, 1997. С.36–38.
58. *Комар А.В.* Перещепинский комплекс в контексте основных проблем истории и культуры кочевников Восточной Европы VII – начала VIII в. // Степи Европы в эпоху средневековья. Т.5. Донецк, 2006. С.7–244, 413–432.
59. *Мельничук А.Ф., Кузьминых А.Ю.* Новые исследования могильника Деменки // Археологическая экспедиция: новейшие достижения в изучении историко-культурного наследия Евразии. Ижевск, 2008. С.469–473.
60. *Плетнева С.А.* Кочевники южнорусских степей в эпоху средневековья. Воронеж, 2003. 248 с.
61. *Плетнева С.А.* Восточноевропейские степи во второй половине VIII – X вв. // Степи Евразии в эпоху средневековья. М., 1981. С.62–75.
62. *Лившиц В.А., Луконин В.Г.* Среднеперсидские надписи на серебряных сосудах // ВДИ. 1964. №3. С.155–176.
63. *Goldina R.D., Nikitin A.B.* New finds of Sasanian, Central Asian and Byzantine coins from the regions Perm, the Kama-Urals area // Silk Road Art and archaeology. Spesial Volume. Kamakura: The Institute of Silk Road Studies, 1997. P.111–125.
64. *Ат Табари:* История взятия Самарканда Кутейбой... Электронный ресурс: http://www.e-samarkand.narod.ru/Tabari.htm
65. *Вайнберг Б.И.* Монеты древнего Хорезма. М., 1977. 223 с.
66. *Семенов В.А.* Варнинский могильник // Новый памятник поломской культуры. Ижевск, 1981. С.5–135.
67. *Харитонов Д.Е.* Находка восточных монет V–VIII вв. в Прикамье // На Западном Урале. Пермь, 1962. Вып.4. С.170–176.
68. *Пастушенко И.Ю.* Круговая посуда неволинских памятников бассейна Сылвы // Археологическая экспедиция: новейшие достижения в изучении историко-культурного наследия Евразии: Материалы Всерос. научно-практ. конференции. Ижевск, 2008. С.387–400.
69. Электронный ресурс: http://ru.wikipedia.org/wiki/Хорезм
70. *Черных Е.М.* Бронзовая чаша из Аверинского II могильника: К вопросу об использовании привозной посуды населением Прикамья в I тыс. н.э. // Культовые памятники Камско-Вятского региона: Материалы и исследования. Ижевск, 2004. С.90–100.
71. *Левина Л.М.* Этнокультурная история восточного Приаралья, I тыс. до н.э. – I тыс. н.э. М., 1996. 396 с.

Статья поступила в редакцию 02.12.2011.

УДК 903: 550.3

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ КАМСКО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА: НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ И ЗАДАЧИ

М.Г. ИВАНОВА*, И.В. ЖУРБИН**

**Удмуртский институт истории, языка и литературы УрО РАН, г. Ижевск*
adm@ni.udm.ru
***Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск*
zhurbin@udm.ru

В статье представлены итоги археолого-геофизических исследований городищ Иднакар, Гуръякар, Учкакар, Рождественского. Применение компьютерных технологий на этапах камеральной и научной обработки материалов позволило получить новые знания по пространственной организации жизнедеятельности населения, планировке площадок, структуре и технологии формирования оборонительных сооружений и открывает новые возможности интерпретации археологических материалов.

Ключевые слова: **укрепленные поселения, археолого-геофизические исследования, стратиграфия, планировочная структура**

M.G. IVANOVA, I.V. ZHURBIN. INTERDISCIPLINARY RESEARCH OF ARCHAEOLOGICAL SITES OF THE KAMA-VYATKA REGION: SOME RESULTS AND PROBLEMS

The results of archaeological geophysical research of sites of ancient settlements Idnakar, Guryakar, Uchkakar, Rozdestvenskoe are presented. Application of computer technologies at stages of cameral and scientific treatment of materials allowed to ibtain new knowledge on the spatial organization of live activity of the population, planning of grounds, structure and technology of formation of defensive installations and opens new possibilities for interpretation of archaeological materials.

Key words: **sites of ancient settlements, archaeological geophysical research, stratigraphy, planning structure**

Эффективность комплексного подхода к изучению памятников археологии в последние годы убедительно подтверждается результатами работ ряда научных центров. На территории Камско-Вятского региона, известного в археологии России богатейшим историко-культурным наследием, наиболее выразительным примером использования естественнонаучных методов и информационных технологий являются исследования сотрудниками Удмуртского ИИЯЛ УрО РАН и Физико-технического института УрО РАН в бассейне р. Чепцы.

Верхнее и среднее течение р. Чепцы на территории Волго-Камья составляет своеобразный археологический микрорайон, насыщенный разнообразными памятниками: крупные городища, селища, погребальные памятники, клады монет и произведения восточной торевтики. Многие из них известны с конца XIX в. со времени издания работ А.А. Спицына и Н.Г. Первухина с первыми систематизированными сводами [1, 2]. В 1926–1930 гг. здесь проводили исследования А.П. Смирнов и С.Г. Матвеев. С выходом серии работ А.П. Смирнова, обобщенных в его фундаментальной монографии [3], памятники бассейна р. Чепцы стали эталоном удмуртских древностей эпохи средневековья. Планомерные исследования Удмуртской археологической экспедиции, созданной в 1954 г. под руководством В.Ф. Генинга, значительно расширили круг ранее известных источников [4]. С 1969 г. этот регион стал основным объектом исследований археологического подразделения, созданного в Удмуртском институте истории, языка и литературы УрО РАН. В результате обширных разведочных работ, систематических раскопок и оперативной публикации новых материалов памятники региона хорошо известны специалистам и широкому кругу людей, интересующихся историей и культурой народов Поволжья и Урала.

В настоящее время в бассейне р. Чепцы известно свыше 300 археологических памятников, основную часть которых исследователи объединяют в две хронологически последовательные и генетически связанные культуры: поломскую конца V – начала IX в. и чепецкую конца IX – начала XIII в. [5].

Методика и результаты междисциплинарных исследований планировки городища Иднакар

В последние десятилетия в результате раскопок городищ и погребальных памятников широкими площадями создана обширная база источников, углублена разработка направлений, намеченных предшественниками. Наиболее ярким памятником, предоставившим возможности глубже, объемнее и нагляднее раскрыть различные аспекты жизнедеятельности средневекового населения бассейна р. Чепцы, является городище Иднакар IX–XIII вв. За 37 лет исследований этого уникального памятника выявлены характер слоя и сооружений на всех структурных частях памятника, установлены принцип планировки и особенности возведения укреплений, изучены десятки жилых, производственных и хозяйственных сооружений, раскрыты многие аспекты материальной и духовной культуры. Результаты изучения богатейших материалов методами естественных наук – биологии, геоморфологии и почвоведения, археозоологии, археометаллографии – дали принципиально новые данные для более глубокого понимания фундаментальных проблем истории и культуры финно-угорского Средневековья [6].

Особенностью изысканий является обращение исследовательской группы к разработке методических и технологических проблем, активному внедрению широкого спектра методов естественных наук, основными из которых являлись малоглубинная геофизика и компьютерные технологии.

Археогеофизические исследования. Проведение геофизических исследований на территории археологических памятников основывается на принципе жесткого взаимодействия археологии и геофизики: предварительные геофизические измерения – интерпретация – контрольные раскопки – корректировка методики геофизических измерений. Очевидно, что проверка геофизических реконструкций в ходе раскопок является наиболее достоверным способом оценки корректности интерпретации.

В начале 1990-х гг. городище стало экспериментальной базой для комплексных археогеофизических исследований. Создан уникальный многоэлектродный электроразведочный комплекс «Иднакар», предназначенный для изучения планировки и структуры археологических памятников на основе геофизических измерений [7]. Значительная площадь внутренней и средней частей городища, за исключением разрушенных участков, была охвачена геофизическими исследованиями. В настоящее время общая площадь участка электрометрических измерений составляет более 8 тыс. м^2 (рис. 1). Основная проблема, которая решалась с использованием электроразведки, состояла в восстановлении планировки той части городища, на которой не предполагались археологические раскопки. По результатам геофизических исследований (электропрофилирование) построена карта расположения археологических объектов, определяющих структуру и планировку городища, – фортификационные сооружения, глинобитные площадки сооружений, очаги, ямы и др.

Для дальнейшего развития археогеофизических исследований на городище Иднакар были проведены раскопки на нескольких ключевых участках (рис. 1). На рис. 2 в качестве примера приведены результаты комплексного изучения участка, содержащего внутренний вал и основание сооружения. Границы объектов, выявленные в результате раскопок, показаны сплошными линиями. Необходимо отметить, что форма, структура и сопротивление

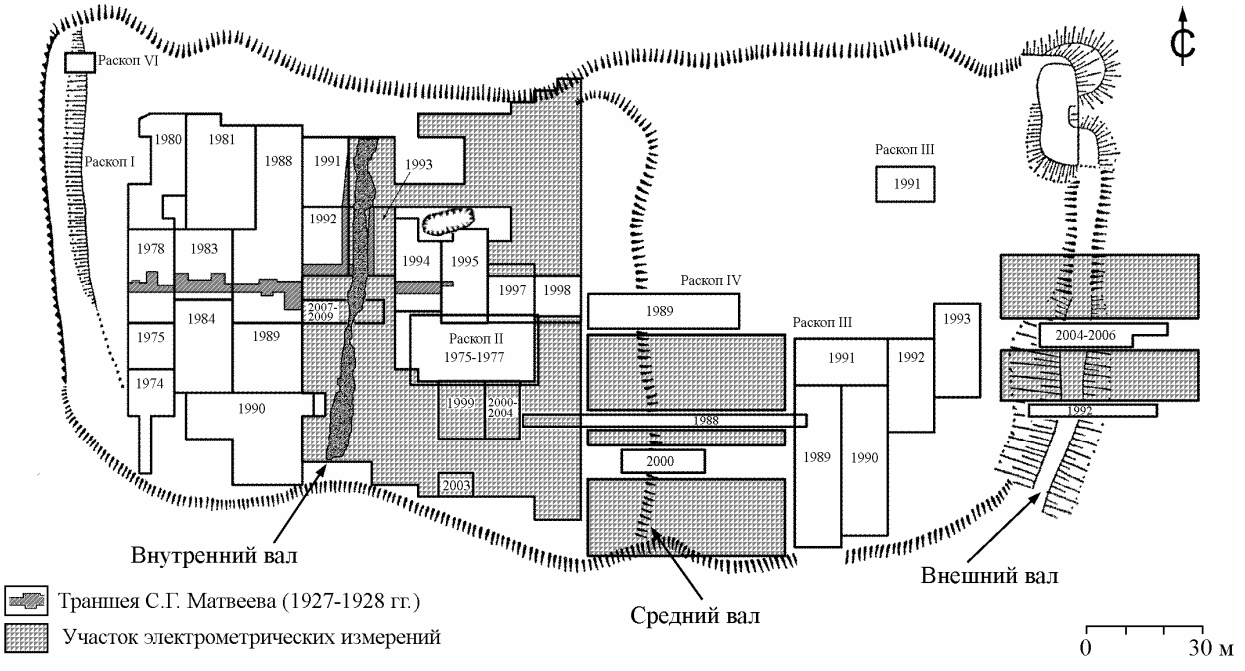


Рис. 1. План городища Иднакар. Расположение участков археологических раскопок и геофизических исследований.

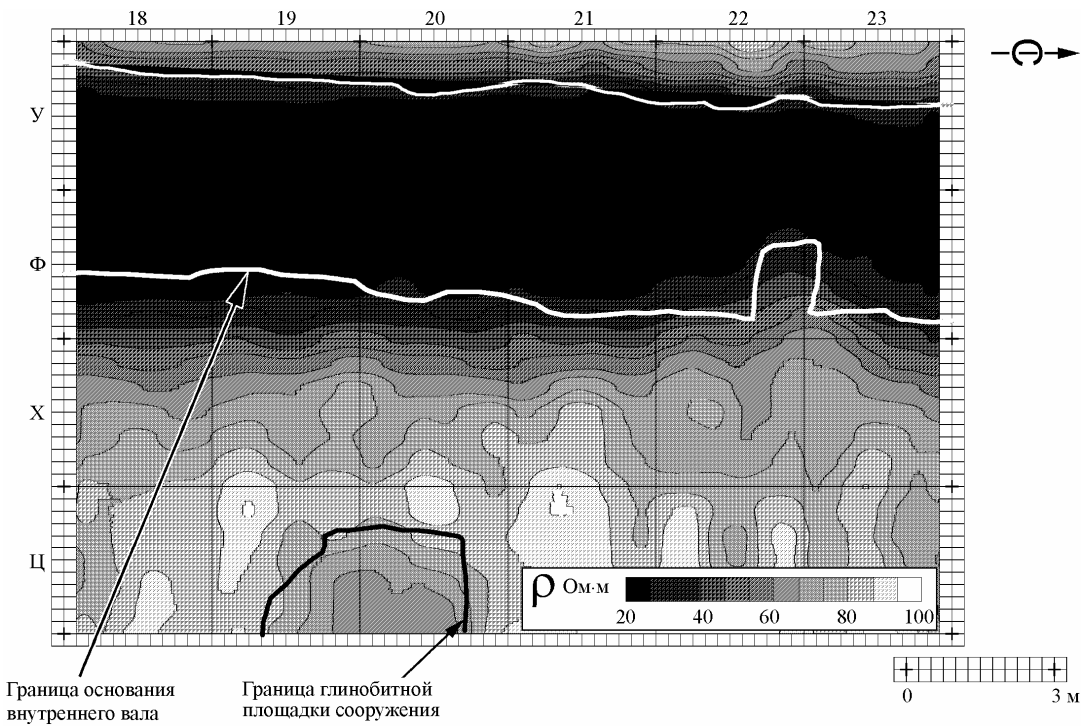


Рис. 2. Результаты археогеофизических исследований раскопа 1993 г.

аномалий, вызванных валом и площадкой сооружения, хорошо согласуются с предварительными предположениями. Кроме того, сравнение карты распределения удельного сопротивления с картой расположения археологических объектов, полученной при раскопках, показало, что абсолютная погрешность определения контура границ в основном не превышала 0,25 м. Анализ результатов комплексных исследований на участках раскопов 1993, 1999–2002, 2007–2009 гг. (рис. 1) позволил создать эталоны аномалий, вызванных различными типами археологических объектов. Объединение материалов многолетних археологических раскопок и геофизических данных дало возможность восстановить планировку внутренней и центральной частей городища (рис. 3). По данным геофизики она основана на классификации выделенных археологических объектов (анализ формы и структуры геофизических аномалий), уточненной результатами археологических раскопок. Соответственно, обязательным условием комплексных археогеофизических исследований является формирование единой археологической и геофизической координатной сетки памятника, необходимой для проверки геофизических данных контрольными раскопками.

Внедрение компьютерных технологий. При обработке археологической информации в изучении городища Иднакар стали использоваться новые методы полевых и лабораторных (камеральных) исследований, технологической основой которых являются базы данных находок, оцифрованные плоскостные карты горизонтальных и вертикальных разрезов культурного слоя и компьютерные пространственные модели выделенных объектов и слоев. Необходимость их применения была вызвана как логикой развития археологии, так и сложностью обработки большого объема материалов памятника традиционными методами. Определение хронологии и функционального назначения многочисленных сооружений, располагавшихся в разных пластах культурного слоя, требовало скрупулезного изучения стратиграфического и планиметрического распределения огромного массива вещевого материала (более 50 тыс.). Выполнение таких исследований традиционными методами оказалось практически невозможным. Более того, выявление распределения сооружений по хронологическим периодам, обоснованная реконструкция формирования и динамики развития планировки поселения в условиях почти полного разрушения деревянных построек, требовали детального анализа содержания культурных напластований, анализа изменения их структуры и мощности.

Обеспечение корректного применения компьютерных технологий на этапах камеральной и научной обработки материалов городища потребовало смены отношения к выбору, фиксации и обработке артефактов и, в частности, категорий массового материала. С середины 1990-х гг. обязательным элементом методики раскопок на городище Иднакар являются инструментальные замеры, начиная от дневной поверхности раскопа, и единая трехмерная система координат. Для учета находок за основу была принята методика индивидуальной фиксации в контексте изучаемого слоя [8]. Разработанный формат полевой документации определил структуру специально созданной базы данных находок [9], что позволило проводить анализ вещевого комплекса не по горизонтам вскрытия, а исходя из тенденций залегания их в слое.

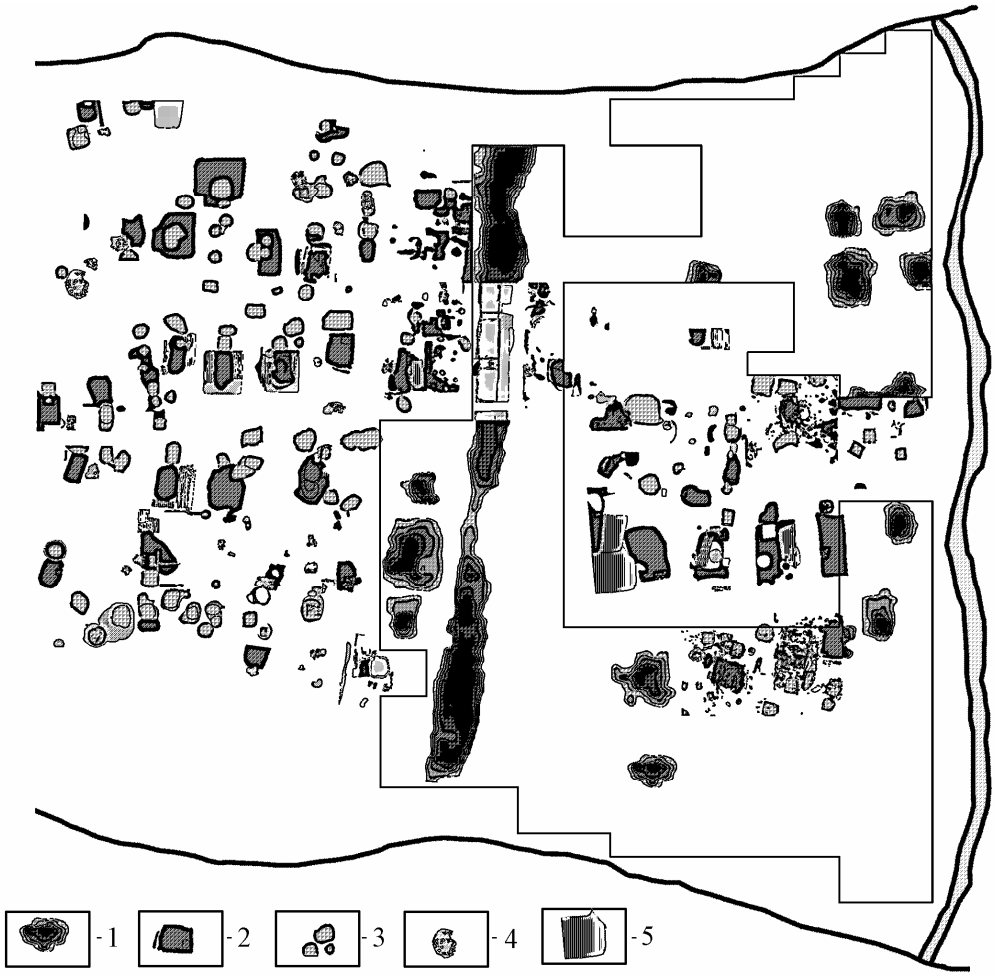


Рис. 3. Планировка городища Иднакар по результатам междисциплинарных исследований.
1 – геофизические аномалии; 2 – глинобитные площадки; 3 – ямы; 4 – очаги, зольники; 5 – деревянные конструкции, древесный тлен.

Обработка полевой графической информации производилась на основе технологии компьютерного картографирования в геоинформационной системе Mapinfo [10]. Методика документирования результатов археологических раскопок позволяет преобразовать чертежи, выполненные на бумажных носителях в полевых условиях, в цифровые карты планиграфических и стратиграфических разрезов культурного слоя в векторном формате (рис. 4). В результате оцифровки каждый разрез хранится в компьютере как совокупность границ, которые разделяют различные элементы культурного слоя (объекты планировки, прослойки, напластования, линзы, заполнение объектов и пр.). При этом грунты различного состава и цветности, составляющие регулярные и нерегулярные слои, прослойки и напластования, кодируются в базе данных в соответствии с исходной археологической документацией. Апробация описанной технологии показала, что дополнительные временные затраты на этапе преобразования полевой документации оправданы, так как в дальнейшем технология компьютерного картографирования обеспечивает высокую эффективность научных исследований на всех этапах изучения памятника: планировки структурных частей; структуры археологических комплексов и отдельных объектов, входящих в их состав; особенностей распределения находок. В частности, при анализе отдельных объектов выборочное отображение структурных элементов и строительных конструкций (столбовые ямы, остатки настилов, укрепляющие элементы и т.д.) обеспечивает высокую степень наглядности при изучении технологии строительства археологических объектов и восстановлении относительной хронологии развития элементов археологических комплексов.

Аналогичный подход используется при оцифровке растровых изображений геоэлектрических разрезов, отражающих распределение сопротивления в плоскости измерений. Весь диапазон сопротивления на участке исследований разбивается на несколько поддиапазонов, каждому из которых при отображении присваивается определенный цвет. Численное значение удельного сопротивления грунта определяет цвет в соответствующей точке изображения. Следовательно, археологические объекты (области грунта одинакового состава) изображаются областями одного цвета (или нескольких близких цветов), контуры которых повторяют в общих чертах границы разрезов объекта.

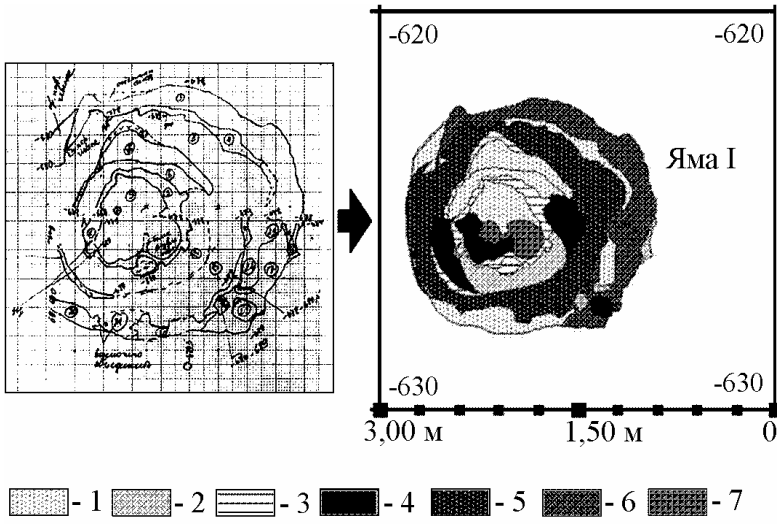


Рис. 4. Оцифровка плоскостной карты горизонтального разреза культурного слоя.
1 – серая плотная глина с включениями угля и золы (слой 6); 2 – пестроцвет с включениями серой глины и угля (слой 24); 3 – уголь (слой 8); 4 – черный гумус с включениями угля (слой 10); 5 – пестроцвет с включениями красной и коричневой глины, дерева (слой 15а); 6 – пестроцвет с включениями коричневой глины и песка (слой 15б); 7 – зола с включениями кальцинированной кости (слой 17).

Оцифрованные археологические и геофизические разрезы являются основой для построения пространственной модели культурного слоя поселения (рис. 5). Границы поддиапазонов созданной геофизической «шкалы» позволяют оценить уровень сопротивления, маркирующий границы различных составляющих культурного слоя (рис. 5 а, б). На основании этого осуществляется построение изолиний – на геофизической карте соединяются точки с одинаковым значением сопротивления, равным уровню на границе искомого археологического объекта. Следовательно, на группе геофизических разрезов формируется набор контуров границ искомого объекта поиска (рис. 5 в). Следующий этап связан с построением поверхности, ограничивающей трехмерную модель объекта. Это предполагает построение пространственной оболочки, связывающей все выделенные изолинии (рис. 5 г). Пространственная модель объекта по археологическим данным формируется аналогичным образом. На нескольких смежных разрезах выбирается группа контуров, ограничивающих области грунта одинакового типа (соответствующие выбранному слою по археологической документации), и строится поверхность, содержащая все выделенные границы.

В данном случае задача компьютерного моделирования состоит в максимально точном восстановлении формы и геометрических параметров каждого из объектов, а также их взаимного расположения. Разработаны оригинальные методы геометрического моделирования формы археологических объектов, которые предполагают построение поверхности объекта по набору плоскопараллельных срезов [11]. Этот комплекс методов, основанный на алгоритме выпуклых оболочек, позволяет в условиях информационной ограниченности исходных данных (двухмерность и дискретное представление) сформировать математическое описание пространственной модели, соответствующее трехмерной структуре объектов культурного слоя археологических памятников. В рамках данного направления также разработаны специализированные методы предварительной обработки данных археологических раскопок и малоглубинных геофизических исследований: методы фильтрации, векторизации и оптимизации контуров областей. Для реализации пространственной модели культурного слоя создано специализированное программное обеспечение.

Создание виртуальных образов отдельных сооружений и культурного слоя археологических памятников важно не только для решения сугубо научных проблем, но и для использования в качестве иллюстративных материалов в музейных экспозициях и образовательных учреждениях.

К существенным достижениям применения компьютерных технологий можно отнести результаты **реконструкции планировки городища Иднакар**, что позволило обосновать этапы его формирования и развития. Выполнение таких исследований затруднено плохой сохранностью сооружений из дерева, которые в слое поселений лесной зоны почти полностью разрушаются. Иднакар функционировал на протяжении четырех веков, деревянные сооружения перестраивались, площадка расширялась, могло меняться и функ-

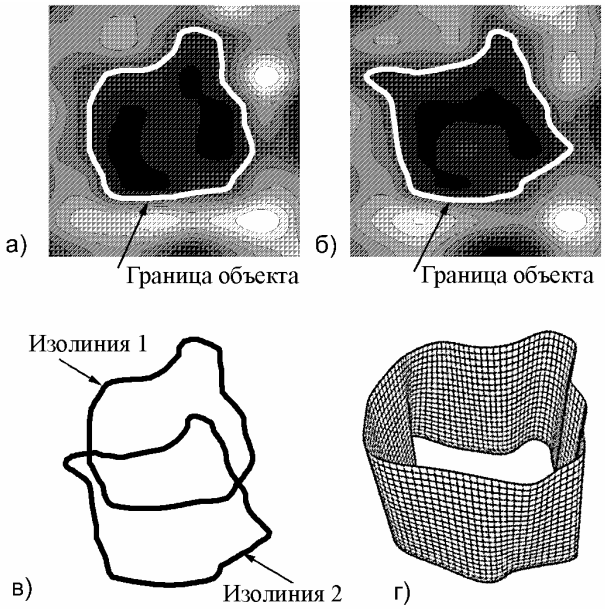


Рис. 5. Способ построения трехмерной модели археологических объектов по геофизическим данным: а) карта распределения сопротивления на глубине 0,35 м; б) карта распределения сопротивления на глубине 0,50 м; в) контуры объекта поиска на глубинах 0, 35 м и 0,50 м; г) поверхность модели объекта поиска.

циональное зонирование. Именно поэтому особое внимание уделялось детальному анализу содержания культурных напластований, характеру изменения их структуры и мощности. Выделение на компьютерной карте археологического разреза отдельных слоев, их устойчивых сочетаний, относящихся к конкретным объектам, дало возможность определения последовательности изменения параметров отдельных объектов, комплексов сооружений, выделения стратиграфических периодов функционирования, закономерностей возникновения и локализации участков производственной и хозяйственной деятельности.

Важным результатом применения компьютерных технологий является **выделение пяти уровней планировки**, которые соответствуют стратиграфическим периодам функционирования площадки средней части. В то время как предыдущие исследования позволили определить два периода: IX–XI и XI–XIII вв. [12, с. 62–65, 69–70, 78–80, рис. 27].

Первые разработки по детальному стратиграфическому и планиметрическому анализу распределения слоев и находок были выполнены на ограниченных материалах раскопок 1999 г. [13], затем дополнены источниками, полученными в 2002–2004 гг. [14]. Детальная идентификация слоев всей изученной средней части площадки 1994–2004 гг. позволила выделить еще один наиболее ранний уровень сооружений, представленных преимущественно ямами. Распределение категорий вещевого комплекса, полученного в результате раскопок 1994–2004 гг. со всей изученной средней части площадки, дало возможность выявить этапы функционирования площадки. В наиболее раннем уровне планировки хронологически показательные вещи не обнаружены. Второй уровень планировки функционировал в X в., хотя не исключено начало освоения площадки и в конце IX в., следующий уровень – в X–XI вв., третий – в пределах XI–XII, самый поздний – XII–XIII вв., т.е. достаточно определенно выстраивается последовательность развития с X по XIII в., однако границы размыты. С известной осторожностью можно предположить, что уровни планировки функционировали примерно на протяжении столетия. В целом проведенные работы подтверждают определенные ранее хронологические рамки городища Иднакар и окружающих памятников в пределах конца IX–XIII вв.

Таким образом, на основе разработанных геофизических методов, методики моделирования и компьютерных технологий были получены существенные научные результаты, которые невозможно выявить с использованием только традиционных методов археологии. Исследования материалов городища Иднакар наглядно демонстрируют, что реализация предложенного междисциплинарного подхода при изучении укрепленных поселений существенно расширяет источниковедческую базу для системных историко-культурных реконструкций в регионе.

Методика и результаты комплексных исследований оборонительных сооружений поселений Прикамья

Наряду с материалами по планировке структурных частей в выявлении динамики развития укрепленных поселений определяющее значение имеют **источники по оборонительным сооружениям,** поскольку именно линии укреплений разграничивают площадку поселения. В рамках этого направления исследований разработана методика комплексных геофизических измерений (малоглубинная электроразведка), направленная на детальное изучение формы, геометрических параметров, структуры и состава грунтов оборонительных сооружений. Реконструкция планиграфии основана на анализе карт распределения сопротивления, которые ориентированы горизонтально в плоскости, параллельной поверхности участка измерений (электропрофилирование). Полученная информация обеспечит достоверную качественную интерпретацию – выявление местоположения археологических объектов, а также предварительную оценку их контура и глубины залегания. Данная составляющая комплексной методики обеспечивает возможность оперативного поиска оборонительных конструкций, которые в настоящее время визуально не прослеживаются, например, засыпанные рвы и сглаженные распашкой валы. Для детальной реконструкции пространственных характеристик археологических объектов необходимо дополнить данные геофизической «планиграфии» информацией о стратиграфии культурного слоя. Реконструкция стратиграфии основана на анализе геоэлектрических разрезов – карт распределения сопротивления в вертикальной плоскости, расположенной вдоль выбранного профиля (электротомография). Обычно исследования проводятся по системе параллельных профилей, ориентированных поперек оборонительных сооружений. Следовательно, геофизические «планиграфия» и «стратиграфия» взаимно дополняют друг друга. При их комплексном применении появляется возможность реконструировать структуру культурного слоя археологических памятников и существенно уточнить геометрические параметры изученных объектов. Сравнение геофизической реконструкции с результатами археологических раскопок позволяет оценить корректность геофизических данных.

На основе описанной методики археогеофизических измерений восстановлена технология возведения всех трех линий защитных сооружений городища Иднакар на всем их протяжении. Удовлетворительная сохранность двух линий укреплений, материалы раскопок ныне еще одного не просматривающегося внутреннего вала и топографические особенности памятника предоставляют реальные возможности для комплексного изучения системы обороны Иднакара на новом качественном уровне (рис. 1).

Результаты археолого-геофизических исследований внутренней линии укреплений позволяют

предположить, что вал представлял собой достаточно однородный массив глины длиной не менее 84 м, основа вала – срубы, забутованные материковой глиной. В более поздний период функционирования городища территория заплывшего рва активно использовалась жителями: зафиксированы врезки в основание вала, очаги, остатки столбовых конструкций. Форма вала в профиле на всем его протяжении практически неизменна: близкая к вертикальной внутренняя сторона и пологий наружный склон [15]. Дальнейшие исследования, связанные с раскопками участка внутренней линии обороны, на планшете геофизических измерений полностью подтвердили достоверность геофизической реконструкции. На геоэлектрическом разрезе (рис. 6 а) контрастно выявляются контуры сохранившегося основания внутреннего вала и ров. Сплошной черной линией показана граница культурных напластований, выявленная при раскопках данного участка оборонительных сооружений (рис. 6 б). При этом непосредственная проверка геофизического прогноза позволила создать эталоны для определения напластований различных типов по геофизическим данным, которые успешно использовались при анализе геофизических разрезов двух других линий укреплений городища Иднакар. На геоэлектрическом разрезе областям относительно низкого удельного сопротивления (10-40 Ом.м) соответствуют слои глины и суглинка археологического разреза (основание вала), а областям относительно высокого сопротивления (50-80 Ом.м) – слои с содержанием гумуса и супеси с различными включениями.

Геофизические исследования средней линии укреплений выявили не менее четырех вариантов структуры насыпи вала: суглинки с различными примесями, перекрытые с внешней стороны материковой глиной (длина участка 24 м); песчаная основа, перекрытая суглинками и материковой глиной (28 м); суглинки (внутренняя часть) и супеси (внешний склон) с различными примесями, перекрытые с внутренней стороны материковой глиной (14 м); насыпь материковой глины (4 м). Практически по всей длине вал с внутренней стороны был укреплен прокаленной глиной [16].

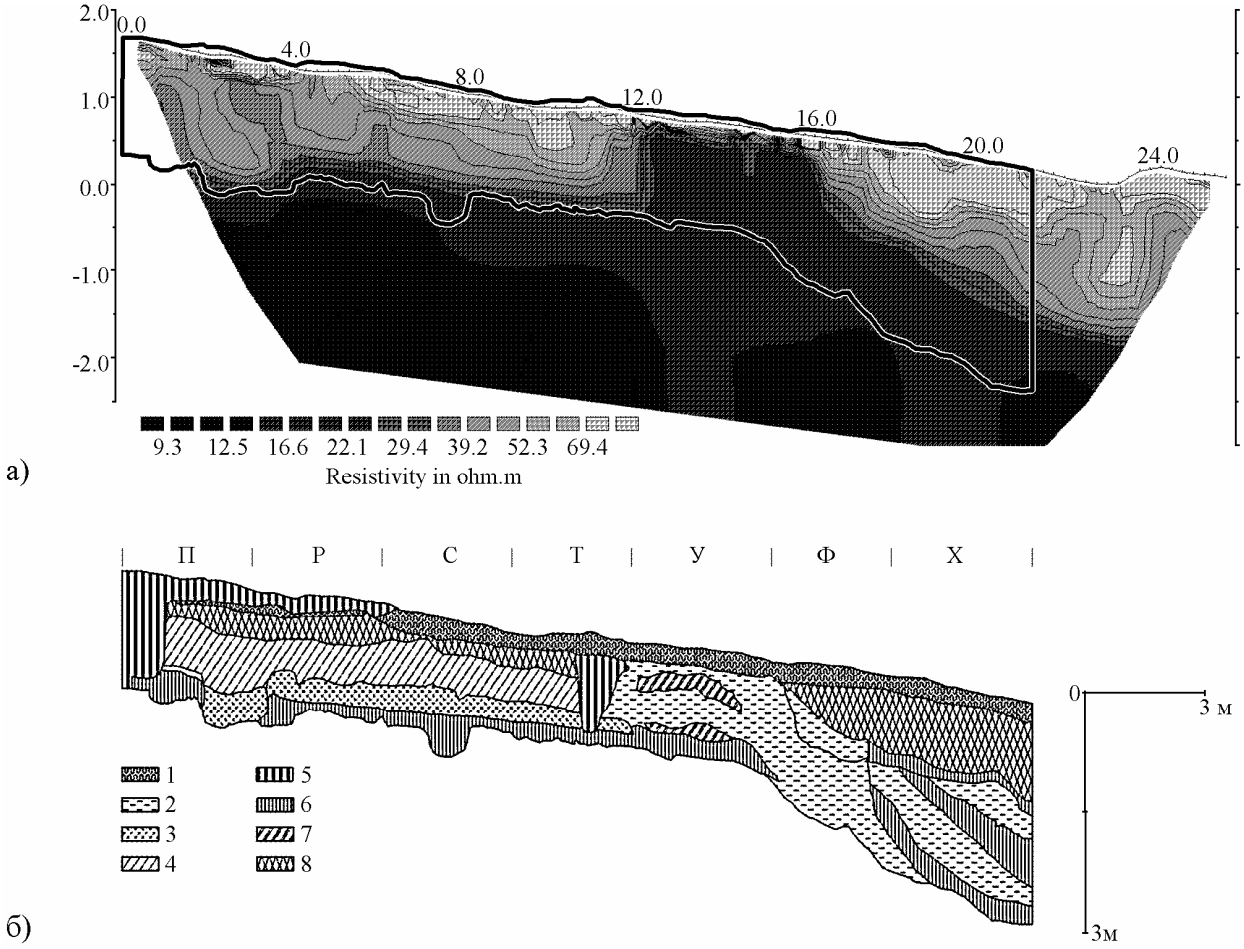


Рис. 6. Междисциплинарные исследования внутренней линии оборонительных сооружений городища Иднакар: а) геоэлектрический разрез вдоль северной стенки раскопа 2007–2009 гг.; б) обобщенная прорисовка северного профиля раскопа (вид с юга).
1 – дерново-пахотный слой; 2 – глина различных оттенков; 3 – темный гумус; 4 – золистая супесь; 5 – перекоп, насыпной слой; 6 – плотный однородный суглинок (палеопочва); 7 – суглинок с включениями глин различных цветов; 8 – темная супесь с гумусом.

Электрометрические исследования внешней линии (длина участка 42 м) позволили предположить, что на всем сохранившемся участке ядро насыпи вала сформировано суглинком с гумусом, его перекрывает слой глины. Склоны вала достаточно пологие.

Таким образом, была разработана и экспериментально апробирована методика, позволяющая восстановить форму, размеры и структуру оборонительных сооружений. По результатам комплексных археолого-геофизических исследований восстановлена структура всех трех линий оборонительных сооружений городища Иднакар. Сравнительный анализ геофизических данных позволяет утверждать, что не существовало единого стандарта при возведении валов. Наиболее контрастно эту особенность демонстрируют результаты изучения средней линии укреплений. Достоверность геофизических реконструкций была подтверждена раскопками.

Междисциплинарные исследования городища Иднакар позволили сформировать комплекс методов реконструкции поселенческих памятников, эффективность которых подтверждена исследованиями других средневековых городищ Прикамья (Гуръякар, Учкакар и Рождественское). Апробация междисциплинарной методики при изучении оборонительных сооружений других средневековых городищ в бассейне р. Чепца (Учкакар и Гуръякар) и на Верхней Каме (Рождественское) доказало ее эффективность. Площадка Гординского I **городища Гуръякар** много лет распахивалась, в результате чего оборонительные сооружения в рельефе практически не выражены: высота валов 0,1–0,4 м, а глубина рва в центре внешний линии – 0,1–0,5 м. Электрометрические исследования позволили уточнить расположение всех трех линий оборонительных сооружений, ширину и форму сохранившихся оснований валов, а также оценить размеры рвов. Геофизические исследования **Рождественского городища** проводились на двух разноплановых участках линии укреплений: на сохранившихся участках оборонительных сооружений и на разрушенной части (вал срезан для прохода сельскохозяйственной техники на площадку городища). На разрушенном участке основание вала однозначно фиксируется на геофизической карте, по данным электрометрии возможна оценка расположения и размеров ядра вала. На сохранившейся части оборонительных сооружений отмечены отличия структуры напластований вала в различных частях поселения. Предварительные исследования оборонительных сооружений внутренней линии укреплений Кушманского **городища Учкакар** позволяют предположить, что насыпь вала сформирована из суглинков с различными примесями, перекрытых с внешней стороны мощным массивом материковой глины. Аналогичная структура зафиксирована при геофизических и археологических исследованиях среднего вала городища Иднакар.

Следовательно, данный подход открывает перспективы детального изучения каждой линии обороны по всей длине, что практически нереально традиционными методами раскопок, но вполне возможно при использовании геофизических измерений. Предложенные методы эффективны при поиске разрушенных участков укреплений, восстановлении структуры и формы оборонительных сооружений на всем их протяжении, выявлении разноплановых участков и, как следствие, для реконструкции системы обороны в целом. В последующем возможна модификация методики с учетом особенностей других укрепленных поселений, состояния их культурного слоя, геометрических и структурных параметров объектов планировки.

Комплексные исследования структуры и планировки Кушманского городища Учкакар

В 2011 г. исследовательский коллектив приступил к реализации нового междисциплинарного проекта на Кушманском комплексе памятников IX–XIII вв., включающего городище, селища и могильник, с целью последующей реконструкции процесса формирования и этапов развития, выявления характера взаимосвязей памятников. Городище Учкакар является одним из крупнейших в Прикамье, имеет две просматривающиеся линии обороны, мощный культурный слой. Материалы этого комплекса крайне важны для сравнительного изучения средневековых укрепленных поселений чепецкой археологической культуры – реконструкции процессов освоения и использования площадок поселений, формирования планировочной структуры, восстановления формы и структуры оборонительных сооружений, анализа комплексов вещевого инвентаря.

В настоящее время проведены предварительные геофизические и археологические исследования по выявлению мощности и структуры культурного слоя городища, изучению сооружений, получению материалов для хронологических определений. Поэтому в первую очередь основное внимание было уделено комплексным геофизическим измерениям площадки, ориентированным на локализацию объектов планировки (основания сооружений, ямы, очаги и пр.), линий обороны и предварительной оценки их формы.

С применением комплексной методики малоглубинной электроразведки (электропрофилирование и электротомография) полностью изучена внутренняя часть Кушманского городища Учкакар (около 6900 м^2). Эта структурная часть поселения занимает мысовую часть холма, на котором расположено поселение, в напольной части площадка ограничена хорошо сохранившейся по всей длине линией укреплений. Именно этими ландшафтными и структурными особенностями площадки поселения обусловлена специфическая форма участка измерений (рис. 7). Анализ геофизических данных позволяет утверждать, что изученный участок можно разделить на две принципиально разные части, отличающиеся характером и мощностью культурных напластований. Стрелка мыса в древности была ограничена дугообразным рвом (ширина 6–8 м, глубина более 1 м), который в настоящее время заполнен гумусированным слоем (квадраты Л-Ф/16-27). Необходимо подчеркнуть, что данный объект не выражен в рельефе и не выделяется по характеру растительности. На участке, ограниченном

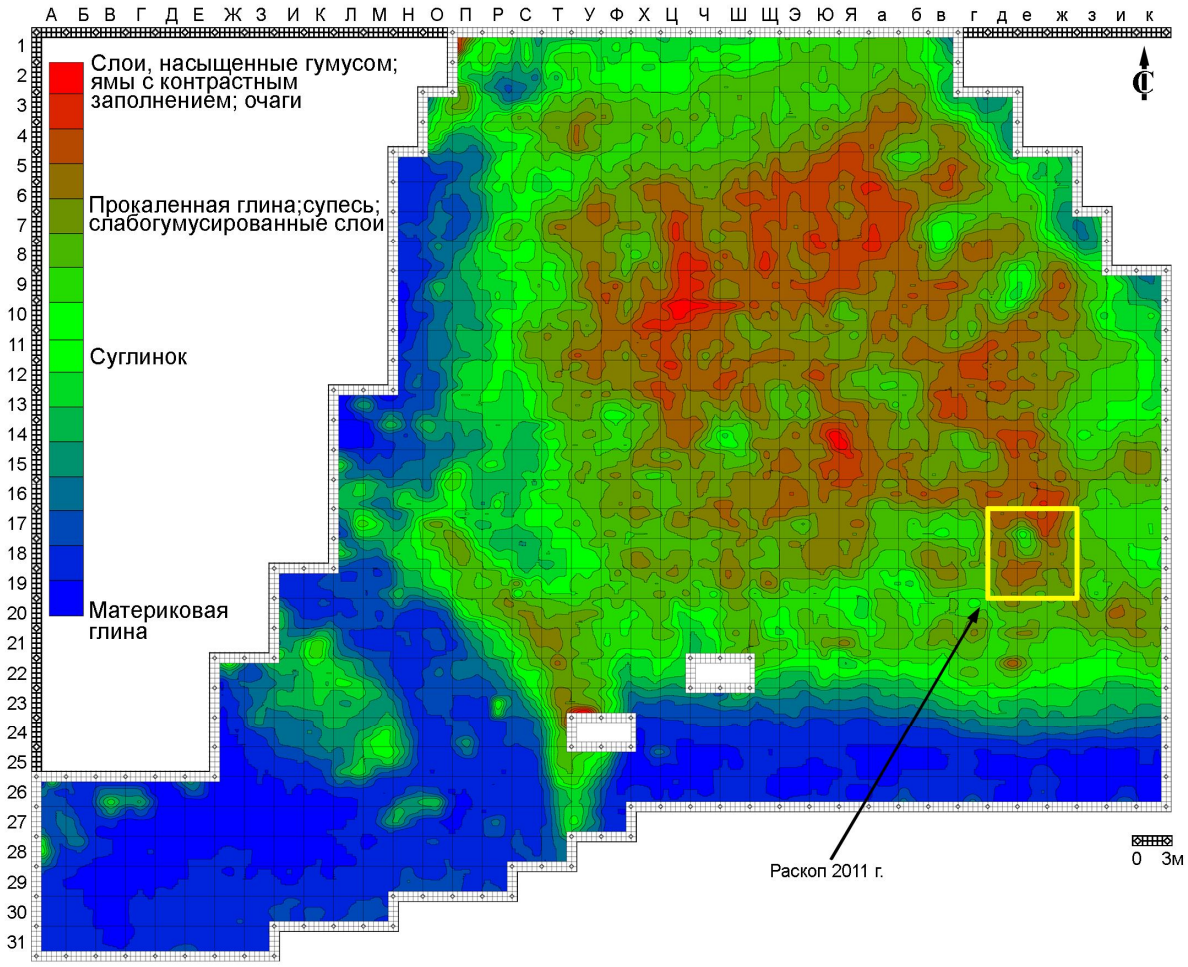


Рис. 7. Электропрофилирование внутренней части площадки Кушманского городища Учкакар.

этим рвом, культурный слой практически отсутствует, а на фоне «стерильного» грунта фиксируются котлован подпрямоугольной формы размерами около 8х18 м (квадраты И-Н/20-25) и несколько небольших локальных ям. Другая часть исследованной территории, расположенная между выявленным рвом и внутренней линией укреплений, характеризуется мощным культурным слоем (до 1,5 м). По данным геофизики выявлено не менее 16 сооружений подпрямоугольной формы, расположенных в четыре ряда и ориентированных параллельно внутреннему валу (например, квадраты а-б/4-5; д-е/17-18; Я-б/12-13). Важный момент с точки зрения реконструкции планировки Кушманского городища Учкакар состоит в том, что площадки сооружений, расположенные вдоль вала, значительно мощнее, больше по площади и ориентированы перпендикулярно валу (квадраты а-б/4-5; б-в/7-8; д-е/9-10). Необходимо заметить, аналогичная ситуация выявлена и при раскопках внутренней структурной части городища Иднакар.

Безусловно, все высказанные предположения требовали археологической проверки. Расположение раскопа было определено по результатам геофизических исследований слоя (рис. 7). По аналогии с городищем Иднакар можно было предположить наличие на этом участке площадки прокаленной глины (как правило, составляющей центральную часть жилища), которая окружена слоем темного гумуса с разнообразными включениями (песок, глина, уголь, зола, древесный тлен и пр.). Такой контраст структуры и состава грунтов определяет геофизическую аномалию специфической формы – подпрямоугольный участок низкого сопротивления, окруженный по периметру областью высокого сопротивления. Последующие раскопки с использованием методов выборки слоя, фиксации и обработки артефактов, разработанных и используемых в последнее десятилетие при раскопках городища Иднакар, подтвердили прогноз – в центре раскопа была обнаружена глинобитная конструкция со следами долговременного воздействия огня. Вокруг фиксировались очаги, сложенные из песчаника, заполненные золой, крупные скопления костей животных, которые, возможно, были заготовлены в качестве сырья для изготовления различных изделий. Общую картину дополнили многочисленные орудия труда, украшения, костяные и металлические изделия, извлеченные из слоев бусины из цветного стекла.

В целом, наиболее важными итогами начального этапа изучения Кушманского городища Учкакар является выявление ранее неизвестной структурной части поселения, принципиально отли-

чающейся по характеру культурных напластований, и реконструкция планировки внутренней части поселения в целом.

Основные результаты и перспективы исследований

Междисциплинарные исследования на укрепленных поселениях Камско-Вятского региона (городища Иднакар, Гуръякар, Учкакар, Рождественское) показали, что применение специализированной методики геофизических измерений (электроразведка), компьютерных технологий при анализе археологических материалов и данных малоглубинной электроразведки позволяет получить нетривиальные научные результаты, достижение которых не могут обеспечить только традиционные методы археологии.

Разработана и успешно апробирована схема уточнения информации об археологическом памятнике, которая реализуется на основе последовательного применения различных естественнонаучных методов. В частности, на примере городищ Иднакар, Гуръякар и Учкакар показано, что планирование геофизических исследований обеспечивает возможность обоснованного выявления структурных частей поселения и восстановления их планировки при ограниченном объеме раскопок (рис. 3, 7). В свою очередь, результаты комплексных электрометрических измерений доказали их эффективность не только при изучении локальных объектов планировки (сооружения, ямы, очаги), но и при анализе формы, размеров и структуры оборонительных сооружений даже при отсутствии выраженных рельефных признаков (рис. 6). Принципиально важно, что геофизические реконструкции на всех этапах исследований подтверждены археологическими раскопками, что является наиболее достоверным способом оценки корректности интерпретации (рис. 2, 6).

Использование компьютерных технологий на всех этапах камеральной обработки, анализа материалов и представления археологических и геофизических данных (рис. 4, 5) дает исследователю широкие возможности. Обобщение огромного массива исходных данных, выявление тенденций в распределении артефактов, особенностей сочетания грунтов различных типов и соотнесение этой информации с зафиксированными остатками археологических сооружений позволяет восстановить последовательность изменения параметров объектов, а также оценить хронологию и особенности формирования комплексов сооружений. Очевидно, что такой многофакторный анализ возможен только на основании специализированной компьютерной модели, реализующей возможности пространственного анализа распределения точечных (находки) и трехмерных (слои, напластования и пр.) объектов. Следовательно, предложенный подход позволяет не только более наглядно представить результаты междисциплинарных исследований, но и обеспечивает удобство их обобщения и интерпретации.

Задачей следующего этапа сложившийся исследовательский коллектив видит в получении новых знаний о других наиболее значимых поселениях бассейна р. Чепцы. На некоторых из них раскопками изучены лишь небольшие участки, состояние и содержание культурного слоя на всей площадке остается неизвестным, и поэтому использование их в качестве источников для историко-культурных реконструкций весьма проблематично. Проведение обширных археологических исследований в настоящее время, с одной стороны, практически нереально, с другой – при раскопках безвозвратно разрушается культурный слой, что влечет за собой полное или частичное разрушение объекта наследия. Поэтому информацию о мощности слоя памятников, его границах и содержащихся в его напластованиях сооружениях могут предоставить геофизические исследования, сохраняя основную площадь памятника от разрушения в процессе раскопок. На основании данных о планировке возможно выделение эталонных объектов и проведение в последующем дополнительных геофизических исследований и компьютерного моделирования с целью реконструкции их образа и восстановления пространственных характеристик. Информация о границе распространения культурного слоя, полученная по данным малоглубинной электроразведки, позволит определить зоны охраны памятника с последующей фиксацией в землеустроительной документации, что необходимо для принятия мер по сохранению объектов историко-культурного наследия в процессе любых земляных работ и строительства.

Исследования выполняются при финансовой поддержке РФФИ, грант 11-06-00213а.

Литература

1. *Первухин Н.Г.* Опыт археологического исследования Глазовского уезда Вятской губернии // Материалы по археологии восточных губерний России. М., 1896. Т. 2. 261 с.
2. *Спицын А.А.* Приуральский край: Археологические розыскания о древнейших обитателях Вятской губернии // Материалы по археологии восточных губерний России. М., 1893. Т. 1. 192 с.
3. *Смирнов А.П.* Очерки древней и средневековой истории народов Поволжья и Прикамья // МИА. 1952. № 28. 276 с.
4. *Генинг В.Ф.* Археологические памятники Удмуртии. Ижевск, 1958. 192 с.
5. *Иванов А.Г., Иванова М.Г., Останина Т.И., Шутова Н.И.* Археологическая карта северных районов Удмуртии. Ижевск, 2004. 276 с.
6. *Иванова М.Г., Журбин И.В.* Опыт междисциплинарных исследований древнеудмуртского городища Иднакар IX–XIII вв. // Археология, этнография и антропология Евразии. 2006. № 2 (26). С. 68–79.
7. *Алексеев В.А., Журбин И.В., Зверев В.П.* Патент RU № 2091819. «Устройство для геоэлектроразведки». Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт Уральского отделения РАН.
8. *Корякова Л.Н, Стефанов В.И., Стефанова Н.К.* Проблемы методики исследования древних

памятников и культурно-хронологическая стратиграфия поселения Ук III. Свердловск, 1991. 72 с.

9. *Косарева М.В., Будин А.В.* Применение базы данных для первичной обработки, сохранения и использования информации городища Иднакар // Новые исследования по средневековой археологии Поволжья и Приуралья. Ижевск, 1999. С. 244–246.
10. *Степанова Г.А., Смагин М.Г.* К вопросу о методике извлечения, обработки и сохранения первичной информации на примере городища Иднакар // Новые исследования по средневековой археологии Поволжья и Приуралья. Ижевск, 1999. С. 230–243.
11. *Журбин И.В., Смурыгин А.В.* Геометрическое моделирование объектов по данным малоглубинной электроразведки // Геоинформатика. 2009. № 2. С. 31–36.
12. *Иванова М.Г.* Иднакар: Древнеудмуртское городище IX–XIII вв. Ижевск: УИИЯЛ УрО РАН, 1998. 294 с.
13. *Иванова М.Г., Степанова Г.А.* Вещевой материал городища Иднакар в контексте исследованного пространства: по материалам раскопок 1999 г. // Удмуртской археологической экспедиции – 50 лет: Материалы Всерос. науч. конф. Ижевск, 2004. С. 238–263.
14. *Иванова М.Г., Степанова Г.А.* Использование компьютерных технологий в обработке культурного слоя городища Иднакар // Археология и компьютерные технологии: представление и анализ археологических материалов. Ижевск, 2005. С. 29–44.
15. *Иванова М.Г., Журбин И.В.* Археолого-геофизические исследования оборонительных сооружений//Археология, этнография и антропология Евразии. 2010. № 3(43). С. 84–93.
16. *Журбин И.В.* Восстановление структуры оборонительных сооружений на основе геофизических исследований // Археология и геоинформатика. Вып. 6 [Электронный ресурс]. М.: Институт археологии РАН, 2010. (CD-ROM)

Статья поступила в редакцию 28.11.2011.

УДК 398.8 (=511.131)

О ГЕНЕЗИСЕ ЖАНРА УДМУРТСКИХ ИМПРОВИЗАЦИЙ-*КРЕЗЕЙ*

И.М. НУРИЕВА

Удмуртский институт истории, языка и литературы УрО РАН, г. Ижевск
nurieva@ni.udm.ru

Статья посвящена текстологическому и культурологическому анализу текстов песенных импровизаций-*крезей* северных удмуртов и бесермян. Опираясь на этимологические разыскания, музыкальный материал северных соседей удмуртов – коми, автор выдвигает гипотезу об инструментальных истоках *крезей*.

Ключевые слова: **песенные импровизации, коми, северные удмурты, флейта Пана**

I.M. NURIEVA. ABOUT THE ORIGIN OF *KREZ'* AS GENRE OF UDMURT IMPROVISATIONS

The paper deals with textual and culturological analysis of the texts of Northern Udmurt and Besermian song improvisations called *krez'*. Relying on etymological investigations and music materials of the Komis the author advances a hypothesis about instrumental sources of *krez'*.

Key words: **song improvisations, the Komis, the Northern Udmurts, Pan flute**

В удмуртской фольклористике существуют некие исследовательские лакуны, заполнение которых порождает множество все новых и новых вопросов. Такой загадкой для исследователей является *крезь* – удивительный феномен удмуртской традиционной культуры, постоянно ускользающий от своего окончательного определения и внесения в определенный жанровый реестр. Проблемы с научным определением возникают уже на терминологическом уровне. Термин *крезь* распространен по всей территории проживания удмуртов, но в южной и северной традициях под этим термином кроются разные явления музыкально-песенной культуры. На юге республики это слово имеет преимущественно «инструментальный» характер, обозначая в различных локальных традициях какой-либо музыкальный инструмент: хордофон типа гуслей (южные, завятские удмурты); струнный щипковый инструмент типа домбры (закамские удмурты); гармошку или вообще любой музыкальный инструмент (центральные, южные удмурты). Среди удмуртов и бесермян, проживающих на севере Удмуртии, этот термин имеет значение особого жанра вокальных бестекстовых импровизаций.

Импровизируемое исполнителями «пение без слов» является одной из характерных черт *крезя* как вокального жанра фольклора, его доминантным стилеобразующим компонентом и именно с ним в удмуртском этномузыковедении ассоциируется понятие импровизации. Импровизационную сущность жанра носители фольклорной традиции связывают чаще с текстом: *крезь со, кыл маке-маке шедьтйськод, озьы гинэ вераса* ('*Крезь* – это, слова как-то находишь, так только говоря-пропевая'). «Словами» в *крезе* являются служебные части речи (частицы, междометия, союзы), ономатопоэтическая и устаревшая лексика – т.е. лексический ряд, получивший в удмуртском этномузыковедении термин «припевные слова».

Как известно, традиция пения на «припевные слова» – древнейшая и имеет многочисленные этногенетические и типологические параллели в культурах других народов, преимущественно циркумполярной зоны (саамские и карельские йойки, песенные импровизации народов Сибири и Крайнего Севера и др.). Однако вектор этих параллелей направлен не только в северную сторону, но и на юг. Традицию пения на «припевные слова» можно реконструировать по сохранившимся «бессмысленным» рефренам в обрядовых песнях южных удмуртов, весенних корильных песен *позярат* мордвы, марийским и чувашским песням «без слов». Использование асемантических слов, различных звукосочетаний в песнях разных жанров финно-угорских и поволжских народов является отголоском древней песенно-поэтической системы. Тем более удивительным кажется отсутствие импровизированного пения на «припевные слова» в близкородственной традиции коми. Существующие в коми песенной культуре особого рода заумные тексты *кыдъя роч*, представляющие комплекс непереводимых слов, коми исследователи рассматривают как результат межэтнических коми-русских связей, аналоги которых зафиксированы и в северноудмуртском фольклоре, однако они являются более поздним и типологически иным феноменом культуры [1, 2].

Лексика «припевных слов» *крезей* неоднократно вызывала пристальное внимание фольклористов. Еще Н. Первухин высказывал предположе-

ние о сакральном смысле «непонятных» слов: «<…> мы решительно утверждаем, что даже вотские современные припевы, не имеющие ныне определенного смысла и потому непонятные для самих вотяков, в древности имели если не определенный смысл, то определенное значение, составляя, например, какую-либо заклинательную формулу или заключая в себе призывание богов и духов»[3, с. 38-39]. Известный удмуртский фольклорист П.К. Поздеев, а впоследствии исследовательница северноудмуртского фольклора, этномузыковед М.Г. Ходырева выявили в импровизируемых *крезях* целый пласт общепермской лексики, к примеру, *зонки* (коми *зон* ‘парень, мальчик’), *йос, йосы* (коми *йӧз* ‘люди, народ’), уже утратившие свое значение в удмуртском языке [4, с. 74; 5, с. 10]. Интерес к материалу, ранее глубоко не исследованному, подвигнул ученого-археолога А.Г. Иванова создать подробный «Глоссарий припевных и диалектных слов и выражений» с комментариями [6]. Как справедливо полагают ученые, сохранность архаичной лексики в импровизируемых напевах является еще одним аргументом, свидетельствующим о древности традиции пения на «припевные слова». Однако эти слова, по крайней мере, в современном исполнении употребляются вне синтаксической связи и потому теряют свое значение, становясь бессмысленным сочетанием отдельных лексем и фонем, в связи с чем этнолингвистическая реконструкция асемантических или устаревших слов не раскрывает смысловой логики песенного текста.

На материале бесермянских сольных *крезей* А.П. Шаховским был проведен другой способ анализа – перевод таких «неинформационных» текстов в плоскость современного языка, расшифровка эмоционального содержания традиционной песни со слов исполнителя. По его мнению, «словесный ряд крезей можно считать классическим образцом фольклорного языкового кода, требующего дополнительной (по сравнению с сюжетными песенными текстами) «расшифровки» [7, с. 109-110]. Его метод заключается в «домысливании» пропеваемого текста, выделении двух планов: мыслимое (подразумеваемое певцом) и исполняемое (звучащее). Таким образом были расшифрованы несколько *крезей*. Приведем один пример – *крезь* прощания новобранца с домом:

Оригинальный текст	Дословный перевод:
У, ку, ку, ку,	*О (ох, у, ух) когда, когда, когда.*
Ку, ку, ку, ку, у.	*Когда, когда, когда, когда, о (ох, у, ух).*
Ку, ку, ку, ку, ку,	*Когда, когда, когда, когда, когда.*
Пар вало, яла, я.	*Пара лошадей, давайте, да (ладно).*
Ялэ, илэ, ла.	*Давайте, давайте, ла*
Эй-я, эй-я, е.	*Эй-я, эй-я, е.*
Пар валъёстэ.	*Пара лошадей.*

«Мыслимый» ряд:

Эх, когда (увижу я снова тебя, мой родной дом, ухожу я в армию, уезжаю в чужие края).

Когда (увижусь я снова с вами, мои родные отец и мать, мои братья и сестры; будете ли вы помнить обо мне).

Пару лошадей давайте (запрягите, увезите меня из родного дома).

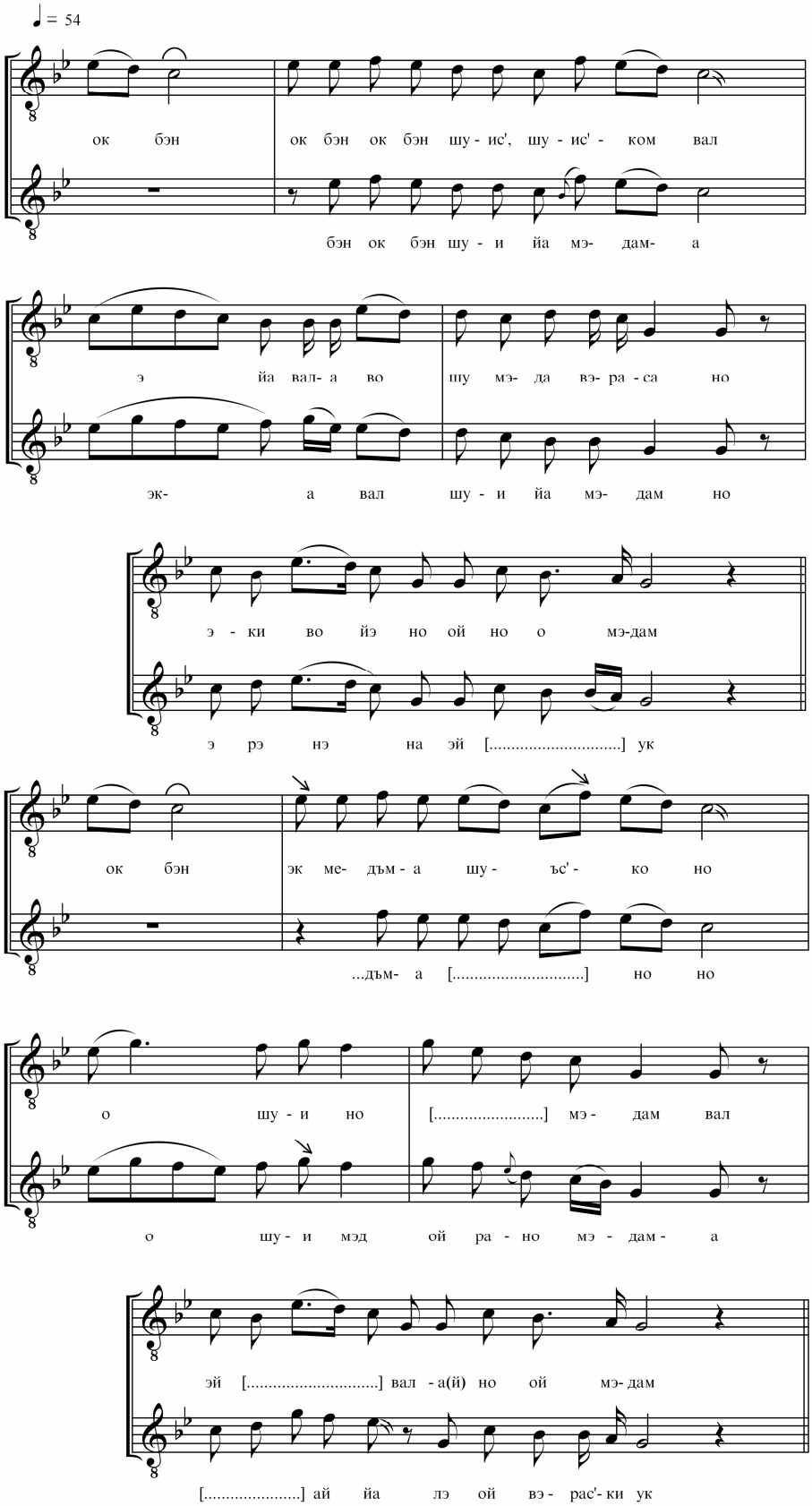
Эй-я (ухожу на службу: прощай, родной дом; прощайте, родные отец и мать; прощайте, братья и сестры; прощайте, уважаемые соседи).

Пара лошадей (уже ждет меня у ворот; уезжаю я надолго на чужую сторону; прощай, родной дом) [7, с. 110–112].

Несмотря на эффектность этого способа анализа, его, очевидно, не стоит абсолютизировать. В нашей полевой практике мы неоднократно встречались с тем, что в разных *крезях* певцы используют одни и те же привычные для них словосочетания, одну клишированную модель, которая, следуя логике автора, должна наполняться разным содержанием в зависимости от эмоционального состояния исполнителя.

В фольклорной традиции *крези* исполняются в сольной и коллективной форме. Коллективная форма исполнения бестекстовых импровизаций вызывает наибольшее изумление тем фактом, что каждая певица ансамбля ведет свою индивидуальную текстовую партию припевных слов, сочиняемую в момент исполнения, отличную от партии других исполнителей. Этот поразительный для музыканта факт «асинхронного» по отношению к тексту пения, к удивлению, довольно поздно вошел в научный оборот. Авторы этнографических исследований по удмуртской культуре конца XIX – начала XX вв., музыканты и просветители, работавшие в Удмуртии после революции, отмечали в основном импровизационный характер северноудмуртских песен и использование в них «припевных слов». В опубликованных в последние десятилетия сборниках северноудмуртский песенный материал представлен только одноканальными записями. Текстовая расшифровка каждой голосовой партии ансамблевого исполнения *крезей* при этом практически невозможна. Многомикрофонные записи северноудмуртских *крезей*, сделанные в последнее десятилетие Удмуртским ИИЯЛ УрО РАН, стали прорывом в изучении феномена многоголосного исполнения *крезей*. Однако нотировки *крезей*, наглядно показавшие самостоятельность и независимость каждой текстовой партии, не описанные ни в одной из известных нам культур, вместе с тем актуализировали новую проблему – проблему генезиса этого явления (см. нотный пример на стр. 133).

Для того, чтобы понять речь, необходимо познать язык. Очевидно, что направление исследования в области северноудмуртских и бесермянскх *крезей* должно быть связано с изучением языка как системы звукового общения и его функционирования в конкретной песенной среде. Увлекшись разгадкой утерянного смысла «припевных слов», ученые, на наш взгляд, упустили еще одну, немаловажную их функцию – фоническую: пропевание различных звуков способствует формированию особого тембрового эффекта. Особенно ярко он ощуща-

Шайвыл крезь ‘похоронный напев’ бесермян.

Запись 1997 г., Ярский р-н, бесермянская д. Ворца.

ется в коллективном исполнении, напоминая детскую игру, во время которой участники одновременно громко произносят разные слова, в результате чего получается совершенно другое, не произнесенное никем слово. Ошеломляющий эффект коллективного пения *крезя* мы испытали на себе, проходя по бесермянской д. Тылыс Юкаменского р-на в Ильин день, широко празднуемый на севере Удмуртии. Звенящая палитра голосов лилась из домов, образуя некий слитный звуковой образ. Слух не улавливал ни фраз, ни отдельных слов и даже звуков: звуковое облако плыло по воздуху. И эта монолитность звучания не была жесткой: звук переливался, буквально светился. Следует отметить, что этот эффект «единства в многообразии» ощущается, как правило, при прослушивании ансамбля из не менее трех исполнительниц.

По аналогии с культурами сибирских народов тексты «припевных слов» можно было бы назвать тембровыми (термин Ю.И. Шейкина) [8]. В каждой традиционной культуре этого региона, как пишет автор, при пении формируется «свой специфический набор звуков, слогов, слов и даже целых фраз, которые представляют распеваемые тембровые тексты. Они являются дополнительным фонетико-артикуляционным признаком пения, реализующим его основные черты. По мнению носителей традиции, такие тексты наиболее удобны при пении и являются маркерами национальной манеры» [8, с.246]. Но данная аналогия все же не может простираться за пределы вербального пространства, поскольку архаичнейшая манера звукоизвлечения в сибирских культурах – типологически иное музыкальное явление, отличающееся от общинного или индивидуального пения земледельческого народа. Кроме того, в общинности, коллективности исполнения импровизаций на «припевные слова» заключается другое принципиальное отличие от сольных культур Сибири и Крайнего Севера. Хотя, как уже неоднократно указывалось, *крезь* функционирует в двух формах – сольной и ансамблевой, многие наши информанты все же отдавали приоритет многоголосному исполнению, подчеркивая, что совместное пение *крезей* звучит лучше: «Если полным домом петь, тогда напев-голос пойдет» (Кезский р-н). В одной из бесермянских деревень Юкаменского р-на певица долго отказывалась петь одна, мотивируя свой отказ тем, что «засмеет ее народ, так (петь) боюсь… вместе с народом петь надо… тогда он лучше, звонче пойдет» (Юкаменский р-н). Наконец, только на севере Удмуртии зафиксирован «асинхронный вербальный режим» ансамблевого пения при метро-ритмической согласованности поющих, являющийся еще одной загадкой жанра. И здесь мы осмелимся высказать свою гипотезу относительно природы этого уникального явления, ключом к которому, по нашему мнению, снова является коми культура, а именно: коми-пермяцкая инструментальная традиция игры на многоствольных флейтах *пэлянах* (флейтах Пана).

Коми-пермяки – наиболее близкий к северным удмуртам по языку и территории проживания народ. Руководствуясь теорией лингвистического родства, следовало ожидать таких же тесных параллелей и в области народно-песенного искусства. Однако жанровые и стилевые доминанты в каждой из этих песенных культур разные. В коми культуре (и в коми-пермяцкой, в частности) инструментальные формы музицирования занимали и занимают значительное место [9]. Исследовательница коми-пермяцких *пэлянов* Н. И. Жуланова отмечает в современной жанровой системе «равновесие инструментального и вокального начала», и считает, что «в прошлом инструментальные способы музицирования занимали еще более важное место» [10, с. 8]. В северноудмуртской традиции мы наблюдаем уже разрушенные формы инструментальной традиции, отдельные элементы которой сохранились преимущественно в пассивной памяти. В коми народной культуре, как уже отмечалось, отсутствует аналогичная традиция импровизируемого пения на «припевные слова». У удмуртов, в свою очередь, не зафиксирована флейта Пана, что коми исследователями признается «довольно загадочным обстоятельством, объяснить которое пока не представляется возможным» [10, с. 138]. Возникает вопрос: могут ли эти два феномена традиционной музыкальной культуры двух близкородственных этносов иметь точки соприкосновения? Благодаря недавней публикации глубокого, многоуровневого исследования по коми-пермяцким *пэлянам* Н.И. Жулановой [10], у нас появилась возможность утвердительно ответить на этот вопрос.

Во-первых, оба явления пермской культуры занимают центральное («ключевое», по выражению автора исследования коми-пермяцких флейт) положение в каждой из традиций. Во-вторых, несмотря на существование сольных форм исполнительства *крезей* и игры на флейтах, именно коллективное пение и игра составляют основу соответственно северноудмуртской и коми-пермяцкой традиции. Ансамблевому пению *крезей*, как указывалось выше, отдают предпочтение удмуртские певицы; коми исполнители уверяют, что *пэлянную* музыку «невозможно сыграть в одиночку» [10, с.51]. Наконец, главное – «обязательным атрибутом и одним из необходимых условий полноценного функционирования, сохранения и трансляции полифонической пан-музыки» [10, с.75] является открытая исследовательницей система слоговых формул, призванная выполнять несколько функций. Не вдаваясь в подробности описания этого интереснейшего явления (иначе пришлось бы пересказать всю книгу), остановимся на одной из них – артикуляционной, которая и вызвала ассоциации с северноудмуртским *крезем*.

Особое звучание коми-пермяцкого инструмента порождает тщательное артикулирование, беззвучное проговаривание асемантичных слоговых формул, которые соответствуют определенному мотиву. Артикуляция, как пишет Н.И. Жуланова, для самих исполнительниц является (очевидно, на подсознательном уровне) основным условием признания исполняемой музыки «своей». Та же самая музыка может быть воспроизведена и без артикуляции вообще или с артикуляцией других сло-

гов, но тогда это будет уже либо совсем «не то», либо «другая игра» [10, с.77, 78]. Работа артикуляционно-речевого аппарата, по мнению Н.И. Жулановой, обеспечивает «тончайшие оттенки в окраске флейтовых звуков». «Получается, – пишет исследовательница, – что игра на пэлянах – это некий «кентаврический» процесс, при котором объединяются возможности человека и инструмента. Тоненькая и короткая, как горлышко певчей птицы, флейта заменяет собой человеческие голосовые связки, а «говорит» при этом все же человек, своим ртом, губами, языком – но при этом не своим, а пэлянным голосом» [10, с.78]. Слитность органов речи, дыхания с музыкальным инструментом позволила автору исследования поставить этот феномен «на грань вокального и инструментального». На этой же грани вокального и инструментального находится феномен северноудмуртских и бесермянских многоголосных *крезей*. Артикуляционная функция пропеваемых в них слов, слогов и звуков, создающая особый тембро-фонический эффект, на наш взгляд, совершенно аналогична коми-пермяцкой *пэлянной* традиции и может иметь инструментальную природу.

Впервые идею о сходстве *крезей* и инструментальных наигрышей высказала В.В. Агрэ в своей дипломной работе «Обрядовые песни без слов северной Удмуртии» [11]. По ее мнению, песенные импровизации-*крези* «могли возникнуть из инструментальных наигрышей. Это подтверждают названия этих песен, служащие также для наименования гуслей, отсутствие слов в напевах, а кроме того, некоторые особенности музыкального материала, прежде всего, богатейшая импровизационность, сходная с инструментальной» [11, с. 28]. Мы далеки от мысли механического выведения прямолинейных схем перерождения жанров. Но не исключено, что в удмуртской народно-музыкальной традиции мог существовать подобный многоствольный инструмент, возможно, так и не получивший своего развития в силу сложившихся обстоятельств. По крайней мере, в конце 1990-х гг. в одном из северных районов Удмуртии нам посчастливилось записать отрывочные воспоминания о бытовании сезонного инструмента *чипсон*/*куро чипсон*, представляющего собой незакрепленные три или четыре небольшие трубки около 3 см, сделанные из ржаной соломы: *Кык но куинь но карїськод. Куинь ке карїськод, куинь голосен сое шудэ, чипсэ. Ньыль ке карїськод, ньыль голосен ӵош шудэ… со «дулӈ-дулӈ» карэ. И со кыӵэ ке крезь кадь пӄрме.* (‘Две или три [трубочки] делаешь. Если три сделаешь, на три голоса/тремя голосами он играет, свистит. Если четыре сделаешь, четырьмя голосами вместе играет… он *дулӈ-дулӈ* делает-звучит. И это как какой-то *крезь*-напев получается’) (д. Бердыши, Ярский р-н, 1997 г.).

Более глубокой семантикой обладает термин *крезь*. Многозначность термина, о которой мы упоминали в начале статьи, отражает архаичность музыкальной деятельности древнего удмурта, нерасчленность понятий пения и игры. *Крезь* – это напев, мелодия (в современном понимании) или нечто, имевшее интонационную музыкальную основу, воспроизводимую человеком, являвшееся продуктом человеческой музыкальной деятельности. И не столь важно, голосом или инструментом оно воспроизводилось. Данную гипотезу подтверждает и этимология термина, сделанная в свое время Т.Г.Владыкиной. Опираясь на исследования Р.Г.Ахметьянова, исследовательница пришла к выводу, что слово *крезь* (диал. *кырезь, кърезь, кыреӈь*) состоит из двух синонимических компонентов, каждый из которых означает ‘кричать, окликать; горловое пение, петь горлом, петь особым голосом, петь без слов’ [12, с. 46–47]. Термин, таким образом, также оказался «на грани вокального и инструментального» не только в географическом, но и в глубоком культурологическом смысле.

Литература

1. *Савельева Г.С.* Проблема поэтики коми припевочных песен (*сьылӧдчан сьыланкыв*) // Русский Север и восточные финно-угры: проблемы пространственно-временного фольклорного диалога: Материалы I Межрегиональной конференции и VII Международной школы молодого фольклориста. Ижевск: АНК, 2006. С. 148-154.
2. *Панюков А.В.* Динамика развития коми фольклорных традиций в контексте теории самоорганизации / Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2009. 224 с.
3. *Первухинъ Н.* Эскизы преданій и быта инородцевъ Глазовскаго уѣзда. Эскизъ III-й. Слѣды языческой древности въ образцахъ произведеній устной народной поэзіи вотяковъ (лирическихъ и дидактическихъ). Вятка: Изданіе Губернскаго Статистическаго Комитета, 1888. 84 с.
4. *Поздеев П.К.* Русские заимствования в песенном творчестве удмуртов // Проблемы изучения финно-угорского фольклора. Саранск: Мордовское книжное издательство, 1972.С. 74–82.
5. *Ходырева М.Г.* Песни северных удмуртов. Ижевск: Удмуртский институт истории, языка и литературы УрО РАН, 1996. Вып. 1. (Удмуртский фольклор). 120 с.
6. *Иванов А.Г.* Глоссарий припевных и диалектных слов и выражений, встречающихся в сборнике, и некоторые комментарии к ним // Ходырева М.Г. Песни северных удмуртов. Ижевск: Удмуртский институт истории, языка и литературы УрО РАН, 1996. Вып. 1. (Удмуртский фольклор). С. 109–114.
7. *Шаховской А.П.* Контрапункт словесного и музыкального рядов (Бесермянские крези) // Фольклор. Комплексная текстология. М.: Издательство «Наследие», 1998. С. 108–121.
8. *Шейкин Ю.И.* История музыкальной культуры народов Сибири: Сравнительно-историческое исследование. М.: Вост. лит., 2002. 718 с.
9. *Чисталев П.И.* Коми народные музыкальные инструменты. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1984. 104 с.

10. *Жуланова Н.И.* Многоствольные флейты в традиционной культуре коми-пермяков. М.: Издательский Дом «Композитор», 2008. С. 8.
11. *Агрэ В.В.* Обрядовые песни без слов северной Удмуртии. Дипломная работа / Рук. Т.И.Калужникова. Уральская государственная консерватория. Ч.1. Свердловск, 1984. 114 с.
12. *Владыкина Т.Г.* Удмуртский фольклор: проблемы жанровой эволюции и систематики. Ижевск: Удмуртский институт истории, языка и литературы УрО РАН, 1997. 356 с.

Статья поступила в редакцию 10.01.2012.

УДК 398 (=945.32)

ГЕОГРАФИЯ ВЫМИ В ПЕСЕННОМ ФОЛЬКЛОРЕ

Г.С. САВЕЛЬЕВА

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
Galsav69@mail.ru

В статье рассматривается группа так называемых географических песен – фольклорных текстов с ярко выраженной пространственной компонентой. В сравнении с другими традициями коми, материалы, зафиксированные на Выми, выделяются по количественным и качественным параметрам, что позволяет судить об их устойчивом месте в песенной системе. Представлена общая картина бытования этого жанра, проанализированы некоторые особенности поэтики текстов.

Ключевые слова: **фольклорная традиция, географические песни, поэтика, этнокультурный ландшафт, топонимика**

G.S. SAVELYEVA. **GEOGRRAPHY OF THE VYM IN FOLK SONGS**

We consider a group of the so-called geographical songs - folklore texts with a strong spatial component. Geographical songs broadly existed in almost the entire territory of the Republic of Komi, but Vym tradition is different in qualitative and quantitative composition of the existing texts, which gives an indication of their stable place in the song system. The author recreates the general picture of existence of this genre, analyzes some features of poetics of the texts.

Key words: **folk tradition, geographical songs, poetics, ethnocultural landscape, place names**

География Выми в песенном фольклоре

В отечественной фольклористике географические песни имеют свою историю изучения [1]. Одним из последних монографических исследований по данной теме является книга В.Н. Калуцкого и А.А. Ивановой «Географические песни в традиционном культурном ландшафте России». Как отмечают сами исследователи, она представляет собой междисциплинарное исследование географических песен с позиций концепции культурного ландшафта, позволившей их проанализировать в географическом, этнографическом и фольклористических аспектах. Этот аспект положен в основу определения географических песен – «фольклорные тексты с ярко выраженной пространственной компонентой (последняя является сквозным принципом их смысловой и формальной организации)». Актуальность исследования данных текстов определяется прежде всего тем, что этот тип песен считается идеальным способом описания народной («внутренней») точки зрения на свой культурный ландшафт и его структурные компоненты – духовную культуру, этнос, язык, селение, хозяйство, природную среду [2].

Географические песни имели широкое бытование практически на всей территории Республики Коми. Несмотря на достаточно активную фиксацию географических песен в ходе фольклорных экспедиций, начиная с 50-х гг. прошлого столетия, они оставались за пределами научных интересов коми фольклористов. Выбор именно Выми обусловлен, прежде всего, количественным и качественным составом имеющихся текстов, который позволяет судить об их устойчивом месте в песенной системе этой традиции. Цель данного исследования – выявить поэтические особенности географических текстов, дать общую характеристику бытования и, по возможности, того фольклорно-этнографического контекста, который отражает локальную организацию данного культурного пространства.

Фиксация основного корпуса исследуемых текстов связана с экспедицией в Княжпогостский р-н А.К. Микушева и Ю.Г. Рочева в 1964 г. К сожалению, эти записи не сопровождаются исполнительскими комментариями, которые раскрывали бы мотивировку как оценочных, так и нейтральных селенческих характеристик. В какой-то мере нехватка этих данных компенсируется экспедиционными материалами последнего десятилетия.

По содержательным и формальным признакам рассматриваемые тексты можно отнести к трем типам: текст-путешествие; текст с современной производственной тематикой (лесопункты, поселки, колхозы и т.д.) и тексты-характеристики селений или их жителей. Образцы всех трех групп географических песен представлены в репертуаре Сокериной Домны Ефимовны (1895 г.р.), жительницы д.Кони. Личность этой исполнительницы замечательна сама по себе. А.К. Микушев и Ю.Г. Рочев

характеризовали ее как мастера импровизации и отмечали, что односельчане называли Домну Ефимовну местным скоморохом («теш карысь») [3, с. 15]. Показательно, что Домна Ефимовна, как местная сказочница, фигурирует и в рассказах современных старожилов.

Песня «Жили-были дед да баб» представляет собой описание пути персонажа, который включает территорию по рекам Елве и Выми до д. Кони:

Жили-были дед да баб,
Ели каши с молоком.

Ва дор кузя ветлэдлі,	По берегу походила,
Посни ёсъяс кыйишті.	Мелкую рыбу половила.
Вöре кайи – ылалі,	В лес поднялась – заплутала.
Сёрд дор кузя мунішті,	По лесу прошлась,
Чöдлач тусьяс аддзилі.	Голубику видела.
Ыджыднюр вылэ вои,	На Ыджыднюр (букв. большое болото) пришла,
Ыджыднюрсэ прöдіті,	Ыджыднюр прошла,
Мырпом тусьяс босьталі.	Ягоды морошки собирала.
Джуджыд яг вылэ вои,	На высокий бор пришла,
Джуджыд ягсэ прöдіті,	Высокий бор прошла,
Кыдз пу вылін пукалі,	На березе посидела,
Пожем бокин сулалі,	У сосны постояла,
Кузь коз улін шойчишті.	Под высокой елью отдохнула.
Пегыш-вöлöсьтэ вои,	В **Пегыш-**волость пришла,
Рыся шаньга сёйишті.	Шанег с творогом поела.
Черман вывті люзьооті,	Через **Черман** проползла,
Куштысьяслі – аддзилі.	Куштысёвским – видела.
Сьöдюдорэ бöр косі,	К **Седъюдору** обратно вернулась,
Уна деньга босьтавні.	Много денег получить.
Нивью вомен купайчи,	Через **Нивью** переплыла,
Есень-пиян аддзилі.	**Есень-пиян** (починок) видела.
Кышеёин шойчишті,	В **Кышееве** отдохнула,
Час-мöд коймöд узишті.	Часа два-три поспала.
Краснöй тыин вуграси,	В **озере Красном** порыбачила,
Посни чери кыйишті.	Мелких рыбок наловила.
Мещураэ ме муні,	В **Мещуру** я пошла,
Мещураын жариті,	В Мещуре пожарила,
Мещураын сёйышті,	В Мещуре поела (рыбы),
Самöй лёксэ девайті,	От самой плохой избавилась,
Пышъем сорэн леччишті.	В припрыжку спустилась.
Пытыръю дорэ вои,	К **Пытыръю** пришла,
Машинаид лэччема.	Машина уже уехала.
Подэн-сорэн мунішті,	Пешим шагом прошлась,
Лыва туй вывті восьлалі,	По песчаной дороге,
Ёвдин-вöлöстэ вои,	В **Евдино-**волость пришла,
Тёплоходід кывтэма.	Теплоход уже ушел.
Мöдлапöлас вуджишті,	На тот берег перешла,
Берег кузя лэччишті,	По берегу спустилась,
Вездін весьтэ ме вои,	Напротив **Весляны** я оказалась,
Микелалі юрбіті.	Миколе помолилась.
Кыньвидз кузя ме локті,	По **Кыньвидзу** я шла,
Сабри карись аддзилі.	Стога ставящих видела.
Посёлоке прöдіті,	В поселок пошла,
Больничаэ пыралі.	В больницу заходила.
/ Имеется ввиду п. Ветью – Г.С./	
Кыдздін-вöлöстэ вои,	В **Кыдздино-**волость пришла,
Бензин бакъяс аддзилі.	Цистерны с бензином видела.
Лек няськи кей восьлалі,	По грязи прошагала,
Вутшъяс инті шаглалі.	По кочкам перешагивала.
Сондыс кузя ме локті,	Вдоль **Сондыса** пошла,
Мöс видзисьяс аддзилі.	Пасущих коров видела.
Вей Кониті прöдіті,	По **Верхним Коням** прошла,
Куимлаин гöститі.	В трех местах погостила.
Кир-вöлöсьтэд ме локті,	По **Кир-**волости я шла,
Мырпом тусен вердісні.	Морошкой накормили.
Ягшöр-вöлöсьтö вои,	В **Ягшэр-**волость пришла,
Лавка дорэ ме сувті,	У магазина я остановилась,
Деньга менам бырема,	Деньги у меня закончились,
Сто грамм босьтні нинэмен.	Сто грамм купить не на что.

Сьылöм вылö – по рублю [4]. За пение – по рублю.

Данный тип географических песен представлен одним вариантом. Немногочисленность подобных песен и в русских традициях отмечают В.Н. Калуцков и А.А. Иванова. Исследователи относят их к типу «туристического перемещения», отличительной особенностью которого является внешнее (туристическое) видение культурного ландшафта. Подобные тексты отражают «реальный жизненный опыт физического перемещения в пространстве с определенными целями (торговыми – купцы, профессиональными – плотогоны, бурлаки, семейными, праздничными – крестьяне и т.д.)» [3, с. 46]. В случае с песней «Жили-были дед да баб» можно отметить высокую степень информированности исполнительницы об особенностях данной территории и значимости отдельных географических объектов, прежде всего, в хозяйственно-бытовой деятельности этого межселенческого куста. Обращает на себя внимание подробность описания маршрута, обилие названий микролокальной топографии – починки, сенокосные угодья, луга, водные объекты: Черман, Есень-пиян, Кышеево, Красное озеро, Кыньвидз, Сондыса. Детальное знание местности во многом связано с особенностями хозяйственного уклада, а именно с междеревенским распределением сенокосных угодий, которые располагались в верховьях Выми и по р. Елве [4]. При этом особую разработанность получает топография «своей» для исполнительницы территории – д. Кони, отмечены названия жилых частей: Вей Кони (д. Верхние Кони), Ягшöр (одно из названий д. Средние Кони), Кирорд (д. Киреевская, входила в состав д. Кони), а также Сондыс – ручей и одноименное название луга, являются частью д. Вей Кони. Кроме того, присутствуют объекты, информа-

ция о которых остается за пределами собственно текста. Отражаясь в свернутом виде, она не допускает однозначной интерпретации, при этом является очевидной для носителей традиции. Так, в строфе «Напротив Весляны я оказалась, Миколе помолилась» речь идет о Веслянской двухэтажной каменной церкви во имя свт. Николая Чудотворца. Как сакральный топографический объект она занимала центральное место в этнокультурной организации пространства Выми. Была первой с верховьев и соответственно последней, если подниматься по реке, в связи с чем наделялась статусом символической границы между хозяйственно-промысловой и селенческой (жилой) территориями. Предмет гордости веслянцев: «Мы всегда еще хвалились. В Конях-то, что это у вас деревянная церковь, я говорю, а у нас вон двухэтажная, за три километра /видно/. /…/ Вот по реке поднимаешься и Весляна далёко сперва церковь видно, белокаменная» [5]. Фигурирует также в мифологических рассказах о нечистой силе, которая могла идти за охотниками только до пределов видимости веслянской церкви [6].

Текст состоит из композиционных звеньев, в каждом из которых географический объект представлен в сочетании с активными действиями персонажа: передвижение в пространстве (поднялась, прошла, посидела – постояла – отдохнула, проползла, переплыла, опять отдохнула и т.д.) и хозяйственно-бытовая деятельность (половила рыбу, собрала морошку, поела шанег, получила деньги, пожарила рыбу, помолилась Миколе, зашла в больницу и т.д.). Помимо того, что героиня является лицом, активно действующим, она может выступать и в качестве стороннего наблюдателя. Ее глазами представлены пейзажи некоторых населенных пунктов и хозяйственная освоенность данной территории: голубику видела, куштысевских на сенокосе видела, делающих снопы видела, пасущих коров видела, цистерны с бензином видела и т.д. Основное содержание песни включено в развлекательно-смеховую канву. С зачинной формулы: Жили-были дед да баб, Ели каши с молоком – задается общий эмоциональный тон повествования, который еще более усиливается в завершении песни – долгий путь заканчивается магазином, где надо купить «сто грамм». Концовка представлена традиционной для обрядовых ситуаций песенной формулой-требованием денежного вознаграждения певицы.

В создании песни «Жили-были дед да баб», как и других из репертуара Д.Е. Сокериной, определяющим является индивидуальное начало. Их содержание основывается как на фольклорном, так и реальном жизненном опыте исполнительницы. Личные ассоциации и связанный с ними образный ряд накладываются на поэтические каноны, заданные самой традицией.

Творческий стиль Д.Е. Сокериной еще ярче проявляется в песне на современную производственную тему. Географическая последовательность топонимов разделяет текст на две части: от д. Куштысевки вверх по течению Выми и Елвы до Обдора и от Пегыша вниз по течению до Мещуры. Двучастность текста выделяется с помощью использования одной и той же характеристики «куштысевского колхоза» и «пегышского колхоза».

Куштысь колхоз – дзоля колхоз,	**Куштысевский** колхоз – маленький колхоз,
Специалист – народыс.	Народ там – специалисты.
Ягшӧр колхоз – вот и колхоз,	Колхоз в **Ягшере** – вот так колхоз,
Вот и рӧвнӧправие:	Вот и равноправие:
Мужики коровы доить,	Мужики коров доить,
Бабы на собрание.	Бабы на собрание.
Кони колхоз – мича колхоз,	Колхоз в **Кони** – красивый колхоз,
Водзин ная мунӧні.	Впереди они идут.
Кыдздін колхоз – пятилетка	**Кыдзьдинский** колхоз – пятилетку
Пӧрысен тыртэмаэсь.	С помощью стариков выполнили.
Ветью артель – дона артель,	Артель в **Ветью** – дорогая артель,
Гырысь курег видзені.	Крупных кур содержат.
Непӧд колхоз – гӧра колхоз,	**Нефедовский** колхоз – горный колхоз,
Гӧра ная чӧвтысні.	На горе они застоговали.
Вездін пристань – ценнӧй пристань,	**Веслянская** пристань – дорогая,
Деньга ная босьтӧны.	Они деньги берут за нее.
Ёвдін пушник – ценнӧй пушник,	**Евдинский** пушник – дорогой пушник,
Деньга ная оз босьтні.	Денег они не берут.
Наста-пия участокын	На участке **Наста-пия**
Пым пирогъяс сёені.	Горячие пироги едят.
Вомнӧс йирин кер карисьяс	Лесорубы в **Вомнэс йире**
Чӧдъя ӧпар сёені.	Опару с черникой едят.
Куръядорин кер карисьяс	Лесорубы в **Курьядоре**
Пувъя юман сёені.	Брусничный солод едят.
Мешъюраин-посёлокин	В **Мещуре-**поселке
Шобді булки сёені.	Пшеничные булки едят.
Ньывъю вылін служащейяс	Служащие в **Нивью**
Свежей яйяс сёені.	Мясо свежее едят.
Войвож дорин сотрудникъяс	В **Войвоже** сотрудники
Свежей йӧршъяс сёені.	Свежих ершей едят.
Ватлядорин кер карисьяс	В **Ватлядоре** лесорубы
Капуля шыд сёені.	Картофельный суп едят.
Рӧдник дорин кер кыскысьяс	В **Роднике** лесовозчики
Кракмал кисель сёені.	Крахмальный кисель едят.
Черман вылын служащейяс	На **Чермане** служащие
Сись трескаяс сёені.	Гнилую треску едят.
Кычан-ёлин Миколаяс	В **Кычан-ёле** Миколы
Чӧскид чайяс юӧні.	Вкусные чаи пьют.
Ӧбдӧр дорин чань видзисьяс	В **Обдоре** пастухи
Круття да кеняяс да кання.	*Круття да кеняяс да кання*.
Пегыш колхоз – дзоля колхоз,	**Пегыш** колхоз – маленький колхоз,

Рыся шаньга сёені.	Творожные шаньги едят.
Сьӧдъюдорин кадревейяс	**Седъюдорские** кадровые
Уна деньга босьтэні.	Много денег получают.
Нивью вомын **Есеньпиян**	В **устье Нивью Есеньпиянские**
Перловкаяс сёені.	Перловку едят.
Кышеёын кыдздін колхоз	В **Кышеёве** кыдздинский колхоз
Шома ырӧш юӧні.	Кислый квас пьют.
Висвом дорин канторaын	В **Веслянах** в канторе
Маргаринъяс сёені.	Маргарин едят.
Куим кыддзан тшуплӧй народ	В **Куим кыддзя** щуплый народец
Свежей налим сёені.	Свежего налима едят.
Тикон-пийин Сонок пиян	В **Тихон-пи** дети Сонока
Свежей ур яй сёені.	Свежее беличье мясо едят.
Краснэй тыын – просьливанне,	В **Красном озере** – раздолье,
Свежей мыкъяс сёені.	Свежих ельцов едят.
Мешшураин лесопунктін	В **Мещуре** лесопункте
Слаба деньга сетэні.	Слабо денег дают.
Тшӧтоводнас – том кассирлэн	У счетовода – молодого кассира
Киин деньга век абу.	На руках никогда денег нет.
Лесопунктэн юралысис	Глава лесопункта
Вӧв тыр деньга ыстӧма,	Полные сани денег отослал,
По кварталам, участокам,	По кварталам и участкам,
Челэй недель ветлэма,	Целую неделю ходил,
Тысячниклы рӧбӧтниклы	Работникам тысячникам
Деньгаяс сеталэма.	Деньги выдавал.
Виччисим ми челэй недель	Мы ожидали всю неделю
Деньгаяс пӧлучитні,	Деньги получить,
Чайяс пуктім, яйяс пуим,	Чай вскипятили, мяса наварили,
Ставыс миян кӧйдалі.	Все угощенье у нас стынет.
Питирим да Ячеслав	Питирим и Вячеслав
Вӧв тыр деньга вайисні.	Полные сани денег привезли.
Ми думайтам сеталасні	Мы думали дадут
Сотеннэйкатеясэн,	Сотенками,
Сӧмын ная сеталісні	Они выдали
Десетя кабалаэн.	Десятирублевыми бумажками.
Прӧшшайччисні – окасисні	Прощались – целовались
Миян ичет народкед	С нашим маленьким народом
Питирим да Ячеслав.	Питирим и Вячеслав.
Николайе юраліс,	Николай управлял,
Юралісні – бӧжалісні,	Направились – вырулили,
Вӧр туй вывті муніні [7].	По лесной дороге уехали.

По своему содержанию данный текст перекликается с предшествующим, дополняя нейтральность его зарисовок картинами из жизни местного населения. Обилие географических объектов в сочетании с широким охватом различных социальных слоев определяют содержательную насыщенность данного текста. Значимые для создателя текста фрагменты из жизни колхозников, лесорубов, лесовозчиков, служащих, конторщиков, кассиров, «кадровых», «тысячников» разворачиваются в полноценный сюжет, в создании которого легко прослеживается стилистика частушки и других шуточно-развлекательных жанров.

Песни «Жили-были дед да баб» и «Куштысь колхоз – дзоля колхоз» записаны в единичных вариантах. Наиболее многочисленную группу представляют географические тексты, построенные по принципу последовательного перечисления селений, каждому из которых дается лаконичное ассоциативное определение. В них фигурируют только традиционные поселения и, как правило, используются местные варианты названий. Для этой группы песен характерно расположение деревень вверх по течению.

В качестве примера приведем еще один текст, записанный от Домны Ефимовны Сокериной:

Сереговские – кречаты,	Сереговские – кречеты,
Коська – кутирима,	Кошки – кутерьма,
Половники – шыр мыш,	Половники – спина (горб) мыши,
Князьпогостскэй – бычок,	Княжпогостские – бычок,
Раковнинскэй – секрэт,	Раковица – секрет,
Кыркӧтш – увтас,	Кыркещ – низина,
Сьӧська – кокол,	Шошка – хохол,
Тыла – чукчи,	Отла – глухарь,
Гучерт – крукинь ді,	Луг – кривой остров,
Куавидзи – конда додь,	Куавица – сани с сухостоем,
Ыджыд Ыб – пристань,	Онежье – пристань,
Кӧзлорд – школа,	Козловка – школа,
Туръя – ёс додь,	Туръя – сани с мелкой рыбой,
Куштысьорд – байдыг,	Куштысевка – куропатка,
Ягшӧр – ком бӧчка,	Средние Кони – бочка хариуса,
Вей Кони – лёль бӧчка,	Верхние Кони – бочка семги,
Весляна – мык бӧчка,	Весляна – бочка ельца,
Ёвдін – трэска бӧчка,	Евдино – бочка трески,
Пегыш – яй бӧчка [8].	Пегыш – бочка мяса.

Происхождение деревенских номинаций в отдельных случаях имеет свои объяснения, чаще же приходится лишь предполагать. Так, Сереговские – кречаты, в других вариантах «кречат», «крича», может иметь связь с местной фамилией Кречатов [9]. Отметим, что в географических песнях такой тип обозначения селений является устойчивым, например: д. Оквад – Туркин (местная фамилия, в деревенской топографии есть Турка вад ‘лесное озеро Туркина’), д. Кони – ветӧш (от местной фамилии Ветошевы), с. Емдін – Тарас [10]. Не исключается возможность рассмотрения слова «крича» как искаженного от русского «кричать» и, соответственно, в связи с названием одной из частей с. Серегова – «шумиловкой» (связано с деятельностью местного сользавода, шумное, людное место) [4. С. 53].

Деревня Половники во всех вариантах устойчиво называется «шыр мыш». Версия, объясняю-

щая это прозвище, имеется в материалах местного краеведа И.С. Лебедева (немаловажно, что сам он был уроженцем этой деревни): «Жителей деревни Половники дразнили «шыр мышъяс», то есть «мышиные спины». Видимо, от того, что в Половниках было трудное положение с лугами, очень много мелкоконтурных лугов, откуда сено таскали на себе, накладывая его на грабли или обхватывая веревками» [4, с. 58]. В отличие от исторической мотивировки Лебедева в полевых материалах Ю.Г. Рочева это прозвище интерпретировано с точки зрения традиционно негативных представлений о мыши:

Визса – кань зад виледысь,
Кошка – ур яй сёйны

Княжпогостские – кошачий зад обгладывающие,
Кошки – беличье мясо едящие.

Полоникса – шыр-мыш (неизвестно что, но обидное прозвище) [11].

В этом присловье прозвище Половников продолжает ряд формул, связанных с «нечистой», нечеловеческой пищей. У коми они имели достаточно широкое распространение (ср., например, «устъ-немса – понъюр виледісьяс» 'усть-немские – собачьи головы обгладывающие' из верхневычегодской традиции) [12], в вычегодско-вымской традиции подобные прозвища связывались с топонимическими легендами о Стефане Пермском и язычниках. Само по себе сочетание «шыр мыш» интересно и в плане этимологической неоднозначности, не исключающей возможности игры слов: шыр ‘мышь’ и русское «мышь».

Характеристики следующих деревень, Онежья и Козловки, связаны с общественно значимыми реалиями, такими как пристань и школа. То, что для соседних селений именно школа является самой яркой ассоциацией с д.Козловкой, можно связать с историей школьного двухэтажного здания, хозяином которого изначально был известный вымский купец – Павел Никитович Козлов (Микит Паш).

В основе некоторых определений лежат особенности природного ландшафта. «Гучерт – крукинь ді», в вариантах «крукин», «крукля ді» (производные от *крук* ‘крюк’, *крукыль* ‘загиб, изгиб’), местные жители связывают с речным изгибом.

Комментариями о том, почему Кыркещ называется «увтас» (низина), мы не располагаем. Уже само по себе значение слова «кыркӧтш» ‘крутой обрывистый берег’ предполагает топографическую двойственность и может рассматриваться как ключ к образованию этой лексической пары. Также эта характеристика соответствует действительности по географическим признакам: возвышенности, на которой стоит деревня, предшествует полоса низкого берега.

Определение д. Куавицы «конда додь» может иметь двоякое толкование. Лес рядом с деревней назывался «Конда грива» – *конда* ‘сухая на корню, крепкая, частослойная боровая сосна’, такая сосна особо ценилась при строительстве домов. С другой стороны, возможно прочтение «конда додь» в значении негативной оценки – неправильные, кондовые сани.

Образ промыслового достатка на Выми и Елве находит свое отражение в характеристиках деревень от Коней до Пегыша. Эта часть выделяется по своей цельности, созданной за счет последовательного перечисления разных пород рыб (мяса в Пегыше) и многократного повтора слова «бочка» с выступающим на первый план значением меры изобилия. Этой характеристике противопоставляется турьинское «ёс додь» (вариант «ёс гу»): «Турья – это «ёс гу». Это потому что здесь плохую, мелкую рыбу – «ёс» ловят. А Кони – там сёмгу ловят, «лёль гӧп» (яма с семгой), там яма с сёмгой, а здесь «ёс гу» (яма с мелкой рыбой)» [13]. От д. Кони и выше действительно были хорошие рыбные тони. В фольклорной интерпретации с ними связывается история заселения Выми, а ловля ценных пород рыбы оказывается соотнесенной с празднично-календарным кругом и соответственно определяется божьим промыслом. Например, в рассказе, записанном в д. Кони от Александра Федоровича Сокерина (1929 г.р.), говорится о том, что семгу ловили только на Петров день – местный храмовый праздник, а сига на Покров день [14].

Несмотря на то, что в песенном тексте очевидна проекция на реальность, для содержания скорее более важным является обозначение значимого для исполнительницы пространства, которое соответственно наделяется положительными признаками. Не случайно эта часть текста не имеет аналогов среди вариантов, записанных в других вымских селах.

В некоторых географических песнях границы территории могут выходить за пределы Выми: населенные пункты Усть-Вымского, Удорского районов, Ижма, Печора. Иногда в текстах появляются и такие далекие образы, как река Волга и море.

В качестве примера приведем запись, сделанную в с. Княжпогост:

Был да козёл,
На Волге пошел,
К Анфисе козе.

Ты йылын бубин,	В конце озера бубин,
Ты дорын челпан,	У озера коврига,
Аквадін – неляль,	Оквад – неляль,
Емдінін – чирак,	Усть-Вымь – чирок,
Сереговын – кречат,	Сереговские – кречет,
Коська – кутерма,	Кошки – кутерьма,
Половникин – шыр мыш,	Половникские – спина мыши,
Визаобня – бычок,	Княжпогост – бычок,
Раковинский – пыркыс,	Раковинские – пыркыс,
Кыркетш – чишук,	Кыркещ – чишук,
Сьӧська – кутшей,	Шошка – орел,
Тыла – бубин,	Отла – бубин,
Ыб – вӧлӧнтин,	Онежье – волонтин,
Турья – балкон,	Туръя – балкон,
Кони – Вездін,	Кони – Весляна,
Вездін и ватас,	Весляна – речные жители,
Сімдор – кепысь,	Синдор – рукавица,
Изьва – азьва,	Ижма – кислая похлебка,

Печераын – море,	Печора – море,
Море пытшкин сир поз,	В море смола (букв. ‘гнездо со смолой’),
Сир поз пытшкин ма поз [15].	В смоле мед (букв.‘гнездо меда’).

Благодаря образно-символическому воплощению темы пути в зачине и завершении песни расширение пространства приобретает эпический размах. Тождественные по своей семантике образы Волги (символическая территория русской культуры) и моря с выступающим на первый план значением запредельности и пространственной протяженности органично вплетены в сюжетный строй песни. По своей обобщенности к ним примыкают и образы контактных зон Ижмы, Печоры и Удоры (с. Глотово – Слӧбӧда).

Вымской топографии могут предшествовать нижневычегодские селения (Усть-Вымский р-н) – д. Оквад и с. Усть-Вымь. В некоторых вариантах текста появляются фрагменты, в которых специфичность используемых словоформ определяет возможность двоякого прочтения смыслового содержания зачинных формул:

«...На Волгу пошёл,

Коквидзе пале,

*Палевидзе л*ёжись» – возможно, обыгрывание топонимов Коквицы (Усть-Вымский р-н) и Палевицы (Паль, Сыктывдинский р-н)

Или:

«Козел да возел

На *лужок* пошел,

Кок видзе казел и зелёный» [16] – «видз» в значении ‘луг’, «на зеленый лужок»;

«*Ты йылын* бубин,	В конце озера бубин,
Ты дорын чӧлпан»	У озера коврига;

Или:

«*Тыйылын* – бубин,

Тыдорын – чӧлпан» – д. Тыйыв (Конец-Озерье) и д.Тыдор Усть-Вымского р-на.

На этом фоне географическая определенность и последовательность основной («вымской») части песни приобретает значимую для повышения этнокультурного статуса содержательно-смысловую рельефность.

Нельзя не отметить, что географические песни находятся в тесной взаимосвязи с другими разновидностями прозвищного фольклора. Если говорить о вымской традиции, то для первых свойственна нейтральность (за редким исключением) селенческих характеристик. Уже само по себе перечисление топонимов связано с идей организации, упорядочивания и, в конечном итоге, стабильности существования на своей этнической территории. Собственно прозвищное содержание, в котором реализуется межселенческая оппозиция, представлено в иных фольклорных формах: присловьях, прозвищных преданиях, поговорках и т.д. Наделение положительными и отрицательными оценками жителей соответственно «своей» и соседних деревень – их основное функциональное назначение. Например, в присловье, записанном в д. Кони, представлена оценочная антитеза с д. Онежье:

«Кониса – воиса,	Конские – открытые (избы),
Кузя-дженида.	Длинные-короткие (подолы).
Ыб улича – калича,	Онежская улица – на задвижках,
Быд керкаын ялича.	В каждом доме ялича.

У нас пускают в дома, приглашают. В Онежье не пускают. Ыб – это Онежье. «Ялича» – это видимо веревка. «Кузя-дженида» – специально так надевались, чтобы из-под верхней юбки выглядывали кружева» [17].

В Козловке зафиксирована характеристика жителей д. Онежье и с. Турья. Наличие каменных церквей и школ выделяло их среди других поселений, они противопоставлялись по своему жизненному укладу и в оценках соседей наделялись чертами скорее городских, чем деревенских жителей. Их относили к «служащим» и соответственно наделяли чертами бездельников. Ленивость онежских и турьинских нашла отражение в местной поговорке: «Через Онежье рыба прыгает до Козловки, до Катыдпома, а потом через Туръю прыгает рыба до Кони» [18].

В некоторых случаях характеристики населенных пунктов обусловлены процессами семантической верификации. Так, например, при обозначении с. Туръи сюжетообразующим является образ рыбы, который может разворачиваться в разных оценочно-содержательных направлениях: место без рыбы – потому что ленивые (в приведенной выше поговорке); место с мелкой рыбой – не изобильное место, в сравнении с другими селениями (Туръя – ёс додь ‘Туръя – сани с мелкой рыбой’); рыбное место (Туръяса – чери ’Туръинские – рыба’). В географическом тексте, записанном в верхневычегодской традиции (Усть-Куломской р-н), именно Туръя выступает в качестве центра «запредельного» (для вычегодского куста деревень) пространства Выми, которое, в свою очередь, также обозначено как рыбное место: Туръяса – чери, Рыбинной гульба (Туръинские – рыба, Рыбиннӧй гульба) [19]. В формульной теме «Туръя – рыбное место» происходит усиление положительного смысла за счет появления русскоязычного дубля – «чери, рыбиннӧй гульбы». Причем этимология «рыбинной гульбы» оказывается взаимосвязанной с вымским вариантом названия д. Онежье – Ыб. В тексте, записанном в д. Отла (Вымь), присутствует, вероятно, исходный вариант этой формулы: «Туръяса – чери, Да Ыбанӧй гульба» [20].

Как видно, варианты поэтических реализаций одного и того же центрального образа могут отражать абсолютно разные оценочные характеристики. И немаловажно, что процесс варьирования во многом определен жанрово-функциональной спецификой текстов: ярко выраженная прозвищная семантика в присловье и поговорке и гибкая система топографических характеристик в географических песнях.

Еще один способ трансформаций, характерный для географических песен, связан с возникаю-

щими вокруг основного образа звукосмысловыми ассоциациями. Например, еще одним мотивом, определяющим Туръю, является братчина (Туръя – братчин) [21]. Центральным местом этого обрядового комплекса, занимающего устойчивое место в вымском традиционном календаре, является угощение пивом: девушки в сопровождении специальных песен подносят его своим парням. В этом контексте логичен переход к образу бражки (Туръя – бражка) [22], и не только как следствие вторичного осмысления ритуального напитка, но и в результате возможных звукосмысловых ассоциаций (братшина – бращ – бражка). Следующий этап возможных интерпретаций связан уже собственно с фонетическими искажениями – появляется вариант «пряшки» (Туръя – пряшка) [23].

Таким образом, сохранившиеся в архивных записях образцы географических песен позволяют говорить о том, что еще в недавнем прошлом они занимали свое устойчивое место в песенной культуре Выми. Каждое произведение не только насыщено географической или этнографической конкретикой, но и автобиографично по своей сути, поскольку исполнитель вкладывает в них свое представление и свои знания о пространстве и времени. В результате тексты географических песен сохраняют главный принцип сюжетообразования, в основе которого лежит последовательное перечисление географических объектов, и при этом наблюдается содержательная вариативность, проявляющаяся главным образом в их характеристиках.

Литература и источники

1. *Карташова И.Ю., Кругляшова В.П.* Из истории русского фольклора (песни о прозвищах) // Фольклор Урала: Фольклор и историческая действительность. Вып.5. Свердловск, 1980. С.105–112; Иванова А.А. «Географические песни» в фольклорном репертуаре Пинежского р-на// Славянская традиционная культура и современный мир: Материалы науч.-практ. конф. Вып. 3. М., 1999. С.192–202; *Дранникова Н.В.* Локально-групповые прозвища в традиционной культуре Русского Севера: функциональность, жанровая система, этнопоэтика. Архангельск, 2004. 430 с. и др.
2. *Калуцков В.Н., Иванова А.А.* Географические песни в традиционном культурном ландшафте России. М., 2006. С.5, 15–16.
3. *Коми народные песни:* Вымь и Удора / Сост. А.К. Микушев, П.И. Чисталев, Ю.Г. Рочев. Т. 3. Изд. 2. Сыктывкар, 1995. С.15.
4. *Фольклорный фонд* Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН (далее – ФФ ИЯЛИ). А0627-3. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.
5. *Вниз по Емве-реке.* Записки краеведа-любителя Ивана Степановича Лебедева. Емва, 1995. С.29,37.
6. *ФФ ИЯЛИ.* В0606-28. Весляна, А.К. Габова, 1940 г.р. Соб. Г.С. Савельева, Е.Ю. Жилина, 2006.
7. *Образцы коми* зырянской речи / Сост. Т.И. Жилина, В.А. Сорвачева. Сыктывкар, 1971. С.197-199.
8. *ФФ ИЯЛИ.* А0627-4. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г.Рочев, 1964.
9. *ФФ ИЯЛИ.* А0627-2. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г.Рочев, 1964.
10. *Жеребцов И.Л.* Где ты живешь: Населенные пункты Республики Коми / Историко-демографический справочник. Сыктывкар, 1994. С.203.
11. *ФФ ИЯЛИ.* А0643-11, А0646-2. д. Онежье. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.
12. *Полевой дневник* Ю.Г. Рочева. Вымская фольклорная экспедиция, 1964. Л.91.
13. *Ильина И.В., Уляшев О.И., А.-Л. Сиикала.* Общедеревенские прозвища населения верхней Вычегды // Сельская Россия: прошлое и настоящее (Исторические судьбы северной деревни). Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Республика Коми, с. Усть-Цильма, 10-13 июля 2006 г.). Москва – Сыктывкар, 2006. С.290.
14. *ФФ ИЯЛИ.* В0606-37. с. Турья. Соб. А.В.Панюков, Г.С. Савельева, 2000.
15. *ФФ ИЯЛИ.* В0605-24. Соб. Г.С. Савельева, Е.Ю. Жилина, 2006.
16. *ФФ ИЯЛИ.* А0654-13. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.
17. *ФФ ИЯЛИ.* А0639-2. с. Турья. А.Ф. Некрасова, 1926 г.р.; А0643-11. д. Онежье. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.
18. *ФФ ИЯЛИ.* В0605-17. С.С. Вязова, 1933 г.р., С.Д. Куштысева, 1936 г.р., А.Ф. Сокерин, 1929 г.р. Соб. Г.С. Савельева, Е.Ю. Жилина, 2006.
19. *ФФ ИЯЛИ.* В0608-14. З.С. Спичак, 1929 г.р. Соб. Г.С. Савельева, Е.Ю. Жилина, 2006.
20. *Научный архив* Коми НЦ УрО РАН. Ф.27. Оп.1. Д.71. №57. Усть-Куломский р-н. Н.М. Лютоева, 1886 г.р. Соб. А.К. Микушев, 1956.
21. *ФФ ИЯЛИ.* В0648-9. д. Отла. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.
22. *ФФ ИЯЛИ.* А0639-2. с. Турья, А.Ф. Некрасова, 1926 г.р. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.
23. *ФФ ИЯЛИ.* А0643-11, А0646-2. д. Онежье. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.
24. *ФФ ИЯЛИ.* В0699-11. Соб. А.К. Микушев, Ю.Г. Рочев, 1964.

Статья поступила в редакцию 01.12.2011.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 338.48(470.13)

ПРОСТРАНСТВО И РАЗВИТИЕ ВНУТРЕННЕГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Т.Е. ДМИТРИЕВА, В.А.ЩЕНЯВСКИЙ

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
dmitrieva@iespn.komisc.ru, vital@iespn.komisc.ru

Развитие внутреннего туризма в республике рассмотрено в контексте методологии пространства действия. Обозначены особенности современного размещения и проблемы пространства туризма: низкая плотность и трудная доступность туристских объектов, фрагментарность и недостаточная наполненность информационного поля, разобщенность субъектов туристской деятельности и слабое взаимодействие в использовании ресурсов и формировании цепочек турпродуктов. Обращено внимание на роль этнокультурной реконструкции в формировании своеобразия и привлекательности региона.

Ключевые слова: **методология пространства действия, проблемы пространства внутреннего туризма, дестинация, этнокультурная реконструкция**

T.E. DMITRIEVA, V.A. SHCHENYAVSKY. SPACE AND DEVELOMPENT OF DOMESTIC TOURISM IN THE KOMI REPUBLIC

Development of domestic tourism in the region is considered in context of methodology of the action space. The peculiarities of modern location are presented. There are space problems of tourism: low density and difficult access to tourist facilities, fragmentation of the information field, disconnection of the subjects of tourist activity and weak interaction in use of resources and formation of tourist products chains. The role of ethnic and cultural reconstruction in formation of originality and attractiveness of the region is emphasized.

Key words: **action space methodology, space problems of domestic tourism, destination, ethnic and cultural reconstruction**

Туриндустрия, обладая мультипликативным эффектом, улучшает качество жизни граждан и общие экономические перспективы, помогает диверсифицировать экономику, открывает возможности генерирования доходов и рабочих мест, вносит заметный вклад в валовой продукт. В мировом ВВП, с учетом мультипликативного эффекта, на него приходится 9,4%, Греции, Испании – более 15%, России – 6,5% [1]. Вклад доходов от туризма, особенно внутреннего, рассчитывают далеко не все регионы России, что связано с несовершенным статистическим учетом и неопределенностью методических подходов. Данные по регионам, развивающим туризм, не сопоставимы с зарубежными цифрами. Так, в Республике Карелия доля валового совокупного дохода от въездного туризма в ВРП составила в 2010 г. 3,3% [2, 3].

В последнее время туристская индустрия формируется и в Республике Коми. В 2010 г. республику с целью туризма посетили 1125 чел. Местными туристскими компаниями обслужены 320 туристов, пожелавших путешествовать по ее территории, что в три раза больше чем в 2009 г. Сумма туристских услуг населению составила 941 млн. руб., а их доля в объеме платных услуг – 2,5% (в целом по России – 1,7%) [4, 5].

Республика Коми имеет значительный природный и культурный потенциал развития туризма. Кроме ресурсных предпосылок, следует отметить и общероссийские тенденции перехода к постиндустриальному обществу, усиленные в регионах постреформенным спадом и кризисными процессами индустриальной экономики. Стремления к креативной и сервисной экономике, опирающиеся на просыпающуюся активность населения, совпадают с надеждами на новую сферу деятельности региональной власти, которая оказывает ей поддержку.

Туризм при практической повсеместности и разнообразии турресурсов, возможности локальных форм организации, хорошем комбинировании с другими видами деятельности представляет сферу широкого распространения своих объектов на территории республики. Но в то же время дисперсность размещения, специфика кластерной организации туристских дестинаций требует хорошо и равномерно обустроенного пространства. В север-

ном регионе очагового и трассового освоения такое пространство необходимо формировать целенаправленно и тем самым способствовать развитию туризма.

Пространство действия: концепция и методология

В последние десятилетия в зарубежной науке произошел поворот к пространству (space turn), который проявился в широком проникновении пространства и пространственности из традиционных сфер их применения – географии, архитектуры, пространственного планирования – в другие области (экономику, антропологию, культуру, теологию, право, международные отношения и др.). Важнейшими следствиями этого процесса являются:

- расширение возможностей найти новые смыслы, альтернативные теории, пересмотреть способы понимания явлений (пример пространственного объяснения П. Кругманом причин неравномерного экономического развития);

- восстановление «в правах» пространства и поддержание нарушенного баланса категорий «пространство – время» без привилегий какой-либо из них;

- диффузия пространственности из академической теории в политику и практику многих новых вопросов (социальной эсклюзии – инклюзии, экономического роста, бедности, природоохранной политики и др.).

Понимание того, что пространственная организация общества является влиятельной силой, формирующей человеческое поведение, политические действия и общественное развитие, укрепляется и в отечественной науке на основе междисциплинарных исследований РАН о роли пространства и пространственном развитии России и ее регионов.

Суть пространства раскрывает социопространственная диалектика, признающая, что пространство, с одной стороны, формирует общественные процессы, а с другой – формируется ими [6]. Ключевыми в понимании социопространственной диалектики являются структура и логика конструкции «пространство действия», наиболее полно раскрытые Б. Верленом [7]. Ее основные элементы – субъект действия, объект действия и само действие – имеют материальный характер.

Субъект – единственный источник изменений – осуществляет действие с определенными намерениями и при определенных социальных обстоятельствах, и только это создает систему координат, осмысливает пространство, только тогда пространство определяет содержание действия.

Объект – условия (и последствия) действия. Точнее, условия размещения, порядок «материальных образований, включенных в действие». Именно они ограничивают или освобождают, ориентируют действия субъекта. В конечном счете, пространство есть совокупность материальных условий действий субъекта.

Действие – главный элемент методологии – конкретизируют такие признаки, как предметность, конкретность и конструктивность.

Предметность действия определяется содержанием процесса, вступающего в социо-пространственные отношения, в данном случае – это развитие внутреннего туризма. Содержание процесса позволяет уяснить характер субъекта (в нашем случае – исследователь, а может быть и политик, и практик-управленец), его возможности (здесь они очерчены исследовательским форматом), а также особенности материальных образований (присущих именно туристской деятельности) и форм их размещения не только действующих, но и перспективных.

Конкретность действия отражает систему координат, в которой осмысливается процесс. Позициями-ориентирами для субъекта-исследователя развития внутреннего туризма выступают: критерий действия (в частности формирование внутреннего туризма как сферы региональной экономики), измерители объекта действия (параметры оценки пространства применительно к туризму), специфика объекта действия (проблемы размещения туризма).

Конструктивность действия реализуется через оценку соответствия (несоответствия) условий критерию и направленность на изменение условий, которое обеспечит достижение критерия. В данном случае это означает преобразование (подстройку) пространства региона под целенаправленное формирование внутреннего туризма. То есть результат развития туризма должен проявиться в новом размещении его объектов (показа, инфраструктурных, организационных и др.), что, в свою очередь, повлияет на дальнейший ход процесса.

Конструктивность пространства действия раскрывает суть используемого в отечественной науке термина «пространственное развитие», связанного с оценкой и планированием территориального каркаса социального процесса [8].

Внедрение методологии «пространства действия» в практику исследовательской и управленческой работы требует:

- уяснения роли и содержания социальных процессов, конституирующих пространство, в частности северного региона;

- разработки способов оценки и выявления на их основе специфики (проблемности) размещения материальных образований этих процессов;

- определения направлений перестройки пространства для повышения эффективности социальных процессов с учетом поиска новых форм материальных образований и новых схем их размещения.

В статье представлена попытка реализовать такой подход для анализа современной ситуации и планирования ее развития в отношении внутреннего туризма Республики Коми.

Особенности современного размещения внутреннего туризма

Оценки уровня территориальной дифференциации туризма на региональном уровне затруднены слабой информационной базой и недостаточно развитым инструментарием. К сожалению, отсут-

ствие многих первичных данных затрудняет полноценное использование методики расчета общепризнанного индекса конкурентоспособности сектора путешествий и туризма (the Travel & Tourism Competitiveness Index, TTCI) для российских регионов и их частей, который с 2007 г. определяет и целенаправленно анализирует Мировой экономический форум.

С помощью данного индекса можно понять место страны в общем рейтинге, а также сильные и слабые факторы ее конкурентоспособности. Так, в 2010 г. Россия была 59-й в списке из 139 стран, занимая традиционно высокие позиции по природным (27-е место) и культурным (35-е) ресурсам, инфраструктуре воздушного транспорта (30-е) и инфраструктуре туризма в целом (45-е), но тревожно низкие – по инфраструктуре наземного транспорта (95-е), безопасности (113-е), политическим правилам (126-е) и восприимчивости туризма (135-е) [9].

При выявлении специфики формирующегося пространства туризма Республики Коми мы ориентировались (с учетом доступной информации) на структуру сводного международного индекса, используя в качестве алгоритма интеграции частных показателей близкий по способу его расчета механизм рейтинговой оценки [10].

Операционной единицей туристского пространства приняты муниципальные образования (районы и городские округа) – главные объекты статистики и управления. Основная роль в наборе показателей отведена характеристикам туриндустрии – реальным и потенциальным объектам показа, демонстрируемым турфирмами. Поэтому природные и историко-культурные ресурсы, достаточно равномерно насыщающие территорию республики, фиксировались через вовлеченность привлекательных мест и событий в действующие и будущие туры. В инфраструктуре гостеприимства из-за риска искажения результатов учитывались только гостевые дома и турбазы, а не обычные гостиницы в районных центрах.

Результаты оценки отразили, во-первых, положение муниципалитетов на региональном рынке (через число действующих туров фирм республики и инвестиционных проектов/предложений) и, во-вторых, степень ориентированности местной власти на развитие внутреннего туризма и потребность в государственной поддержке (стратегические документы и информация о туристической деятельности на официальных сайтах муниципальных образований). Оценка позволила получить представление о современном размещении внутреннего туризма, обозначив группы районов с разным уровнем активности его развития (рисунок).

Группа муниципальных образований со сравнительно высокой активностью туристской деятельности выделяется уже известными не только в республике событиями и объектами, привлекающими участников и гостей. Это фестивали «Завалинка» и «Ыбица» (Сыктывдинский р-н), фольклорный праздник «Усть-Цилемская горка» (Усть-Цилемский р-н), геологический памятник Столбы выветривания Маньпупунер (Троицко-Печорский р-н).

В указанных районах есть готовые турпродукты, активна проектная и инвестиционная деятельность, обеспеченная господдержкой, они наращивают инфраструктуру, заметным элементом которой стал Финно-угорский этнокультурный парк в с. Ыб. Именно в этих районах располагаются узлы формирующегося туристского каркаса, в которые направлены основные потоки, организуемые ведущими операторами въездного туризма – ООО «Вэртас-тур», ООО «Лингва тур» и ООО «Здравницы Республики Коми».

Муниципалитеты со средней активностью туристской деятельности разнообразны по потенциалу и его использованию. При основной рекреационной и этнокультурной специализации республиканского туризма в этой группе нет крупных узлов, слабее и разветвленнее потоки. Наиболее мощным является транзитный поток в национальный парк «Югыд ва», который принимает до 5 тыс. посетителей в год (ГО «Инта»). Периферийные потоки – в Печорском, Княжпогостском, Удорском районах – направлены к организованным местам охоты и рыбалки, паломничества, историко-культурным объектам (Кылтовскому Крестовоздвиженскому женскому монастырю, к Иоаникиевой келье, на родину П. Сорокина), природным памятникам. В муниципалитетах появляются интересные проекты («Нетронутое сердце Урала», «Ожерелье Удоры», «Печора – золотые берега»). Продвижение программы развития туризма Удорского р-на: обучение владельцев гостевых домов, инструкторов, сертификация туристского маршрута «Ожерелье Удоры» и организация одноименной турфирмы – способствовали росту местного потока туристов от 200 до 300 чел.

Группа муниципальных районов с относительно низкой активностью туристской деятельности имеет хорошие предпосылки для формирования разнообразного туристского «рельефа» на базе событийного туризма (традиционные праздники) и активного дальнего отдыха (охота, рыбалка). В районах разработаны стратегические документы о развитии туризма.

Туристским аттрактором может стать ежегодный фольклорный праздник «Луд» в Ижемском р-не, где уже реализованы и разработаны проекты сельского туризма. В течение всего года и с разнообразной программой есть возможность использовать историко-культурный комплекс с. Усть-Вымь с богатыми храмами, включая его в республиканские туры, начинающиеся в Сыктывкаре. Хорошие спортивно-рекреационные перспективы у проекта «Алая лента Прилузья», базирующегося на нескольких туристских объектах (Прилузский р-н).

В группу муниципальных образований с низкой активностью туристской деятельности входят городские округа (Усинск, Ухта, Воркута) и районы с городскими центрами (Сосногорск, Вуктыл), которые благодаря индустриальной основе сравнительно устойчивы экономически, а также сельские районы (Сысольский, Койгородский и Корткеросский) более активные в отношении развития

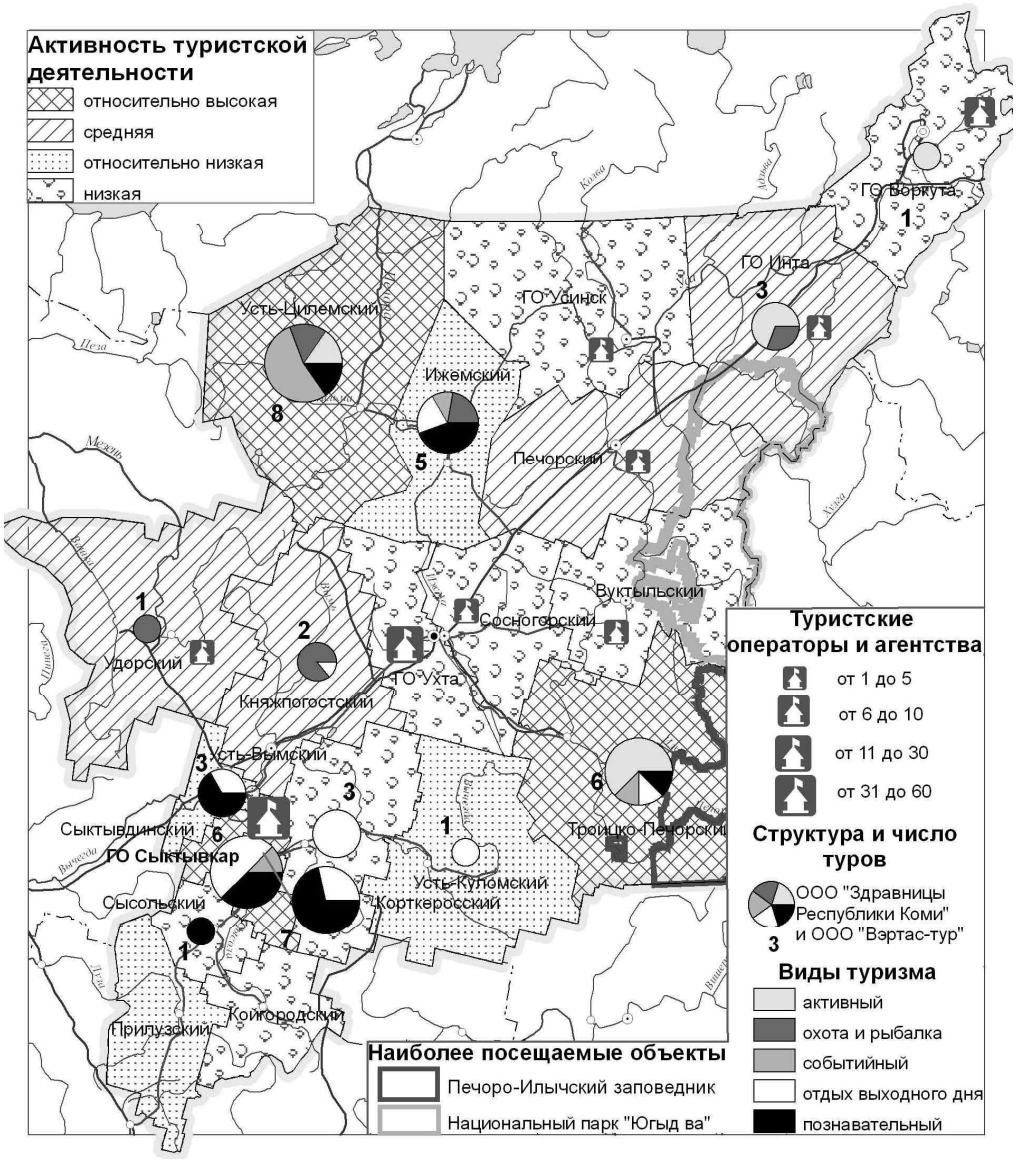


Рис. Уровень активности развития туризма в Республике Коми.

туризма из-за существенных потерь в лесо- и сельскохозяйственной основе.

Тем не менее, определенные подвижки в данном направлении можно отметить в Воркуте и Вуктыле, имеющих стратегические документы развития туризма. В них, а также в других районах выдвигаются предложения об организации турбаз и создании объектов туристского показа на местных достопримечательностях, в частности мемориалов ГУЛАГа (в Воркуте и Корткеросе). В близких к городам пунктах реализуются отдельные проекты по городской рекреации.

Проблемы пространства внутреннего туризма

На уровне государства основными факторами, сдерживающими рост внутреннего и въездного туристских потоков, признаются [11]:

- слабо развитая инженерная инфраструктура, что является препятствием для привлечения частных инвестиций в туристскую сферу;

- низкий уровень развития туристской инфраструктуры (недостаточность средств размещения туристского класса и объектов досуга, неудовлетворительное состояние многих туристских объектов показа, отсутствие качественной придорожной инфраструктуры на автомагистралях);

- отсутствие доступных инвесторам долгосрочных кредитных инструментов (например, проектное финансирование) с процентными ставками, позволяющими окупать инвестиции в объекты туристско-рекреационного комплекса в приемлемые для инвесторов сроки;

- невысокое качество обслуживания во всех секторах туристской индустрии вследствие недостатка профессиональных кадров;

- недостаточное продвижение России как привлекательного направления для туристов, обусловленное низким уровнем бюджетного финансирования.

Указанные общие проблемы в Республике Коми усиливаются изначально низкой обустроенно-

стью территории, характерной для любого северного региона. К типологическим особенностям размещения материальных объектов внутреннего туризма в регионе в соответствии с базовыми параметрами пространства, обозначенными в Докладе о мировом развитии Всемирного банка за 2009 г. [12], следует отнести низкую плотность деятельности, трудную доступность туристских ресурсов и объектов, слабое взаимодействие внутри складывающейся региональной и локальных туристских систем. Безусловно, проблемы пространства туристской деятельности, мешающие ее развитию, являются результатом многих процессов, влияние и конфигурацию которых следует понять, чтобы исправить.

Низкая плотность туристских продуктов

При богатстве ресурсного потенциала туризма в республике пока мало есть, чем удовлетворить спрос местного туриста, а тем более требовательного гостя из-за ее пределов. Ограниченное число объектов туристского показа, на наш взгляд, объясняют следующие причины.

Крупные культурные события (фольклорные праздники), как правило, не доведены до формата туристского продукта. В то же время культурная специализация территории, насыщенный и разнообразный событийный ряд с этническим колоритом, акцентированный выразительными и обоснованными брендами, формируют уникальность территории, которая является одним из ключевых факторов конкурентоспособности туристского региона.

Малые объекты только начинают оформляться, разворачивать свою деятельность, испытывая при этом многие ограничения:

- нормативные – законодательного оформления и учета новой в республике деятельности;
- кадровые – в получении знаний необходимого объема и квалификации;
- инфраструктурные – создания или реконструкции мест размещения, соответствующих требованиям, а также достойного уровня их обслуживания;
- экономические – разработки рыночного продукта с высокой добавленной стоимостью, позволяющего вести безубыточную деятельность и вписаться в невысокий платежеспособный спрос внутренних потребителей;
- слабого развития сопутствующих видов деятельности – производства сувенирной продукции, местных продуктов питания, национальной кухни.

Трудная доступность туристских ресурсов и объектов

Эта специфическая проблема имеет два аспекта. Первый связан с физической транспортной доступностью – удаленностью и барьерностью за счет водных преград и горного рельефа. Оценка транспортной доступности на муниципальном и поселенческом уровне приведена в публикациях [13, 14] и дает представление об ограничениях развития туризма в ряде районов. Так, сезонная доступность может затруднить реализацию проекта «По следам Питирима Сорокина», предполагающего посещение его родины в с. Турья Княжпогостского р-на, из-за нестабильной переправы. Или полноценно использовать потенциал национального с. Приуральское в Печорском р-не, которое имеет фольклорные коллективы, расположено на транзитном ходу на Урал, но ограничено сообщением с Печорой плохой и пересеченной рекой дорогой.

Второй аспект – это доступность информации о ресурсах и объектах.

Негативное влияние здесь оказывают слабая инвентаризация и неудовлетворительный учет туристских ресурсов. В настоящее время в республике действуют несколько ведомственных источников учета ресурсов со своими критериями их ценности (Комистат, Минэкономразвития, Минкультуры, муниципалитеты), однако нет единых законодательно оформленных правил оценки туристских ресурсов и режимов их использования, что снижает эффективность государственной поддержки развития туризма.

Информационное поле туризма имеет республиканский, муниципальный, туроператорский и предпринимательский сегменты. На портале, курируемом Минэкономразвития Республики Коми, имеется информация о туристских ресурсах, фирмах, гостиницах, но без пространственной привязки туробъектов, пока здесь нет сведений о туристских продуктах республики и раздела для субъектов туристской деятельности. На официальных сайтах администраций муниципалитетов, как правило, выделен раздел туризма, где показаны туристские ресурсы и маршруты, но крайне редко представлены туры. Наиболее полная информация по турпродуктам сконцентрирована у операторов ООО «Вэртас-тур», ООО «Лингва-тур», ООО «Здравницы Республики Коми», но ее объем сильно уступает выездному туризму. Перспективны, но пока единичны, сайты субъектов туриндустрии, в том числе владельцев гостевых домов, расширяющие информацию о турпродуктах и позволяющие туристам формировать туры самостоятельно.

Информационный толчок развитию внутреннего туризма дают ежегодные выставки-ярмарки «Отдых на Севере» в Сыктывкаре. Они помогают туроператорам и турагентствам включить в свои программы местные турпродукты. Важное информационное значение имеют рекламные проспекты и фильмы о Республике Коми.

Тем не менее, информационное поле туризма формируется не системно, разрозненными усилиями и не использует в полной мере возможности структуризации и визуализации данных, которые обеспечивают геоинформционные системы. Хотя первые шаги в этом направлении уже сделаны: разработан Электронный кадастр туристических ресурсов, где с использованием многочисленных источников отражены природные, историко-культурные ресурсы, а также объекты туриндустрии и маршруты [15], выполнен проект «Культурная карта Республики Коми» [16], имеются геоинформационные массивы туристской информации, квалифицированно разработанные известными туристами республики.

Разобщенность туристского пространства

Разорванность в сфере туризма республики характерна как для субъектов, так и для объектов. Не скоординированы действия по формированию

информационного поля, не выполняет функции консолидирующего центра предпринимательской деятельности Ассоциация турагентств Республики Коми, нет системного представления, а, соответственно и плана действий, по многим важным вопросам развития внутреннего туризма у малочисленного Отдела туризма Минэкономразвития Республики Коми, что сказывается, например, на подготовке кадров.

В последнее время в этой области сделаны заметные шаги: в Сыктывкарском государственном университете и Сыктывкарском кооперативном техникуме ведется подготовка по направлению «Туризм», в Сыктывкарском филиале ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики» – «Технология и организация туроператорских и турагентских услуг (въездной и внутренний туризм)». Минэкономразвития Республики Коми и другие структуры проводят бизнес-семинары по проблемам развития туризма, на основе партнерства с международным участием обучаются предприниматели и гиды [17]. В то же время текущие и прогнозные оценки потребностей в кадрах для обеспечения различных туристских услуг, их аттестация и целенаправленная подготовка пока не осуществляются.

Другим примером слабого взаимодействия в региональном пространстве туризма, относящимся непосредственно к использованию ресурсов и формированию турпродуктов, является отсутствие цепочек дестинаций, а также встраивания в дестинации новых и старых культурных событий и объектов.

По международному определению дестинация – это комбинация различных туристских компонентов (достопримечательностей, мест проживания, транспорта, инфраструктуры) в географическом ареале, продвигаемая туристской организацией [18]. По сути туристская дестинация, которая успешно может действовать только при тесном сотрудничестве всех участников, обеспечивающих показ, доставку, проживание, сервис, есть прообраз туристского кластера, генерирующего мультипликативный эффект совместной деятельности.

Однако важно подчеркнуть, что на получение и рост эффекта работает и пространственный характер дестинаций. Речь идет о построении цепочек, объединяющих продукты нескольких муниципалитетов (регионов, стран) в комбинированные туры, которые могут быть специализированными (европейские примеры: винный, фестивальный, по местам эпоса Калевалы и др.) или разнообразными по тематике. Преимущество «протяженной» формы состоит не только в экономии на маркетинге и рекламе, что относится к территориям с развитым туризмом. Для северного региона с его объективно ограниченными возможностями выстраивание туробъектов в цепочки – речные «ожерелья» и круизы [15, 19], «по следам» знаменитых земляков и др. – является решающим фактором, чтобы собрать небольшие объекты в критическую массу коммерчески успешного проекта. В случае более широкой территории дестинация включает много субдестинаций, а также населенные пункты-«спальни». Первыми доходный потенциал кооперации и регионального маркетинга оценили, как отмечают греческие исследователи, именно туристически неразвитые районы [20].

Сотрудничество и взаимодополнение при разделении общих интересов, проблем и формировании общих возможностей становятся предпосылками организации сетевого пространства потоков, объективно присущего туризму и непосредственно связанного с информационным пространством.

Направления пространственного развития внутреннего туризма

Как уже отмечалось, именно этнокультурный компонент является главным аттрактором туризма. Наряду с природной экзотикой северного края этнокультурное своеобразие может стать активом въездного туризма национальной республики, где нет моря, солнца и песка. Поэтому актуальным направлением, способным вовлечь этот практически повсеместный ресурс в использование, проявить его в форме креативных турпродуктов, становится *этнокультурная реконструкция (ЭКР).*

ЭКР – процесс восстановления этнокультурных событий с целью последующего туристского показа, реализующий потенциал культурного наследия, истории, самобытного народного искусства и традиционной национальной культуры территории в активной форме, существенно усиливающий туристскую привлекательность территории.

Направления работы по ЭКР идентичны характеру деятельности по развитию туризма в целом и его отдельным видам, но имеют свою специфику. В частности, велика роль научно обоснованной оценки соответствующих ресурсов, которая в ходе изучения этнокультурной географии региона способна выявить ядра потенциальных дестинаций и определить характер и возможные формы ЭКР. При этом не отрицаются, а подчас необходимы комплексные исследования, направленные на оценку полиресурсной основы развития туризма, учитывая экономическую целесообразность и реальный опыт комбинирования туризмов разного вида, например агро- и этно- , или эколого- и этно и др.

Особенность создания инфраструктуры гостеприимства при ЭКР состоит в очень бережном отношении к историческому «жилому фонду», он же и экспозиционный. Стилизованные новоделы, безусловно, снижают ценность и аттрактивность этнокультурных туристских объектов. Повышенные требования ЭКР предъявляет к профессиональной подготовке кадров. Их высокий уровень требуется как для разработки концепции туристского продукта, обеспечивающей наиболее полное раскрытие и предъявление определенных ресурсов, так и его театрализованной демонстрации, для которой необходимы режиссерские и аниматорские качества и навыки.

Формируемый республиканский перечень объектов нематериального наследия, где уже есть праздники «Усть-Цилемская горка», «Луд», рождественские игрища с.Прокопьевка (Прилузье), праздник святой Параскевы Пятницы (Удора), с одной

стороны, является признанием высокого качества проработки продуктов ЭКР, а с другой – основанием такой проработки и обязательным встраиванием известных этнокультурных событий в дестинации.

Организация сети объектов, где возможна презентация результатов ЭКР, представляет итог целенаправленной и непрерывной деятельности. Среди форм ЭКР, выявленных и описанных в ходе оценки культурно-рекреационного потенциала развития муниципальных образований Республики Коми, можно назвать этнокультурные центры, исторические (этнические) деревни, этнические смены летних лагерей отдыха, а также комплексные центры на основе этнокультурной, аграрной и природно-рекреационной специализации [21]. Широкий спектр этнокультурных объектов туристской направленности от республиканского финно-угорского этнопарка до гостевого дома с национальным интерьером и кухней, мастер-классом по традиционной охоте (рыбалке) или ремеслу обогащает возможности насыщения территории объектами турпоказа.

Формирование туристской информационной сети за счет полноценного развития всех сегментов. Необходимо выделить в недостаточно систематизированном поле туристской информации узловой интернет-ресурс (государственный туристский портал), который бы содержал структурированную по видам туризма и территориям информацию о ресурсах и туристских услугах республики (основных турах, местах проживания), государственной поддержке туризма, возможностях профессионального обучения и роста квалификации, сведения о других интернет-ресурсах туризма и т.д.

Структура разделов туризма на официальных сайтах администраций муниципальных образованиях должна включать обязательные разделы о ресурсах, популярных маршрутах, турпродуктах, текущих событиях, господдержке, дополненные по желанию другими материалами. Основной информацией на туроператорских и гостевых объектах является достоверная географическая и экономическая характеристика предоставляемых услуг.

Важным информационным фактором продвижения турпродуктов станет разработка брендов, что особенно перспективно в отношении профилирования туристской деятельности муниципальных образований. Положительным примером служит Вологодская область, где нашли обоснованный и поэтический образ для каждого района: Вологда – кружевная столица России, Тотьма – город русских мореходов, Кириллов – святая земля, Череповец – горячее сердце Севера, Липин Бор – царство золотой рыбки, Вытегра – обитель батюшки Онего и др., раскрываемый в дестинациях.

Улучшение бизнес-среды туризма на основе сплочения субъектов. Представляется, что неиспользованным резервом в этом направлении является формат саморегулируемых организаций, предусмотренный в Концепции ФЦП развития туризма в Российской Федерации. Такая организация (возможно с филиалами в муниципальных образованиях) могла бы взять на себя:

- разработку норм, стандартов и принципов ведения туристской деятельности в действующей конкурентной среде в интересах потребителя и с целью обеспечения его безопасности;
- совершенствование профессиональной деятельности персонала туристских организаций (аттестацию, повышение квалификации);
- оперативное информирование субъектов туриндустрии об изменениях и новшествах законодательства в сфере туризма;
- сбор, накопление, анализ данных, характеризующих туристский рынок и эффективность мер его государственной поддержки, подготовку предложений по развитию туристской деятельности;
- проведение анализа практики применения добровольных стандартов классификации средств размещения, а также подготовку предложений по их совершенствованию и механизму реализации;
- организацию и содействие развитию самодеятельного туризма, просвещение населения в сфере туризма, защиту прав и интересов туристов;
- координацию предпринимательской деятельности в сфере туризма, разрешение споров и конфликтов, оказание юридической помощи.

Предложения для групп районов

Для районов со сравнительно высокой активностью туристской деятельности актуально формирование комплексных турпродуктов с дополнением основной дестинации в цепочке («Финно-угорский этнокультурный парк», «Усть-Цилемская горка», «Столбы выветривания Маньпупунер») турпродуктами в ее окружении или по пути следования и активное продвижение их за пределами Республики Коми. Производство сувенирной продукции соответствующей тематики. Улучшение транспортной и гостевой инфраструктуры и организация современной системы развлечений и отдыха. Важно разнообразное, но именно этнокультурное насыщение деятельности «Финно-угорского этнокультурного парка» с вводом подворий разных народов.

Группе районов со средней и низкой активностью туристской деятельности целесообразно ориентироваться на создание не только внутрирайонных цепочек дестинаций с включением активных видов отдыха и познавательного туризма на базе исторических и этнокультурных ресурсов, но и региональных, например, на базе историко-культурного комплекса с. Усть-Вымь, Кылтовского монастыря, речного круиза по Печоре с турмаршрутом «По пути староверов» и др. Главным «двигателем» развития туризма на этих территориях является местный бизнес, однако предлагаемые инвестпроекты могут быть поддержаны и республиканским финансированием.

Необходимо привлекать Коми ремесленную палату для организации районных Домов ремесел и активизации местного сувенирного производства. Добиваться улучшения транспортной доступности объектов показа и подключать предпринимателей для создания гостевой инфраструктуры и, в первую очередь, гостевых домов. Среди районных направлений возможны организация горнолыжных баз в Интинском и Печорском муниципалитетах, более

активное развитие сельского туризма в сочетании с этнокультурным.

Таким образом, планирование размещения нового сектора внутреннего туризма, использующего для создания рабочих мест богатые природные и культурно-рекреационные ресурсы, предполагает стратегически оформленное включение этой деятельности в экономическую основу муниципалитетов с адекватной оценкой местных ресурсов и разработкой дестинаций, а также организацию межмуниципальных систем на базе внутрирегиональных цепочек объектов показа.

Целенаправленной работы и совместных усилий республиканской и муниципальной власти требует корректировка критичных параметров пространства развития туризма: плохая транспортная и информационная доступность туристских ресурсов и объектов, низкая плотность туристских продуктов, недостаток и не всегда удовлетворительное качество мест проживания, слабое взаимодействие туроператоров и органов управления.

Статья подготовлена в рамках выполнения проекта «Пространственное измерение постиндустриальной трансформации северного региона» Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал».

Литература

1. *Международный туризм* [Электронный ресурс]. – URL: http://www.webeconomy.ru/index.php?page=cat&cat=mcat&mcat=138&type=news&mm_menu=58&newsid=977.
2. *Валовой региональный* продукт Республики Карелия (по хозяйственным видам экономической деятельности) [Электронный ресурс]. – URL: http://krl.gks.ru/digital/region14/DocLib/vrp1.htm.
3. *Туризм в Карелии*: цифры и факты [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gov.karelia.ru/gov/Power/Committee/Sport/turstat10.html.
4. *Туризм и отдых* в Республике Коми: Справочник / Комистат. Сыктывкар, 2009. 139 с.
5. *Отдельные аспекты развития туристической индустрии в Республике Коми.* Информационно-аналитический бюллетень/ Комистат. Сыктывкар, 2010. 45 с.
6. *Soja E.* Seeking Spatial Justice / Published by the University of Minnesota Press // Minneapolis, 2010. 257 p.
7. *Верлен Б.* Общество, действие и пространство. Альтернативная социальная география // Социологическое обозрение. 2001. Т. 1. №2. С. 26–47.
8. *Россия. Пространственное* развитие. Доклад 2004. М.: «Архитектура-С», 2004. 128 с.
9. *The Travel & Tourism* Competitiveness Report 2011. Beyond the Downturn. World Economic Forum. Geneva, Switzerland 2011. 531 p. [Электронный ресурс]. – URL: www.weforum.org/ttcr.
10. *Дмитриева Т.Е.* Рейтинговая оценка в межрегиональных и внутрирегиональных сопоставлениях (методический аспект). [Электронный ресурс]. – URL: www.sopssecretary.narod.ru/Konferencya/Doclad/dmitrieva.doc. 2003.
11. *Концепция федеральной* целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011-2016 годы)». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 июля 2010 г. № 1230-р.
12. *Новый взгляд* на экономическую географию. Доклад о мировом развитии за 2009 год / Всемирный банк. Вашингтон, 2009.
13. *Дмитриева Т.Е., Бурьян М.С.* Пространственное развитие социального сервиса северного региона // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2011. №6 (18). С. 77–92.
14. *Дмитриева Т.Е.* Транспортная доступность локальных систем // Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011. С. 280–282.
15. *Дмитриева Т.Е., Щенявский В.А.* Электронный кадастр туристских ресурсов Республики Коми // Сельский туризм и развитие территорий: проблемы и решения. Сыктывкар, 2011. С.7–19.
16. *Культурная карта* Республики Коми [Электронный ресурс]. – URL: http://www.nbrkomi. ru/ page/1112/.
17. *Неда Ордым.* Проект развития этнокультурного туризма коренных народов Севера. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.nedaordym.fi/index.php/ru/ordym.
18. *Glossary.* Tourism a modern synthesis. S. J. Page and J. Connell. London. 2006. 11 p.
19. *Канев Н.М.* О реализации инвестиционного проекта «По следам старообрядцев» // Сельский туризм и развитие территорий: проблемы и решения. Сыктывкар, 2011. С.18–21.
20. *Economou D., Vrassida M.* Urban dynamics and networking in coastal cities: the Case of Tourism // 45th Congress of the European Regional Science Association 23-27 August 2005, Vrije Universiteit Amsterdam Land use and Water Management in a Sustainable Network Society. 17 p.
21. *Потенциал развития* муниципальных образований: содержание, оценка, управление (на материалах Республики Коми) / Коллектив авторов. Сыктывкар, 2008. 344 с. (Коми научный центр УрО РАН).

Статья поступила в редакцию 23.04.2012.

УДК 338.436.33:332.132(470.13)

ЛОКАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

И.С. МАЛЬЦЕВА

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
maltseva@iespn.komisc.ru

В статье представлена типизация локальных агропромышленных систем, показаны их особенности. Выявлены экзогенные ограничения и внутренние возможности их развития. Предложены механизмы более активного включения агропромышленных систем в бизнес-пространство.

Ключевые слова: **территориально-отраслевая организация, локальные агропромышленные системы, развитие, кооперация**

I.S. MALTSEVA. LOCAL SYSTEMS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE KOMI REPUBLIC

The paper presents local agro-industrial systems typification, their characteristics are given. Exogenous limitations and internal opportunities of their development were determined. The mechanisms of enhancing inclusion of agro-industrial systems in the business space were proposed.

Key words: **territorial-branch organization, local agro-industrial systems, development, cooperation**

Создание условий для устойчивого развития сельских территорий определено одной из важнейших стратегических целей государственной политики, достижение которой позволит обеспечить продовольственную безопасность, повысить конкурентоспособность российской экономики и благосостояние граждан. В Концепции устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020 г. «сельские территории» определены как территории сельских поселений (одного или нескольких населенных пунктов) и соответствующие межселенные (находящиеся вне границ поселений) территории.

Сельские территории как социально-территориальная подсистема общества выполняют важнейшие общенациональные функции: производственную, демографическую, трудоресурсную, жилищную, пространственно-коммуникационную, социального контроля. Двигателем устойчивого развития сельских территорий является производственная функция [1]. Причем важным условием ее успешной реализации выступает территориальная организация агропромышленного комплекса (АПК), способствующая полноценному выполнению социальных функций развития сельских территорий.

Вопросы территориально-отраслевой структуры регионального АПК в аспекте зональной специализации сельского хозяйства исследовались учеными-аграрниками Г.В. Каневым, В.И. Ивановым, В.В. Терентьевым [2, 3]. Согласно зональной специализации сельскохозяйственного производства, предложенной Г.В. Каневым, выделено четыре зоны с отраслевой направленностью (Крайнего Севера, северная, центральная и южная), сложившейся под воздействием природных и экономических условий. Опираясь на научное зонирование и учитывая транспортные условия реализации сельскохозяйственной продукции, а также процессы сокращения и поляризации аграрного производства, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Коми осуществляет дифференцированную поддержку производителей из республиканского бюджета в рамках учета условий конкретных сельских поселений.

Важным шагом в совершенствовании размещения АПК стали решения о приближении переработки сельхозпродукции и пищевых производств к источникам агросырья для обеспечения устойчивого сбыта местных производителей и удовлетворения потребности населения в продуктах питания. Для этой цели в 2010 г. действующая долгосрочная республиканская целевая программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (2010-2012 годы)» была дополнена подпрограммой «Развитие производств по переработке сельскохозяйственной продукции». Впервые в структуру государственной поддержки включили объекты переработки.

Внимание к развитию сельских территорий усилило актуальность изучения локальных форм территориальной организации агропромышленного производства, которое в республике ранее не проводилось. Данная статья представляет результаты исследования агропромышленных систем, которые встроены в сельские территории и, являясь спе-

циализированными подсистемами, участвуют в реализации их функций. Исследование основывается на методологических аспектах территориально-отраслевого анализа, которые более подробно изложены в работе [4].

Типизация локальных агропромышленных систем

В качестве основного объекта исследования выступают локальные агропромышленные системы (ЛАПС), различимые в бизнес-пространстве совокупности независимых организаций и хозяйств, объединенных производством, переработкой и сбытом сельскохозяйственной продукции на территории конкретной местности (одного или нескольких муниципальных образований) с учетом традиций производства и потребления и максимальной приближенности производителя к конечному потребителю.

ЛАПС Республики Коми являются «мягкими» системами, в которых экономические субъекты АПК объединены гибридными связями. «Гибридные связи» предполагают наличие различных типов связей и отражают взаимодействие субъектов по производству и продвижению сельскохозяйственной продукции к потребителю (сырье – переработка – реализация), привлечению рабочей силы, совместному использованию угодий и т.п.

По пространственному масштабу выделены региональные, муниципальные (районов и городских округов), поселенческие системы. Критериями являются масштаб деятельности, применяемые технологии и степень вовлеченности в рыночные отношения.

Характеристика агропромышленных систем представлена в табл. 1.

Таблица 1

Типы локальных агропромышленных систем

Масштаб деятельности	Технологии	
	Современные	Традиционные/устаревшие
Региональные		
Крупные (городских округов вместе с районами)	Диверсифицированная товарная структура, производственные, сервисные связи, широкий устойчивый сбыт (Сыктывкарская, Ухтинская)	–
Муниципальные (районные)		
Крупные (городских округов, районов)	Диверсифицированная товарная структура базовых производств, концентрированное производство, широкий сбыт продукции (Интинская)	Узкоспециализированная товарная структура базовых производств, концентрированное производство, муниципальный сбыт продукции (Печорская, Воркутинская)
Поселенческие		
Средние (поселений-центров АПК)	Диверсифицированная товарная структура базовых производств, производственные и сервисные связи, широкий сбыт продукции (Гуляшорская)	Узкоспециализированная товарная структура, производственные связи (по сырью), местный и районный сбыт продукции (Корткеросская)
Малые (удаленных поселений)	–	Узкоспециализированная товарная структура, производственные связи, местный сбыт

Региональные системы имеют диверсифицированный (комплексный) характер. Они представлены крупными и средними организациями сравнительно широкой специализации с высоким уровнем концентрации и комбинирования, выпускающими разнообразный ассортимент продукции. Сельскохозяйственные организации в основном имеют в своем составе перерабатывающие производства и собственную торговую сеть.

Региональные системы характеризуют протяженные связи по сырью и сбыту готовой продукции. Самые дальние связи с поставщиками сельхозсырья имеет ОАО «Молочный завод “Сыктывкарский”», который закупает цельное молоко у сельхозпроизводителей г. Сыктывкара, Сысольского, Корткеросского, Прилузского, Княжпогостского, Сыктывдинского, Усть-Вымского районов. Молочная продукция ОАО «Молочный завод “Сыктывкарский”» продается в г. Сыктывкаре, Сысольском, Сыктывдинском районах. Продукцию ОАО «Зеленецкая птицефабрика» покупают жители практически всей Республики Коми и соседних регионов.

Муниципальные системы формируются в городских округах и сельских районах. Среди них выделяются Интинская с базовым предприятием ОАО «Интинская птицефабрика» и Гуляшорская, ядром которой является ОАО «Южное». Данные системы отличаются сельскохозяйственным производством с развитой специализацией, высоким уровнем концентрации и комбинирования, технологичной переработкой и собственной торговой сетью. Их продукция реализуется на территории местного и соседних муниципальных образований. Сельскохозяйственное производство здесь диверсифицировано и в первом случае включает скотоводство и оленеводство, а во втором – помимо растениеводства и скотоводства – рыбоводство. В планах обеих организаций стоит развитие туризма, а в Гуляшорской – создание агрогородка.

Региональные и муниципальные системы были сформированы в основном с участием государства, т.е. «сверху». Ряд крупных и средних предприятий, составляющие их ядро, до 2008 г. являлись государственными унитарными предприятиями, а в настоящее время – это дочерние компании холдинга ОАО «Фонд инвестиционных проектов Республики Коми». Крупные республиканские и муниципальные ЛАПС динамично развиваются, хотя и имеют ограничения, связанные с «северностью» сельхозпроизводства. Высокие затраты на производство снижают конкурентоспособность их продукции.

Поселенческие системы обладают производственными, кооперативными (по связям) и рыночными признаками, но в меньшей степени и с географическими ограничениями. Они сочетают сельскохозяйственные и несельскохозяйственные

виды деятельности, доля которых в структуре доходов достигает 30-45%, что повышает экономическую устойчивость. Поселенческие системы в производственном ядре имеют мелкие предприятия, использующие традиционные, а часто устаревшие технологии. Эти системы выпускают узкий ассортимент сельскохозяйственной продукции с низкой степенью переработки (низкой добавленной стоимостью) и поставляют продукцию на местный (поселенческий) рынок. Реализация продукции осуществляется по договорам с розничными торговыми организациями небольшими партиями. Через участие в ярмарках, выставках, выездной торговле происходит постепенное вхождение поселенческих ЛАПС в районные рынки и развитие межрайонных связей. Так, продукция Диюрской и Сизябской систем продается на выезде в районном центре с. Ижма, туда же попадает и рыбная продукция Усть-Цилемской ЛАПС из соседнего района.

Поселенческие ЛАПС сформировались «снизу», первоначально опираясь на квалифицированные кадры (которые к настоящему времени находятся в предпенсионном возрасте), хорошую материально-техническую базу (сейчас уже сильно изношенную) и на местный рынок сбыта. Кроме того, их формированию способствовала необходимость сохранения рабочих мест и поддержки личных подсобных хозяйств населения. В свою очередь, именно поселенческие системы способствуют вовлечению в рыночные отношения личных подсобных хозяйств населения, особенно в глубинных районах.

Малые поселенческие системы серьезно ограничены в росте объема продукции, что связано с отсутствием квалифицированных кадров, технологической отсталостью производства, неразвитостью производственной и рыночной инфраструктуры, низким платежеспособным спросом. Без поддержки они имеют тенденцию к сокращению масштабов деятельности.

Локальные системы разных типов формируют территориальный каркас АПК и создают реальные условия устойчивого развития как самого комплекса, так и сельских территорий.

Проблемы саморазвития территориальных систем АПК

Саморазвитие территориальных систем АПК северного региона – устойчивая способность в условиях сложившейся неустойчивой и неблагоприятной среды обеспечивать расширенное воспроизводство за счет собственных ресурсных возможностей и доходных источников в интересах обеспечения населения свежей продовольственной продукцией. Саморазвитие локальных систем представляет продуцирование профильной деятельности на основе самоорганизации. Исходя из определения саморазвития ЛАПС на основе самоорганизации, можно выделить агропромышленные системы, имеющие разнонаправленные тенденции и виды развития и саморегуляции. При этом следует отметить, что на данном этапе практически все локальные системы изолированы и несут дополнительные издержки, связанные с низким уровнем развития производственной, рыночной и социальной инфраструктуры.

Республиканские и муниципальные системы, включающие крупные и средние организации, которые успешно внедряют в производство современные технологии, выпускают достаточно широкий ассортимент продукции, имеют собственную торговую сеть, работают на региональном рынке и конкурируют с предприятиями из других регионов. В целом, они динамично развиваются, хотя и имеют высокие («северные») затраты на производство. Конкурентоспособность их продукции непосредственно зависит от технического перевооружения производства и переработки продукции, а также развития системы продвижения продукции.

Поселенческие системы серьезно ограничены в росте объема и качества продукции низким (и уменьшающимся в связи с бедностью и сокращением численности сельского населения) платежеспособным спросом, дефицитом квалифицированных кадров, технологической отсталостью производства. Техническая отсталость обусловлена моральным и физическим износом оборудования и строений, устаревшими технологиями переработки, позволяющими выпускать лишь узкий ассортимент продукции с низкой добавленной стоимостью. Недоступность в глубинке технического сервиса заставляет дублировать часть оборудования, что тоже ведет к дополнительным затратам.

Отсутствие организованной системы продвижения сельскохозяйственной продукции от производителя к потребителю в Республике Коми определяет существенную долю затрат на транспортировку и сбыт и удорожает местную сельскохозяйственную продукцию и продовольствие. Сельхозпродукция и продовольствие местных производителей лишены возможности выхода за пределы муниципалитета на новые рынки сбыта с более высоким платежеспособным спросом (за исключением участия в ярмарках и выставках). Производители сельхозпродукции соседних областей (в частности, Кировской) имеют собственные оптовые базы в городах республики и реализуют активную маркетинговую стратегию, направленную на завоевание большей доли рынка и вытеснение местных производителей.

Очень остро стоит проблема обеспечения поселенческих систем кадрами. На селе не хватает специалистов с высшим и средним специальным образованием. В качестве положительного примера закрепления квалифицированных кадров на селе может служить предоставление субсидий врачам в сумме 1 млн. руб. и учителям в сумме 500 тыс. руб., приехавшим на работу в сельскую местность. В отличие от них молодые специалисты сельского хозяйства – зоотехники, агрономы, механики – практически не получают «подъемных», а низкий уровень оплаты труда не позволяет им купить или построить собственное жилье, обеспечить достойный образ жизни своей семье.

Возможности саморазвития поселенческих систем слабы, однако включение их в региональный и муниципальный рынок посредством активной

государственной и муниципальной поддержки продвижения продукции, развития интеграции и кооперирования, углубления диверсификации деятельности (в частности, развитие лесохозяйственной деятельности) [5] будут способствовать преодолению негативных тенденций. Положительно влияет на развитие таких систем, как показывает зарубежный опыт, укрепление местного самоуправления и реализация местных проектов саморазвития [6], реализация политики, основанной на «местном развитии» [7].

«Лифты» и сети развития агропромышленных систем

Государственная поддержка. В настоящее время агропромышленные системы встроены в систему государственной поддержки, которая осуществляется по направлениям субсидирования производства и закупок сельхозпродукции, процентных ставок по кредитам. Оказывается содействие в подготовке кадров, проведении работ по сертификации и декларированию соответствия сельскохозяйственной продукции, привлечении сельхозпроизводителей к участию в конкурсах, выставках-ярмарках, расширении сети фирменной торговли.

Политика технологического перевооружения аграрного производства нацелена на предоставление преференций устойчиво работающим сельскохозяйственным организациям, возглавляемым сильными руководителями. В настоящее время на условиях софинансирования с использованием бюджетных средств реализуются проекты строительства новых ферм в Корткеросском, Сысольском и Печорском районах. Техперевооружение и открытие объектов переработки молока намечено в селах Княжпогостского, Корткеросского, Койгородского, Усть-Цилемского, Ижемского и Усть-Куломского районов, мяса – в Усть-Куломском р-не и нескольких пунктах городского округа «Усинск».

Модернизация переработки дикоросов планируется в с. Лойма, с. Спаспоруб (Прилузский р-н). Реализуются проекты переработки овощей в г.Сыктывкаре. Дальнейшая диверсификация деятельности – развитие аквакультуры, туризма, лесохозяйственной деятельности, лесопиления и малой деревообработки (как это уже осуществляется в муниципальных агросистемах) – также будет способствовать укреплению устойчивости территориальной организации АПК.

Данные проекты позволят упрочить производственные ядра локальных систем, организовать производство высококачественной и конкурентоспособной продукции, более активно вовлечь в рыночные отношения личные подсобные и крестьянские (фермерские) хозяйства (рисунок).

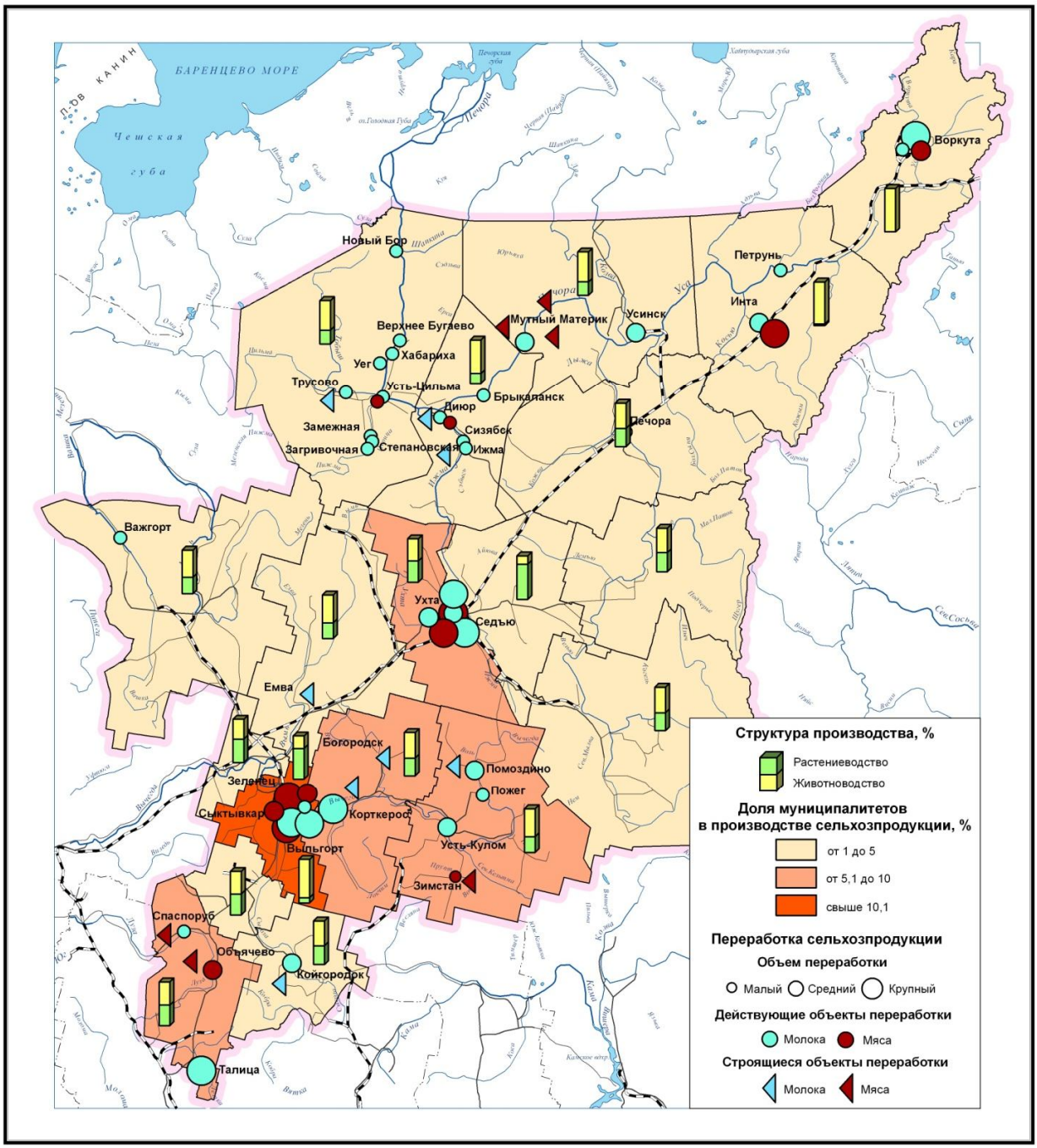
Все большее значение в развитии локальных систем приобретают *механизмы государственно-частного и муниципально-частного партнерства*. ЛАПС принимают активное участие в государственных закупках сельскохозяйственной продукции (табл. 2).

Муниципально-частное партнерство в Республике Коми развивается в направлении принятия и реализации муниципальных программ развития АПК и социального развития села. Результаты взаимодействия ООО «Северный» и ООО «Цилемское» с органами муниципальной власти городского округа «Усинск» и Усть-Цилемского р-на по техническому перевооружению производства подтверждают эффективность такой работы. В Удорском и Койгородском районах за счет средств муниципальных бюджетов построены и оборудованы торговые павильоны для местных сельхозтоваропроизводителей стоимостью по 1 млн. руб. каждый. Развивается межмуниципальное сотрудничество по поставке сельскохозяйственной продукции и продовольствия.

Модернизация системы сбыта продукции. Для активизации сбыта местной сельхозпродукции, снижения трансакционных издержек местных производителей сельхозпродукции целесообразны создание оптового уровня организации сбыта, а также оптимизация системы розничных продаж. Продвижению продукции на внутрирайонном и межрайонном уровнях будет способствовать формирование муниципальных брендов, например, «Усть-Цилемское молоко», «Ижемское масло». В торгово-сбытовом направлении формируется новая роль муниципальных агропромышленных систем не только как производящих и перерабатывающих продукцию, но и обслуживающих производство образований. Сервисная функция ЛАПС способна активизировать рыночные отношения внутри муниципалитета, создать положительный имидж местной продукции, улучшить организацию производства (например, ликвидировать сезонность производства молока за счет организации искусственного осеменения), особенно в отдаленных системах, стимулировать продвижение инноваций.

Эффективность цепочки поставок (каналов сбыта) является важным условием обеспечения конкурентоспособности местной сельхозпродукции и продовольствия. При этом необходимо выстраивать вертикальные связи между региональными и локальными системами, что инфраструктурно могут обеспечить маркетинго-логистические центры в городах Сыктывкар и Ухта. Задача таких рыночных предприятий – осуществлять координацию складского и транспортного обслуживания, информационного обеспечения, а также их контроль. Создание оптово-розничных (логистических) центров позволит:

- организовать и упорядочить связи организаций сельского хозяйства, перерабатывающей промышленности и инфраструктуры продовольственного рынка;
- оптимизировать состав и структуру каналов сбыта, объемы и направления перевозок товарных партий сельскохозяйственной продукции и продовольствия;
- осуществлять хранение, дистрибуцию, услуги по упаковке, сортировке товара, информационные, консалтинговые и финансовые услуги;



Масштаб 1:4000000

Рис. Производство и переработка сельхозпродукции.

Таблица 2

Вклад местных товаропроизводителей в объем поставок по государственным и муниципальным заказам, %

Продукция	2009 г.	2010 г.	Муниципальные образования – лидеры
Молоко и молокопродукты	52	69,3	МР: Койгородский, Сыктывдинский, Удорский, Усть-Цилемский, ГО «Печора», ГО «Ухта»
Мясо и мясопродукты	17,8	25,6	МР: Койгородский, Прилузский, Сысольский, Усть-Куломский, Ижемский, Усть-Цилемский, ГО «Усинск

МР – муниципальные районы, ГО – городской округ.

- расширить и развить сетевую систему продвижения сельхозпродукции и продовольствия на муниципальном уровне, снизить транспортные и сбытовые издержки и увеличить прибыль.

Формирование внутрирайонных сетей по продвижению продукции. Основой этого перспективного направления могут стать функционирующие организации системы потребительской кооперации и система ежедневной торговли местной продукцией в самих районных центрах. Создание единых торговых сетей (ЕТС) предусмотрено проектом Совета Центросоюза РФ [8], однако в Республике Коми его реализации препятствуют рассредоточенность кооперативных торговых организаций и их отдаленность от республиканского центра. К примеру, из 35 потребительских обществ Коми потребительского союза только шесть находятся на расстоянии до 200 км от г. Сыктывкара, т.е. соответствуют требованиям включения их в региональную ЕТС [9]. Одновременно в республике развивается система сельскохозяйственной потребительской кооперации, охватывающая 14 изолированных кооперативов в восьми районах [10]. В данной ситуации представляется целесообразным создание полицентричной ЕТС, включающей все кооперативные организации.

Закрепление кадров на селе. Молодые специалисты не едут работать в сельскую местность из-за низкой оплаты труда, также очень остро стоит вопрос с обеспечением жильем (например, чтобы удержать специалистов ООО «Пажга» (Сыктывдинский р-н) оплачивает аренду жилья). Целесообразно расширить программу «Жилище» по возмещению из бюджета части затрат на строительство дома для молодых специалистов, а также установить молодым специалистам доплату к заработной плате в первые три года работы за счет бюджетных средств.

Развитие аграрного производства вне локальных систем

Отдельного изучения заслуживают сельские поселения, аграрное производство которых не входит в состав ЛАПС, так как представлено только личными подсобными хозяйствами населения. В случае отдаленности от городов и районных центров, данные деревни и поселки слабо вовлечены в экономические отношения. Местное население не имеет работы, живет за счет пенсий, пособий, подсобного хозяйства, охоты, рыбной ловли, сбора грибов и ягод, либо работает за пределами населенного пункта. Перспектив саморазвития такие населенные пункты практически не имеют. Особо сложное положение там, где связь затрудняют естественные преграды (реки) и отсутствует круглогодичное сообщение с районными центрами.

Вместе с тем, проведение грамотной политики развития малого бизнеса, изыскание возможностей организации уникальных местных производств (на основе участия в муниципальных программах развития, софинансируемых из республиканского бюджета), выпускающих конкурентоспособную продукцию, может дать толчок развитию новых поселенческих агропромышленных систем. Например, развитие переработки грибов и ягод, рыбы и дичи, производство полуфабрикатов национальных блюд. Одновременно следует активно продвигать данную продукцию на рынок. Возможность встроить такие производства в муниципальные проекты развития туризма усилит при совместной реализации их устойчивость и перспективность.

В заключение отметим, что в настоящее время в Республике Коми сформировалась сильно поляризованная совокупность агропромышленных систем в составе развитых региональных систем (городов Сыктывкар и Ухта), где производится свыше половины сельскохозяйственной продукции региона, и изолированных муниципальных (городских и сельских) и поселенческих систем.

Поселенческие агропромышленные системы плохо встроены в республиканский и муниципальные рынки, что существенно ограничивает их устойчивое функционирование. Государственная поддержка, преимущественно через инвестиционные проекты, направлена в большей мере на локальные агросистемы, приближенные к рынкам сбыта, и через субсидирование производства систем, удаленных от рынков.

Удаленные ЛАПС имеют слабые собственные возможности для развития и нуждаются во включении их в рыночные и информационные сети, в частности в кооперативную полицентричную единую торговую сеть республики. Базовыми механизмами укрепления локальных агропромышленных систем являются программы развития малого бизнеса и закрепления квалифицированных кадров на селе, инициация и полноценная реализация местных проектов, направленных на диверсификацию сельского развития.

Статья подготовлена в рамках выполнения проекта «Пространственное измерение постиндустриальной трансформации северного региона» Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Роль пространства в модернизации России: природный и социально-экономический потенциал».

Литература

1. *Концепция устойчивого* развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2010 г. № 2136-р. «Собрание законодательства Российской Федерации», 13.12.2010, № 50, ст. 6748.
2. *Канев Г.В.* Экономические проблемы сельского хозяйства Европейского Севера. М.: Наука, 1985. 141 с.
3. *Иванов В.А., Терентьев В.В.* Территориально-отраслевая и организационная структура аграрного сектора Республики Коми // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. № 2. С 107-112.
4. *Гибеж А.А., Дмитриева Т.Е., Носков В.А.* Территориально-отраслевая организация лесопромышленного комплекса Республики Коми //

Известия Коми научного центра УрО РАН. 2011. №3. С.106-111.
5. *Семяшкин Г.М.* Аграрная политика государства – основа решения социальных проблем села и развития внутреннего рынка // АПК: экономика, управление. 2009. № 6. С. 10-14.
6. *Flora C., Flora J.L.,* et al. Rural Economic Development Through Local Self-Development Strategies // Agricultural and Human values – Summer 1991.
7. *Mark D., Partridge, M.* Rose Olfert and Kamar Ali. Towards a Rural Development Policy: Lessons from the United States and Canada / The Ohio State University – USA, University of Saskatchewan – Canada // Regional Analysis and Policy. 2009. Vol 39(2). P. 109–125.
8. *Кузнецов Е.* Меры поддержки предусмотрены // Российская кооперация. 2011. № 22 (698). С. 5.
9. *Ильина Л.И., Мухаметгалимова Н.Н.* Роль потребительской кооперации в развитии производственной и социальной инфраструктуры региона // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета [Электронный ресурс] /Сыктывкарский государственный университет. Электрон. Вестник – Сыктывкар: СыктГУ, 2011. №4.
10. *Мальцева И.С.* Сельскохозяйственная кооперация как механизм устойчивого развития аграрного производства// Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета [Электронный ресурс] / Сыктывкарский государственный университет. Электрон. Вестник – Сыктывкар: СыктГУ, 2012. №1.

Статья поступила в редакцию 26.04.2012.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

РЕЦЕНЗИИ

К.Н. Сануков. Финно-угорские народы России: прошлое и настоящее. Йошкар-Ола, 2011. 192 с.

ФИННО-УГРЫ РОССИИ: ВЗГЛЯД «ИЗНУТРИ»

Несмотря на то, что финно-угроведение до сих пор воспринимается скорее как филологическая отрасль знания, несколько «разбавленная» этнографическими и археологическими компонентами, все же в последние годы более весомую роль в нем начинают играть специалисты и иных наук: историки, этносоциологи и этнополитологи[1]. Предлагаемая рецензия посвящена обзору монографии известного финно-угроведа, доктора исторических наук, профессора Марийского госуниверситета К.Н. Санукова, в которой рассматривается история финно-угорских народов России и их настоящее и перспективы развития.

Важно учитывать, что Ксенофонт Никанорович Сануков является одним из самых известных и авторитетных специалистов финно-угроведов не только в России, но и за рубежом. Являясь автором более чем 300 опубликованных работ, в число которых входят не только монографии, научные статьи и учебные издания, но и публицистика, он по праву считается признанным авторитетом в разных областях финно-угроведения. Помимо научной деятельности, К.Н. Сануков известен и как общественный деятель, отстаивающий интересы марийского и других финно-угорских народов.

Актуальность избранной автором темы не вызывает сомнения в силу сложной этносоциальной и политической ситуации, в которой находится большая часть финно-угров России. Своей работой К.Н. Сануков стремится продемонстрировать общность судеб финно-угров и необходимость совместных усилий для предотвращения развития событий по наиболее худшим из возможных сценариев.

Структурно монография состоит из введения, шести разделов и заключения.

В наиболее обширном из всех, первом разделе (С. 7–57), который является ключевым для понимания содержания книги в целом, рассматриваются проблемы изучения истории финно-угор-ских народов с древности до начала XXI в. Давая сопоставительный анализ изучения финно-угров на протяжении нескольких столетий европейскими исследователями, русскими учеными и интеллигенцией из числа представителей финно-угорских народов, автор уделяет внимание и дореволюционным и советским мифам об истории финно-угров (С. 8). Из монографии следует, что за указанный период отечественное финно-угроведение прошло те же этапы, что и советская/российская гуманитаристика в целом. Однако К.Н. Сануков указывает, что ряд аспектов «подгонялись» под господствующую научную парадигму, особенно в советское время (С. 33). Иначе говоря, скорее это была история финно-угров «снаружи», а не с точки зрения финно-угорских этносов. Очевидно, что в ходе этого процесса некоторые особенности не попадали в поле зрения ученых. При этом не столь важно, были ли авторами исследований финно-угры или представители иных национальностей. Догмы теоретико-методологических установок нивелировали эти различия. Справедливости ради, следует сказать, что в таких идеолого-научных «тисках» находились не только финно-угроведы, но и исследователи других групп этносов. Автор представил сложный, противоречивый, подчас трагический, путь, пройденный финно-угроведением в своем развитии.

Анализируя некоторые аспекты из этнической истории финно-угров в дореволюционный и советский периоды (С. 58–97), К.С.Сануков отмечает влияние негативных факторов на исторические судьбы российских финно-угров до 1917 г., подчеркивая, что наибольший урон финно-угры как этносы понесли в советский период. В качестве итога дореволюционной и, особенно, советской политики ученый видит выработку у российских финно-угров негативного психологического стереотипа, проявляющийся в ощущении себя «второсортными» людьми, (С. 67–68), что в результате, по мнению автора, привело к такому тяжелому социальному явлению, как национальный нигилизм (С. 96). Однако, представляется, что негативные факторы, губительно действовавшие на российских финно-угров в XX в., нельзя ограничить только политикой Советского государства. Совершенно ясно, что резкая интенсификация процессов урбанизации, усиления миграций и прочие факторы, были характерны для всего человечества и отчетливо наблюдались в общепланетарном масштабе. И вряд ли советская национальная политика, проводимая Центром, имела своей прямой целью деградацию финно-угров или иных этносов. Скорее, речь идет о ее непродуманности и вульгарно-стандартизированном подходе к национальному вопросу. Специфика и особенности ментальности, образа жизни, среды проживания тех или иных народов не учитывались, по большому счету. Тем не менее, автор очерчивает широкий круг ошибок, подчас преступных, в национальной политике, которых необходимо обязательно избежать в XXI в., поскольку XX в. очень дорого обошелся финно-уграм и потенциал народов ослаблен.

Рассматривая сегодняшнее положение финно-угров в России (С. 98–107). К.С.Сануков сравнивает состояние финно-угорских этносов не только между собой, но и с другими народами (тюркскими и северо-кавказскими), подчеркивая различный этнокультурный потенциал при сходной численности

[1] См., например: Шабаев Ю.П., Чарина А.М. Региональные этноэлиты в политическом процессе (финно-угорское движение: становление, эволюция, идеология, лидеры). Сыктывкар: КРАГСиУ, 2008. 258 с.

(С. 102). Представляется, что причины этих различий требуют дополнительных глубоких научных изысканий. Хотя до сих пор ведутся дискуссии на предмет обоснованности и научности понятия «национальный характер», все же, эмпирические исследования демонстрируют фактическое существование этого феномена. Более того, несмотря на возможную скудность данных, представляется весьма полезным проследить динамику изменения ментальности финно-угров на протяжении длительных промежутков времени, чтобы на основании полученных данных четче обозначить проблемные зоны и найти пути их преодоления.

Обосновывая свою позицию относительно языковой проблематики финно-угров (С. 108–127), автор совершенно справедливо считает, что вопрос о статусе и положении языка – это «вопрос не столько лингвистический, а больше политический» (С. 108). Достаточно часто в академической среде (особенно околовластной) и на политической арене можно услышать призывы не политизировать языковые проблемы национальных меньшинств. Однако политика, понимаемая как способ влияния на власть и взаимодействия с властью, это конструктивный путь, который потенциально способен принести результаты и переломить ситуацию. «Непризнание» языковой проблемы, ее «изымание» из политической повестки дня приводят к усугублению ситуации (крайний случай – баски в Испании). Проводимые в настоящий период в России реформы политической сферы открывают новые возможности для политической деятельности малых народов. Вопрос в том, будут ли использованы эти потенциальные возможности?

Особого внимания заслуживает разбор автором соотношения прав человека и прав народа (С. 132–136). Нельзя не согласиться с утверждением профессора К.Н. Санукова о важности практического воплощения тезиса о неразрывности прав человека и прав народа (С. 132). Следует отметить, что в этом вопросе автор рассматриваемой монографии стоит несколько особняком. Большинство исследователей склонны противопоставлять коллективные и индивидуальные права. Однако в этом случае непонятно, как можно реализовать права конкретного индивида, представителя какого-либо этноса, относительно родного языка, постижения культуры своего народа и многого другого, не защищая права этнических общностей?

Систематизируя процесс становления и развития финно-угорского движения с начала XX в. до наших дней в заключительном шестом разделе монографии (С. 141–173), определяя различные формы, виды и способы взаимодействия этих национальных движений, К.Н. Сануков, как и многие, отмечает снижение активности и спад финно-угорского движения (С. 177). Однако ученый видит и перспективы, благоприятные варианты будущего. Относительно спада финно-угорского движения следует отметить, что здесь есть как объективные, так и субъективные факторы. К числу субъективных можно отнести отсутствие свежих привлекательных идей и небольшое число новых лиц. Похоже, что финно-угорскому движению необходим ребрендинг.

На протяжении всей работы автор «красной нитью» проводит мысль о необходимости энергичных действий для предотвращения «этнической катастрофы», которая угрожает финно-уграм России.

Несмотря на свой относительно небольшой объем, монография К.С. Санукова вносит весомый вклад в изучение истории российских финно-угров. Несомненными достоинствами работы являются ее интеллектуальная честность и взгляд «изнутри». Автор не боится ставить острые вопросы и поднимать «тонкие», как принято сейчас говорить, неполиткорректные темы. В то же время, К.Н. Сануков далек от огульных однозначных обвинений во всех проблемах финно-угров каких-либо только внешних сил и факторов.

Возможно, некоторые оценки автора излишне жесткие. Например, вряд ли уместно говорить об имперской национальной политике в современной России (С. 140).

В целом, монографию профессора К.Н. Санукова можно назвать книгой-предостережением, книгой-предупреждением. Будущее финно-угров зависит, прежде всего, от их сегодняшних действий. Наверное, в этом и заключается главный смысл рассматриваемой работы.

К.и.н., доцент Л.А.Максимова,
С.П.Артеев

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ХРОНИКА

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

27 апреля состоялось торжественное заседание Ученого совета Института биологии Коми НЦ УрО РАН, посвященное 50-летию организации института. Первым был заслушан доклад д.с.-х.н., профессора И.В. Забоевой (с 1965 по 1985 г. директора Института биологии) о становлении биологических исследований в академическом учреждении. Сегодня мы предлагаем вашему вниманию стенограмму этого выступления.

Дорогие друзья, когда скажешь – Институту биологии 50 лет, это, конечно, звучит! Но, если скажешь – полвека, это звучит особенно.

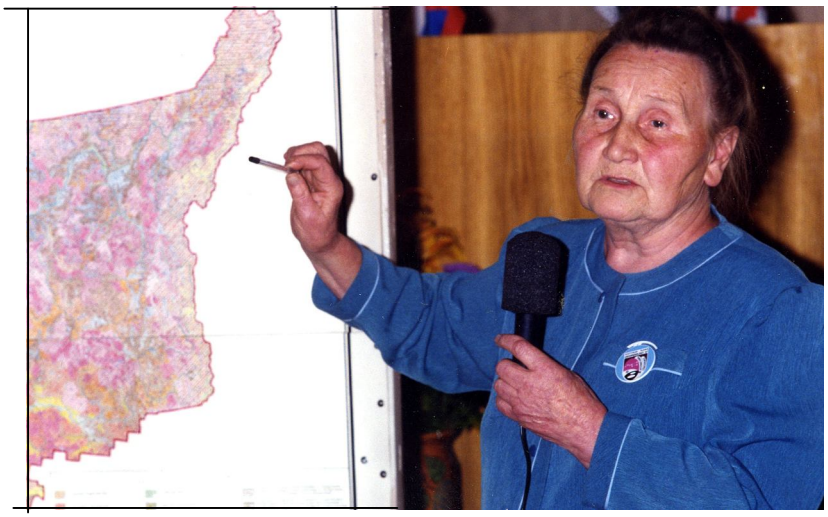
Институт был организован в апреле 1962 г. по инициативе Петра Петровича Вавилова, председателя Президиума Коми филиала АН СССР (с 1957 по 1965 г.), в последующем академика ВАСХНИЛ, члена-корреспондента АН СССР, президента ВАСХНИЛ. Систематические исследования биологических природных ресурсов республики начинаются с 1944 г. – момента создания Коми Базы АН СССР. В 1949 г. Коми База была преобразована в Коми филиал АН СССР. Благодаря усилиям П.П. Вавилова удалось создать Институт биологии в трудное для Академии наук время Правительством страны было решено закрыть некоторые филиалы, в частности, Карельский филиал. Петр Петрович не только отстоял Коми филиал АН, но и создал Институт биологии. П.П. Вавилов – участник Великой Отечественной войны, в послевоенное время он закончил Тимирязевскую академию, аспирантуру, защитил кандидатскую диссертацию в области физиологии растений. Петра Петровича не стало в 1984 г., ему было 66 лет.

В штате института в год создания работали 90 чел., в том числе 47 научных сотрудников, из них 19 кандидатов наук. Институт организовали на базе пяти лабораторий: радиобиологии, биологии растений и геоботаники, лесоведения и лесоводства, биологии животных, почвоведения. С созданием института в его структуре было организовано девять лабораторий. Структура отражала главные задачи и направления исследований: радиобиологии (В.И. Маслов); физиологии растений (В.М. Швецова); геоботаники и систематики растений (Н.С. Котелина); интродукции растений с ботаническим садом (К.А. Моисеев); лесоведения и лесоводства (Н.А. Лазарев); ихтиологии и гидробиологии (О.С. Зверева); экологии и физиологии животных (Н.Е. Кочанов); генезиса и географии почв (И.В. Забоева); химии и физики почв (А.А. Поповцева).

Становление Института биологии неразрывно связано с тем научным заделом, который был накоплен не одним поколением исследователей, работавших на территории европейского Северо-Востока. В августе 1941 г. в Сыктывкар эвакуировали Кольскую и Северную (из Архангельска) Базы АН. В сентябре 1941 г. решением Президиума АН они были объединены в Базу по изучению Севера в составе двух отделов – геологического и агробиологического. Перед Базой была поставлена одна задача – выявить минеральное и растительное сырье, необходимое для нужд обороны страны.

В 1944 г. после возвращения Кольской Базы в Кировск, в Сыктывкаре остались только шесть геологов во главе с А.А. Черновым и девять биологов. Они явились корнями Института геологии и Института биологии. В группе биологов были: ботаники А.А. Дедов, В.М. Болотова, А.Н. Лащенкова, О.С. Полянская, почвовед О.А. Полынцева, болотовед Я.Я. Гетманов, зоологи Н.А. Остроумов, О.С. Зверева, Е.С. Кучина – все они – высококвалифицированные специалисты, кандидаты наук. Это они заложили основы будущего Института биологии, создали свои школы учеников, внесли неоценимый вклад в развитие биологической науки на Севере. В подготовке и подборе научных кадров решающую роль сыграла аспиран-

Зачинатели геоботанических исследований в Республике Коми, слева направо: А.Н. Лащенкова, В.М. Болотова, А.А. Дедов (зав. сектором геоботаники), М.А. Кабанова, О.С. Полянская. 1954 г.



Ия Васильевна Забоева у почвенной карты Республики Коми.

тура, учрежденная при Коми Базе АН в 1945 г. Первыми аспирантами были шесть человек – два по почвоведению, два по коми языкознанию и два по коми истории.

Закончилась война. Вернулись с фронтов геоботаник Ю.П. Юдин, лесобиолог Н.А. Лазарев, ботаник М.М. Чарочкин, биолог-селекционер зерновых культур П.В. Парначев, почвоведы С.В. Беляев, Д.М. Рубцов, В.А. Попов, картофелевод В.А. Космортов. С созданием Института биологии усилились исследования природных биологических ресурсов. Исследования велись не только в Коми крае, изучали и сопредельные территории, на севере вплоть до Ледовитого океана. В 1962 г. опубликован фундаментальный труд – «Определитель высших растений Коми АССР» (авторы В.М.Болотова, А.А. Дедов, А.Н. Лащенкова, А.И. Толмачев, Т.П. Кобелева).

Особое значение приобрели исследования природных ресурсов в связи с возникшей в 1960-е гг. проблемой переброски части стока рек бассейнов Печоры и Вычегды в бассейн Волги, известной как Камо-Вычегдо-Печорский водохозяйственный комплекс. Это был первый вариант проекта переброски северных рек, разработанный Волжским филиалом Ленинградского института “Гидропроект”. Намечалось сооружение водохранилищ и соединительных каналов с затоплением огромной территории. В Коми филиале АН под руководством Л.А. Братцева были организованы комплексные исследования по оценке влияния переброски рек на народное хозяйство, природные условия Коми республики. Биологами было показано влияние этого гидростроительства на земельные фонды, лесные ресурсы и сельское хозяйство, рыбопродуктивность. Некоторые деревни намечалось затопить (Носим, Керчомья, Дон). Предполагаемый ущерб всем отраслям народного хозяйства республики в целом мог шестикратно превысить величину сметной стоимости водохозяйственного комплекса. Благодаря совместным исследованиям сотрудников Коми филиала АН удалось отвести эту беду от Коми республики. Однако спустя десять лет Гидропроект СССР вновь вернулся к Печоре. Еще раз был оценен ущерб земельным и растительным ресурсам, животному миру. Правительством страны было принято решение – приостановить проектирование переброски части стока Печоры в бассейн Волги.

Результаты экспериментов по залужению тундры позволили в 1990-е гг. подойти к обоснованию приемов биологической рекультивации и предложить систему природовосстановления тундровых техногенно нарушенных территорий.

Продолжались исследования по интродукции растений в целях выявления резервов повышения продуктивности северного растениеводства, земледелия, животноводства. Под руководством К.А. Моисеева были организованы работы по обогащению состава кормовых культур, введению в кормопроизводство новых высокоурожайных кормово-силосных растений, в том числе – борщевика, мальвы, гречихи и т.д. Борщевик – растение для ленивых. Один раз посей и 20 лет коси. Надеюсь, придет время, когда генетики займутся борщевиком, чтобы использовать на благо его жизненную силу. Эколого-биологические исследования в области северного земледелия выявили резервы повышения его эффективности.

Была заложена серия полевых опытов в производственных условиях на базе совхозов «Сыктывкарский», «Межадорский», «Сысольский» по изучению эффективности минеральных и органических удобрений, известкования на малогумусных подзолистых почвах (Т.Г. Заболоцкая, И.И. Юдинцева, Т.А. Стенина). Исследовались генетические особенности подзолистых почв, органо-минеральные комплексы и формы гумуса в почвах таежной зоны (А.В. Слобода), микрофлора различных типов почв (Т.А. Стенина).

С первых лет биологических исследований, наряду с научным поиском, ежегодно шла работа по реализации научных рекомендаций в народном хозяйстве, именуемая “внедрением”. Ведущее место занимали вопросы рационального использования природных ресурсов, их обогащения, сохранения и воспроизводства. Исследования носили не узко региональный характер. Изучались закономерности развития биогеоценозов всего европейского Северо-Востока. К актуальным проблемам относилось восстановление лесов на концентрированных вырубках. Были разработаны рекомендации по лесовосстановлению на вырубках путем содействия естественному возобновлению. Впервые установлено, что в северной тайге хвойные древостои V-VI классов возраста находятся в стадии активного формирования древесины. Рекомендовалось увеличить возраст рубки на один класс.

Отдел биологии животных. Слева направо – первый ряд: Г.М. Иванова, О.С. Зверева, И.С. Марков (заведующий), Е.С. Кучина, Н.Е. Кочанов, Л.Н. Соловкина; второй ряд: М.В. Гецен, Т.С. Остроушко, В.В. Турьева, Е.Н. Габова, А.С. Ларева, В.Н. Шубина, В.Н. Логинова, В.К. Барановская; третий ряд: А.Н. Романов, П.Н. Шубин, Г.П. Сидоров, Л.И. Иржак, В.К. Попов, М.П. Рощевский. 1961 г.

С каждым годом все более нарастает антропогенная, техногенная нагрузки на окружающую природную среду, на биологические ресурсы. В связи с этим все больший удельный вес в итогах исследований института приобретают рекомендации в защиту природы. Одним из первых документов по охране природы явилась докладная записка Н.А. Лазарева о состоянии предтундровых лесов. Он впервые обратил внимание на расширение необлесившихся вырубок в этой зоне, на ее обезлесивание. Совет Министров РСФСР в 1959 г. принял постановление, предусматривающее установление защитной зоны шириной от 30 до 150 км на всем протяжении предтундровых лесов. На территории Коми республики они занимают 11.3 млн. га.

Н.И. Непомилуевой была проведена инвентаризация кедровых насаждений, впервые в истории лесного хозяйства республики “прозвучал голос” в защиту кедра. Первый кедровый заказник выделен в 1960 г. в Позтыкеросском лесничестве. К середине 1970-х гг. на основании предложений биологов созданы четыре ландшафтных и 14 кедровых заказников, объявлены памятниками природы свыше 20 уникальных природных образований. С конца 1970-х до середины 1990-х гг. создавалась система особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Важным аспектом природоохранной деятельности является инвентаризация биологического разнообразия ООПТ на экосистемном, видовом и популяционном уровнях и мониторинг их состояния. В целях сохранения генетического фонда древесных пород разработаны критерии выделения генетических резерватов основных лесообразующих пород в республике (Г.М. Козубов, Н.И. Непомилуева). Выделено 90 резерватов в северной и средней тайге на площади 38 тыс. га. В Правительство Коми республики были даны конкретные рекомендации по выделению таежных эталонов, генетических резерватов основных лесообразующих пород (Г.М. Козубов, Н.И. Непомилуева), что явилось основой выделения особо охраняемых природных территорий в таежной зоне.

Территория республики богата водоемами – реками и озерно-речными системами, имеются большие возможности для развития рыболовства. По итогам исследований тундровых водоемов подготовлены рекомендации по созданию рыбного промысла на базе тундровых озер. Составлен перечень семужьих рек бассейнов Печоры, Вычегды, Мезени. В зависимости от климатических условий года определялись прогнозы вылова рыбы на территории республики Коми. Разработаны рекомендации использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Печоры, дана характеристика состояния ведения рыбного хозяйства в условиях антропогенной нагрузки на водные экосистемы. В последние годы дана оценка современного состояния водных и наземных экосистем. Составлена «Карта загрязнения поверхностных вод Коми республики».

Животный мир Республики Коми имеет богатый фаунистический состав, представляет собой достаточно богатый природный ресурс. Зоологами института особое внимание обращается на численность промысловых животных и птиц в целях регулирования их промысла и охраны (Р.Н. Воронин, Н.М. Полежаев). В «Главприроду» Агропрома СССР, «Главохоту» РСФСР переданы докладные о регламентации сроков весенней охоты на водоплавающих птиц, указаны наиболее ценные водно-болотные угодья для организации их охраны. Представлена докладная записка о численности основных охотничье-промысловых животных восточноевропейской лесотундры, дана регламентация сроков охоты и норм изъятия запасов промысловых млекопитающих и птиц (Р.Н. Воронин, А.А. Ермаков, Н.М. Полежаев, Ю.Н. Минеев). Разработаны компенсаторные мероприятия по минимизации ущерба по животному миру в зонах крупных народно-хозяйственных объектов.

На сегодняшний день научный потенциал института в области биологической продуктивности естественных и культурных биоценозов в условиях Севера является базой экологических экспертиз промышленных объектов.

От редакции журнала. В выступлении И.В. Забоевой отражены основные этапы становления биологических исследований в Республике Коми. Более подробная информация об истории создания и развития Института биологии Коми НЦ УрО РАН опубликована в книге И.В. Забоевой, А.И. Таскаева «Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (становление, развитие)». Сыктывкар, 2002. 160 с.

РЕЗОЛЮЦИЯ VI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «СЕВЕР И АРКТИКА В НОВОЙ ПАРАДИГМЕ МИРОВОГО РАЗВИТИЯ. ЛУЗИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2012» (Апатиты, 12-14 апреля 2012 г.)

Редакционная коллегия журнала «Известия Коми научного центра УрО РАН» сочла целесообразным публиковать особо значимые решения конференций и совещаний по проблемам Севера и Арктики. Надеемся, что это существенно дополнит информационное поле комплексных (междисциплинарных) исследований в части регионального развития. Кроме того, обмен такого рода информацией между научно-исследовательскими центрами и институтами редколлегия рассматривает в качестве конструктивной формы координации НИР, особенно в период их широкого развертывания, как это наблюдается в настоящее время применительно к северо-арктической тематике.

В данном контексте нельзя не вспомнить о творческом сотрудничестве северных филиалов АН СССР в 1960–1980 гг., когда нормой считалось общее участие в разработке программ научно-технического прогресса, схем развития и размещения производительных сил, предплановых и предпроектных обоснований формирования территориально-производственных комплексов. В связи с этим особую актуальность приобретают итоги многолетних междисциплинарных академических исследований Коми научного центра УрО РАН в восточноевропейских тундрах. В настоящее время организация подобного рода сотрудничества усложнилась, но не потеряла своей актуальности, тем более в условиях наращивания академической науки в Архангельске и Вологде, а также более плотного приобщения к проблематике полярных территорий многих исследовательских коллективов России и зарубежных стран. Вспомним и такой, но уже негативный факт, как стремление поучаствовать (не имея на то должных оснований) в разделении финансовых ресурсов, выделяемых на политически ангажированные проекты, например, по освоению месторождений нефти и газа Западной Сибири, строительству и развитию зоны Байкало-Амурской магистрали, формированию программно-целевых ТПК и т.д. Теперь речь идет об Арктике… При определении государственного заказа на проведение научно-исследовательских работ по северо-арктическому направлению необходимо четко представлять – кто, что и как может получить необходимый для практики результат. Какой именно? На этот вопрос как раз и помогают ответить решения научно-практических конференций.

В традиционной научно-практической конференции в рамках «Лузинских чтений», организуемой по инициативе Института экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук с 2001 г., приняли участие 152 чел., представителей научных и образовательных учреждений, органов власти, предприятий, а также зарубежных ученых из Финляндии, Норвегии, Швеции. В соответствии с Программой Конференции проведено пленарное заседание, на котором были представлены 10 докладов, а также работали семь тематических секций по следующим направлениям:

I. Глобальные процессы и проблемы Арктики в условиях роста экономической нестабильности.
II. Экономика рационального природопользования и охрана окружающей среды.
III. Социальное развитие регионов Севера и Арктики: проблемы и стратегические приоритеты.
IV. Инновационное развитие экономики Севера.
V. Регионы и муниципалитеты Севера России: тенденции, стратегии, перспективы социально-экономического развития.
VI. Тенденции государственной и корпоративной финансовой политики в современных экономических условиях.
VII. Актуальные проблемы Севера глазами молодых исследователей.

В рамках работы VII секции была проведена «Школа молодых ученых», на которой с лекциями выступили приглашенные зарубежные и российские ученые, а также обсуждено 16 докладов молодых исследователей, часть которых была на английском языке.

В докладах на пленарном заседании, выступлениях и дискуссиях на тематических секциях участники Конференции отметили, что в современных условиях возрастает значение Севера и Арктики как зоны стратегических интересов России и других приарктических государств, обусловленных уникальным геополитическим, природно-ресурсным и социально-экономическим потенциалом данного макрорегиона. Факторами повышения стратегической значимости российского Севера и Арктики являются усиление процессов глобализации, обостряющаяся борьба за ресурсы мировой Арктики и необходимость встраивания России в новую геоэкономическую модель мирового развития как

полноценного глобального игрока, внесшего весомый вклад в пионерное изучение, освоение и обустройство арктических пространств,

Стратегическое значение Севера и Арктической зоны России ставит вопрос о необходимости лучшей организация всех видов социально-экономической деятельности на этом пространстве, включая развитие человеческого потенциала, эффективное освоение природных ресурсов, достижение максимума экологической безопасности, развитие транспорта, сферы услуг, в том числе информационных. Природные условия арктических и субарктических регионов страны столь сложны, а запасы полезных ископаемых и биоресурсов столь масштабны, что непременно требуется широкая международная кооперация, но с мобилизацией российского научно-технического потенциала и с установлением порядка, защищающего законные интересы нашей страны. Заслуживает внимательного рассмотрения и адаптированного к российским условиям использования опыт зарубежных стран по поддержке своих северных и арктических территорий, включая применение системы налоговых льгот и стимулов для действующих на этой территории предприятий.

Выявление в последние годы уникальных ресурсов углеводородного сырья на арктическом шельфе принципиально меняет позицию, перспективы и направления развития в глобальной экономике как топливно-энергетического комплекса, так и всех других отраслей хозяйствования. Это требует пересмотра существующих приоритетов и формирования новой концепции эффективного, экологически безопасного и социально привлекательного недропользования в этом регионе.

Подтверждением государственного признания возросшей стратегической роли арктических территорий для развития страны является разработка и принятие такого документа, как *«Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу»*, который утвердил Президент страны 18 сентября 2009 г. Вместе с тем, реализация ряда важнейших положений указанных основ не осуществляется, или идет с отставанием. До настоящего времени не приняты такие основополагающие документы, как законы об Арктической зоне РФ и о Северном морском пути, Стратегия развития Арктической зоны и государственная программа ее социально-экономического развития.

Практически не сформирована система эффективного функционирования и использования потенциала науки, техники и инноваций, которые могли бы стать необходимыми предпосылками инновационного развития промышленности регионов Севера и Арктики в средне- и долгосрочной перспективе.

Институциональная среда северных территорий не адаптирована к вызовам новой экономики. Отсутствуют или работают недостаточно эффективно институты, необходимые для развития партнерских отношений между государством, бизнесом и обществом. При этом наличие именно этих институтов для северных территорий является одним из главных условий устойчивого пространственного развития.

Недостатки в управлении освоением ресурсов и развитием социально-экономических систем российского Севера и Арктики проявляются в продолжающемся нарастании социальных проблем. Это снижение количественных и качественных характеристик человеческого потенциала в большинстве регионов Севера; отток наиболее активного населения в трудоспособном возрасте; низкий уровень здоровья; проблемы высокой смертности, низкий уровень качества жизни; существенное снижение экономической привлекательности работы на Севере; недостаток молодых специалистов, в том числе инновационного профиля; несоответствие социальной инфраструктуры Севера современным требованиям; наличие комплекса специфических северных проблем, касающихся особоуязвимых социальных групп – пенсионеров, коренных народов Севера.

Неоднородность пространства российского Севера проявляется не только во множестве различий (природных, экономических, демографических, этнокультурных и других) на региональном уровне, но и в еще большей степени на уровне муниципальных образований. Существующая практика реализации муниципальной политики федеральными органами власти привела к преобладанию тенденций централизации и унификации регулирования, усилению различных форм государственного контроля органов местного самоуправления, без учета специфики муниципальных образований. Это не способствует развитию саморегулирования, являющегося основой устойчивости общества и экономического пространства.

Проблемы социальной сферы регионов и муниципальных образований Севера и Арктики РФ вызывают необходимость формирования новой парадигмы развития Севера, которая должна сменить колониальный характер использования северных территорий и их ресурсов. Необходимо принять направление на «обживание» Севера и создание благоприятных условий для его населения и сохранения среды обитания.

Новая парадигма развития, ориентированная на человека, требует более ответственного отношения федеральных, региональных и муниципальных органов управления к социальной политике на Севере и в Арктике. Высокая степень спонтанности процессов социальных трансформаций в России, вызвавшая на Севере множество негативных последствий, ставит вопрос о необходимости гармонизации действий органов власти государственного, регионального и муниципального уровней, бизнеса и гражданского общества в целях достижения позитивных социальных результатов.

С учетом возрастающей стратегической роли Севера и Арктики, а также для преодоления выявленных негативных тенденций и решения проблем социально-экономического развития северных регионов участники конференции считают необходимым активное участие научного сообщества в вы-

полнении исследований и разработок, подготовке на их основе практических рекомендаций по следующим направлениям:

1. Формирование новой северной политики государства, адекватной современным глобальным вызовам и национальным интересам, в полной мере учитывающим интересы населения северного и арктического пространства России, включающей систему мер:

А) на федеральном уровне:

- *упорядочение северного законодательства* и принятие пакета социально ориентированных политико-правовых и стратегических документов (прежде всего, Законов «Об Арктической зоне Российской Федерации», «О Северном морском пути», Стратегии развития Арктической зоны РФ, Государственной программы социально-экономического развития Севера и Арктики);

- *разработку и внедрение налоговых и неналоговых механизмов* более справедливого распределения северной природно-ресурсной ренты, ее перераспределения в пользу северных регионов, коренных этносов и местных сообществ;

- *обеспечение институциональной гармонизации* действующей системы распределения административных полномочий, ресурсов их финансового обеспечения и ответственности за выполнение;

- *внедрение принципа субсидиарности в межбюджетных отношениях*, предусматривающего децентрализацию финансовых потоков и обеспечивающего решение вопросов развития территорий на самом низком уровне, где их реализация возможна и эффективна;

- *развитие механизмов, стимулирующих и реализующих социальную ответственность бизнеса*, в том числе крупных ресурсных корпораций; развитие различных форм государственно-частного партнерства;

- *решение проблемы обеспечения мобильности граждан*, желающих выехать из районов Севера, в том числе ее жилищного аспекта; создание условий трудовой пространственной мобильности жителей Севера в молодых и средних возрастах;

- *развитие инновационных процессов*, в том числе технологических и социальных инноваций; масштабную поддержку программ диверсификации муниципальных образований, в первую очередь северных моногородов;

- *создание специфических механизмов государственной северной политики* в отношении различных типов местных северных сообществ (крупные города, моногорода, национальные села, агропромысловые села); реализацию мер, направленных на стимулирование саморазвития северных регионов и муниципальных образований, поддержку инициатив местных сообществ, развитие гражданского общества и социального капитала Севера;

- *поддержку развития социальной сферы* (здравоохранения, образования, жилищно-коммунального хозяйства, физической культуры и спорта и др.), развития социальной и транспортной инфраструктуры; реализация специальных крупномасштабных северных проектов, направленных на быструю модернизацию северной социальной инфраструктуры и позволяющих обеспечить стандарты ее доступности и качества, сравнимые с достигнутыми в развитых регионах зарубежного Севера.

***Б) на региональном и муниципальном уровнях,* направленных на:**

- *развитие человеческого потенциала северных регионов*: преодоление тенденций миграционной и естественной убыли населения; повышение уровня здоровья и образования жителей Севера, в том числе подготовка специалистов с северной специализацией;

- *повышение уровня жизни населения, экономической привлекательности работы на Севере*: повышение размера минимальной заработной платы до уровня не ниже двух величин регионального прожиточного минимума; сокращение разрыва в оплате труда между бюджетной сферой и обрабатывающими производствами; осуществление мер по повышению ответственности бизнеса за предоставление северных гарантий и компенсаций (в том числе возврат соответствующей статьи в законодательство); обеспечение максимальной занятости трудоспособного населения;

- *улучшение экономического положения и ситуации на рынках труда*: активная диверсификация северных экономик, в первую очередь моногородов, на основе развития малого и среднего бизнеса, в том числе по обслуживанию ресурсодобывающих секторов и в отраслях, относящихся сегодня к бюджетной сфере, туризма (в особенности эко- и этно-туризма), сельского хозяйства; развитие науки и образования, в том числе их специфически северных направлений; сокращение безработицы до естественного уровня;

- *привлечение и закрепление молодых специалистов, в том числе инновационного профиля*: формирование северной молодежной политики, материальная поддержка молодых семей, развитие социальной инфраструктуры, повышение комфортности среды проживания, формирование системы государственно-частного партнерства для сближения предложения и спроса на региональных рынках труда, привлечение работодателей к формированию направлений подготовки в сфере профессионального образования; стимулирование участия ресурсных корпораций в подготовке и привлечении на Север молодых кадров для инновационного развития;

- *модернизацию социальной инфраструктуры Севера:* обеспечение ее соответствия самым высоким стандартам и специфике северных регионов, новым жизненным установкам части северян на оседлую жизнь в многопоколенной семье на обжитом Севере и росту численности нетрудоспособного населения; повышение доступности и качества услуг; содействие реализации корпорациями социальных программ, направленных на развитие местных сообществ; создание условий для формирования

новых механизмов взаимодействия крупных компаний с местными сообществами по развитию социальной инфраструктуры;

- *создание условий для мобильности населения Севера:* повышение эффективности государственных программ и разработка региональных и местных (с участием бизнеса, страховых компаний) механизмов поддержки нетрудоспособных северян, желающих покинуть Север, а также трудовой пространственной мобильности жителей Севера в молодых и средних возрастах;

- *повышение включенности муниципалитетов в процессы стратегического планирования*, повышение квалификации работников муниципального управления, реализация мер, направленных на стимулирование саморазвития северных муниципальных образований, поддержку инициатив местных сообществ, развитие гражданского общества и социального капитала местных сообществ российского Севера и Арктики.

2. Реализация в рамках государственной стратегии развития Севера и Арктики России комплекса правовых и организационно-экономических мер, направленных на рациональное, экологосбалансированное освоение природных ресурсов, инновационное развитие экономики данного макрорегиона, в том числе:

- по активизации модернизации промышленности, стимулированию обновления основных производственных фондов предприятий, разработке и внедрению в производство природоохранных и ресурсосберегающих инновационных технологий;

- формирование благоприятной институциональной среды для создания и деятельности территориально-производственных кластеров, малых и средних горных предприятий;

- повышение научно-методического обеспечения комплексного использования минерального сырья, усиление взаимосвязи деятельности научно-исследовательских организаций с потребностями предприятий;

- создание условий для повышения конкурентоспособности горнопромышленных предприятий, увеличения их инвестиций в технологическую модернизацию на принципах использования наилучших доступных технологий, обеспечивающих минимизацию негативного воздействия на окружающую природную среду;

- развитие инновационной инфраструктуры, поддержка создания промышленных парков, инновационных бизнес-инкубаторов, научно-консультационных, сервисных и венчурных внедренческих фирм;

- учреждение фондов, финансирующих создание инновационных фирм; увеличение ассигнований на финансирование научно-исследовательских и образовательных организаций в северных регионах;

- стимулирование повышения эффективности использования возобновляемых биологических природных ресурсов, в том числе за счет активизации интеграционных процессов промысловых организаций океанической деятельности, обновления рыбодобывающего флота, освоения инновационных технологий глубокой переработки биологического сырья.

3. Проведение комплексных мероприятий, направленных на ликвидацию отставания страны в освоении арктического шельфа и укрепление национальных позиций в этом стратегическом регионе, включающих:

– системный анализ и подготовку прогноза развития глобальных рынков энергетических ресурсов для выработки Стратегии освоения нефтегазовых месторождений шельфа, в том числе с учетом программы энергосбережения, формируемой Европейским Союзом, и активизации производства сланцевого газа в Северной Америке;

– разработку Стратегии освоения нефтегазовых месторождений арктического шельфа (до 2030 г.) с учетом предполагаемого выбытия мощностей в нефтегазовом секторе и наращивания уровня обеспеченности запасами не менее чем до 15 лет;

– проведение комплексной оценки инновационных возможностей и экономических условий освоения месторождений арктического шельфа с определением параметров окупаемости в различных вариантах развития событий на мировых рынках;

– создание системы налоговой и правовой поддержки освоения арктического шельфа с применением механизма лицензирования и соглашений о разделе продукций. При этом в соглашениях необходимо усилить внимание к учету региональных интересов при разработке месторождений;

– разработку концепции развития Северного морского пути как базового элемента в освоении и транспортировке нефти и газа, отразив в ней транзитные возможности СМП с обеспечением национальных приоритетов и национальной безопасности.

Участники Конференции приглашают Правительство Российской Федерации, Федеральное Собрание Российской Федерации, Российскую Академию наук, Администрации северных регионов, объединения предпринимателей, отраслевые союзы и ассоциации, гражданское общество, экспертов продолжить диалог по ключевым проблемам развития Севера и Арктики России в рамках подготовки к 54-му Европейскому Конгрессу Международной ассоциации региональной науки в Санкт-Петербурге в 2014 г.

Международный оргкомитет Конференции,
Апатиты, апрель 2012 г.

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ЮБИЛЕИ

ЛЕВ ВАСИЛЬЕВИЧ МАХЛАЕВ

4 июня 2012 г. исполнилось 80 лет ведущему специалисту в области петрографии магматических и метаморфических пород, действительному члену РАЕН, действительному члену Уральской академии геологических наук, главному научному сотруднику Института геологии Коми НЦ УрО РАН, доктору геолого-минералогических наук, профессору **Льву Васильевичу Махлаеву**.

Главными научными интересами Льва Васильевича всегда являлись геология докембрия, геология и петрология гранитов, метаморфизм. За долгие годы работы в Арктической части России на Таймыре, Полярном и Приполярном Урале им собран материал, позволивший разработать ряд оригинальных глобальных петрологических концепций, отраженных в его публикациях.

Наследование гранитоидами особенностей состава первичных гранитообразующих субстратов стало основой разработанной им концепции изолитогенных гранитных рядов как совокупности продуктов разных стадий ультраметаморфического преобразования литологически однотипных исходных пород, включая и формирование коровых палингенно-анатектических гранитных магм.

Л.В. Махлаев первым предложил использовать для гранитов севера Урала современную палеосубстратную классификацию, что позволило определить место в геодинамической эволюции региона и с новых позиций оценить их вклад в рудоносность Урала. Им установлены на севере Урала граниты А, I и М типов, согласно генетической схеме классификации гранитных пород Б. Чаппела.

Важным открытием является выявление нового для Урала типа эндогенных образований – интрузивных пирокластитов: туффизитов и валунных даек. Изучение этих образований приобрело особое значение в связи с установлением туффизитовой природы коренных источников алмазов – кимберлитов и лампроитов и развертыванием поисков алмазов в Республике Коми. Л.В.Махлаев является лидером в петрологии псевдоожиженных систем (принципиально отличающихся от магматитов и метаморфитов). Ученым высказана идея, что магматогенные флюидизиты внедряются не в виде расплавов, а в форме твердогазовых или расплавно-твердо-газовых взвесей, а также обоснована необходимость выделения флюидизатной петрологии в особое направление этой науки, получившее подтверждение в нововведениях в петрографический кодекс.

Большой интерес представляет открытие особого типа титаноносных пород – ильменитсодержащих метаморфических сланцев, и сформированных в ходе их разрушения современных прибрежно-морских россыпей с высоким содержанием титана. Им обосновано, что именно такие метаосадочные сланцы являются главным источником минералов титана в современных и ископаемых россыпях, включая и знаменитые лейкоксеновые россыпи Яреги.

С 1956 по 1963 г. Л.В. Махлаев работал в Институте геологии Арктики (НИИГА), где занимался изучением докембрия Таймыра, участвовал в 200-тысячной съемке западного Прианабарья, в ходе которой им были открыты на Маймеча-Кутуйском водоразделе первые в Красноярском крае кимберлитовые трубки. С 1963 г. Лев Васильевич работал в Красноярске, в секторе геологии и металлогении Таймыра отделения КО СНИИГГИМС, продолжая исследования таймырского докембрия, дополняя их изучением гранитоидов Енисейского кряжа.

С 1974 г. Л.В. Махлаев работал в Красноярском институте цветных металлов в качестве руководителя кафедры “Общей геологии, минералогии и петрографии”.

В 1964 г. в Новосибирском институте геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР защитил кандидатскую диссертацию на тему «Метаморфические породы и гранитоиды Берега Харитона Лаптева (Таймыр)». В 1980 г. в том же институте защитил докторскую диссертацию на тему «Гранитная серия докембрия Таймыра и проблема палеолитологических реконструкций ультраметаморфических комплексов». В 1982 г. ему присвоено ученое звание профессора.

С 1985 г. по настоящее время Л.В. Махлаев работает в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН. Многие годы с 1986 по 2003 г. он успешно возглавлял лабораторию петрографии. Ученым подготовлено два доктора наук и более 10 кандидатов.

Л.В. Махлаевым опубликовано более 200 трудов, 15 монографий и учебных пособий, он – соавтор и редактор ряда изданных геологических карт отдельных территорий и регионов Сибири, редактор многочисленных специализированных научных изданий – монографий и сборников, руководитель научных программ. Лев Васильевич неоднократно был организатором крупных научных совещаний регионального, всероссийского и международного уровня, посвященных проблемам эндогенной геологии и петрологии, крупнейшим из которых стало Второе Всероссийское петрографическое совещание, организованное и проведенное в Сыктывкаре в 2000 г.

Он является членом ученого и двух диссертационных советов Института геологии Коми

НЦ УрО РАН, Межведомственного петрографического комитета РАН, а также Уральского и Коми региональных петрографических советов. В 2000 г. избран действительным членом Академии естественных наук России и Уральской академии геологических наук.

Многолетний и плодотворный труд ученого отмечен Почетными грамотами Министерства геологии СССР, Президиума Верховного Совета Коми республики, Министерства образования РК, Почетной грамотой РАН и профсоюза работников РАН, благодарственным письмом Главы РК. Ему присвоено звание «Ветеран Коми НЦ» и «Заслуженный работник Республики Коми». В нашей стране Л. В. Махлаев стал одним из первых награжденных высшей наградой общественной организации «Российское геологическое общество» медалью «геолог Игорь Грамберг».

Лев Васильевич обладает необычайным лекторским талантом, многие молодые люди благодаря встрече с ним выбрали свою дорогу в геологии. Параллельно с работой в академическом институте Л.В. Махлаев как профессор Сыктывкарского государственного университета вел со дня основания кафедры геологии для студентов-геологов курсы общей геологии, петрографии, метаморфизма.

Лев Васильевич Махлаев не только крупный ученый, блестящий педагог, но и человек огромного жизнелюбия и личного обаяния. Вся его жизнь посвящена геологии, а любовь – петрографии.

редколлегия

НАДЕЖДА ВАЛЕРИАНОВНА ЛАДАНОВА

29 апреля 2012 г. исполнилось 60 лет ученому секретарю Коми научного центра Уральского отделения РАН, доктору биологических наук **Надежде Валериановне Ладановой.**

Надежда Валериановна – специалист в области структурной ботаники и экологической анатомии растений. Она выявила структурные и функциональные особенности прохождения жизненного цикла ассимиляционного аппарата хвойных растений, выражающиеся в отсутствии пероксисом и фотодыхания до распускания почек, запаздывания роста пластидома и формирования тилакоидной системы относительно роста клеток и листа в целом, максимального развития ламеллярной структуры хлоропластов, пигментной системы и метаболической активности в течение нескольких сезонов вегетации листа. Н.В.Ладановой изучена динамика развития мезофилла, начиная от типичных меристематических клеток в момент заложения листовых примордий и кончая возрастными изменениями структуры клеток – старением листа. Ею установлены закономерности дифференциации клеток хлорофиллоносной ткани хвойных растений, получены данные по ультраструктуре клеток мезофилла и пластидного аппарата в сезонном и возрастном аспектах, позволяющие определить адаптационные механизмы функционирования листа в условиях короткого вегетационного периода, своеобразных температурных и световых условиях Европейского Севера России. Исследования, проведенные Н.В.Ладановой, имеют большое научное значение и используются на практике при проведении научных исследований по физиологии древесных растений. Морфофункциональные исследования на клеточном уровне, определение энергетического обмена у растений, основой которого является процесс фотосинтеза и расход ассимилятов, играют основополагающую роль в решении задачи по проблеме управления ростом древесных растений и повышения продуктивности лесов.

С 1986 по 1992 г. Н.В. Ладанова в составе комплексной экспедиции РАН проводила исследования в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. Она изучила перестройку ультраструктуры хвои сосны и ели при облучении от слабых до сублетальных и летальных доз. Ею установлены очаговые мозаичные поражения клеток мезофилла при облучении в средних дозах, выявлены этапы деструкции хлоропластов сосны и ели при остром облучении, исследованы репарационные процессы клеток и тканей после воздействия ионизирующего излучения, объяснены на ультраструктурном уровне процессы ускоренного старения тканей, установлена высокая радиоустойчивость хлоропластов и репарационные возможности фотосинтетических мембран. По результатам исследований анатомо-морфологических особенностей строения ассимиляционного аппарата хвойных при облучении в зоне аварии на Чернобыльской АЭС были даны рекомендации по ведению лесного хозяйства в зонах с радиационным поражением древесного яруса.

После избрания в 1998 г. на должность главного ученого секретаря Коми научного центра УрО РАН сфера профессиональной деятельности Надежды Валериановны связана в основном с организацией академических исследований в Республике Коми и на Европейском Севере страны. Она координирует научную и научно-организационную работу институтов Коми научного центра, готовит заседания Президиума и Общего собрания Коми научного центра УрО РАН, организует работу по подготовке научных кадров (докторантура, аспирантура, стажировка, прикомандирование), курирует деятельность отделения кафедры философии и группы преподавателей иностранных языков. Является ответст-

венным секретарем научного журнала «Известия Коми научного центра Уральского отделения РАН», серии изданий «Научные доклады», «Вестник Коми научного центра УрО РАН». Н.В. Ладанова – член объединенного ученого совета по биологическим наукам Уральского отделения РАН. Проводит большую работу по взаимодействию академической и вузовской науки. При ее непосредственном участии Коми научный центр вышел на новый уровень сотрудничества со всеми высшими учебными заведениями Республики Коми и сопредельных регионов.

Н.В. Ладанова ведет большую организаторскую работу. Она – инициатор и организатор многих научных конференций и симпозиумов, в том числе республиканских молодежных научных конференций. Под ее руководством в 2007 г. организована и проведена I Всероссийская молодежная научная конференция «Молодежь и наука на Севере». Надежда Валериановна многие годы была организатором работы республиканского экспертного совета РФФИ – Коми, в течение ряда лет является секретарем и организует работу комиссии по присуждению премий Правительства Республики Коми в области фундаментальной науки, была членом Правления Союза женщин Республики Коми, секретарем Республиканской общественной организации «Чернобыль», членом научного совета Межведомственного координационного совета по науке при Главе Республики Коми.

Значительная роль принадлежит ей и в пропаганде научных знаний в Республике Коми. Н.В.Ладанова выступает по радио, имеет публикации статей в журналах «Регион», «Наука в России» и других изданиях. Являясь президентом Малой академии, организует работу со школьниками старших классов г. Сыктывкара, при ее участии в институтах Коми научного центра проходят «дни открытых дверей».

Ладанова Н.В. – автор и соавтор более 90 научных работ, в том числе пяти монографий. Ее работы опубликованы в рецензируемых изданиях, таких как «Лесной журнал», «Ботанический журнал», «Физиология растений», «Радиобиология» «Экология». Основные работы – «Эколого-биологические основы повышения продуктивности таежных лесов Европейского Севера» Л.: Наука, 1981 (в соавторстве), «Структура ассимиляционною аппарата хвойных при воздействии ионизирующего излучения». СПб.: Наука, 1994.

Надежда Валериановна не только ученый и организатор науки, но и человек огромного личного обаяния. Всю свою жизнь она посвятила науке и служению людям. За мужество, проявленное при ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС Н.В. Ладанова была представлена к медали «За спасение погибавших». Надежда Валериановна награждена орденом «Дружбы». Ей присуждено почетное звание «Заслуженный работник Республики Коми».

редколлегия

Известия Коми научного центра УрО РАН
Выпуск 2(10). Сыктывкар, 2012.

ПОТЕРИ

На 88-м году жизни после продолжительной болезни скончалась кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела радиоэкологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

КЛАРА ИОСИФОВНА МАСЛОВА

К.И. Маслова родилась 7 июня 1924 г. в г. Серпухове Московской области в семье служащих, где провела детские и юношеские годы, и где её застали события военных лет. В 1941 г. Клара Иосифовна участвовала в строительстве оборонительных сооружений и одновременно училась на курсах автоматчиков. Указом Президиума Верховного Совета СССР от 1-го мая 1944 г. за участие в строительстве оборонительных сооружений она была награждена медалью «За оборону Москвы». После окончания войны, во время учёбы в Московском пушно-меховом институте в г. Балашихе судьба ее свела с будущим мужем Всеволодом Ивановичем Масловым. С 1949 г. начинается сыктывкарский период жизни семьи Масловых, которые на долгие годы связали свои судьбы с развитием радиобиологических исследований в Республике Коми, посвятив этому более 30 лет. По окончании института Всеволод Иванович получил назначение в Управление охотничьего хозяйства при Совете Министров Коми АССР, где и проработал до июля 1953 г. Вся последующая трудовая деятельность В.И. Маслова связана с научной работой в Коми филиале АН СССР, куда вместе с ним на работу поступает и Клара Иосифовна.

Всю свою жизнь, энергию, знания и силы Клара Иосифовна отдала Отделу радиоэкологии, который с 1957 по 1982 г. возглавлял Всеволод Иванович. Благодаря ее качествам характера: строгости, требовательности, природной хватке и сообразительности, Клара Иосифовна завоевала заслуженный авторитет и уважение в коллективе. Сколько учеников воспитала она, скольким будущим радиоэкологам она дала путевку в жизнь! Клара Иосифовна являлась одной из основательниц нового научного направления в Коми филиале – радиобиология и радиоэкология животных. Успехи в развитии молодой развивающейся ветви радиобиологии в нашей республике неотделимы от её имени. Её фундаментальные работы в области радиоэкологии внесли неоценимый вклад в развитие изучения механизмов действия малых доз ионизирующей радиации на природные популяции животных. Когда Клара Иосифовна начинала свою деятельность в лаборатории радиобиологии, время всеобщего признания «малых доз» ионизирующей радиации еще не пришло. В период становления и организации Отдела радиоэкологии (1957–1962 гг.) основные усилия были сосредоточены на создание прочной базы для последующего успешного развития радиоэкологических исследований. Вместе с сотрудниками лаборатории она принимала участие в инвентаризации районов и участков с повышенной природной радиоактивностью на территории Республики Коми. Совместно с В.И. Масловым и сотрудниками отдела на радиевом и урано-радиевом стационарах Ухтинского района ею был проведен 15-летний цикл исследований динамики численности, поло-возрастной структуры популяций мышевидных грызунов и биологической эффективности малых доз радиации на различные систематические группы животных. Полученные результаты давали основание предполагать неблагоприятное влияние повышенной радиоактивности на живые организмы.

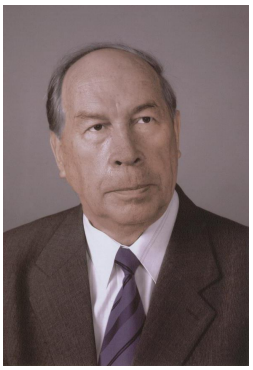
Клара Иосифовна возглавила в отделе исследования биологического действия малых доз ионизирующих излучений на организм и популяции млекопитающих из биогеоценозов с повышенной естественной радиоактивностью. Исследования проводили на всех уровнях – от клеточного, тканевого до популяционного и охватывали основные вопросы, связанные с механизмами радиочувствительности и адаптации организма к повышенному радиационному фону. Благодаря её работам и её учеников на примере изучения полевки-экономки был доказан высокий уровень морфофизиологической, гистоморфологической и биохимической изменчивости важных органов и систем под воздействием повышенного природного радиационного фона.

Впервые ею и Всеволодом Ивановичем был введен термин – «радиоэкологический фактор», включающий в себя совокупное действие повышенного фона радиации с геохимическими, климатическими и другими природными и техногенными условиями. Результаты её исследований показали, что в природных условиях действие ионизирующей радиации в комплексе со всеми сопутствующими факторами среды приводит к развитию биологических эффектов, характерных для острого лучевого поражения организма и одновременно компенсаторных реакций. Основываясь на результатах многолетних исследований, она предложила использовать полевку-экономку в качестве высокочувствительного тест-объекта.

После выхода на пенсию и смерти мужа Клара Иосифовна уехала в Минск к детям и внукам, и более 15 лет прожила в Беларуси. Она вырастила замечательных детей (дочь и сына) и четверых внуков, которые постоянно о ней заботились. Она не забывала родной отдел, всегда поддерживала контакт с коллегами, писала письма, поздравляла с праздниками сотрудников отдела и директора ин-

ститута А.И. Таскаева, всегда оставалась жизнелюбом, оптимистом! Она была большой любительницей и знатоком сбора белых грибов, имела большой дар и умение замечать красоту не только на работе, но и дома. Уже, будучи на пенсии, мастерски освоила технику вышивания и сотворила огромное количество прекрасных полотен, которые можно назвать настоящими шедеврами искусства! Светлая память навсегда останется в наших сердцах о Кларе Иосифовне как прекрасном человеке, друге, коллеге, прожившей достойно свою жизнь.

редколлегия



16 июня 2012 г. на 81-м году жизни скоропостижно скончался главный научный сотрудник Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, научный руководитель лаборатории криофизиологии крови, академик Российской академии естествознания, заслуженный деятель науки и образования РФ, заслуженный врач Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор

ЕВГЕНИЙ ПАВЛОВИЧ СВЕДЕНЦОВ

Родился Евгений Павлович 20 февраля 1932 г. в Ленинграде в семье служащих. И в этом же замечательном городе прошли его ранние детские годы. В 1942 г. на фронте погиб отец, и семья переезжает в сельскую местность, затем в г.Киров. После окончания школы в 1949 г. Е. Сведенцов поступил на лечебный факультет Казанского медицинского института, широко известного в стране и за рубежом своими научными школами: по физиологии (Н.А. Мирославский, А.В. Кибяков и др.), патофизиологии (А.Д. Адо), хирургии (В.Н. Разумовский, А.В. Вишневский), гистологии (А.Н. Мирославский) и др. Будучи студентом младших курсов, он увлекся патофизиологией и под руководством профессора А.Д.Адо выполнил научную работу, признанную лучшей среди работ молодых исследователей.

В 1955 г. Евгений Павлович с отличием окончил институт и начал свою лечебную работу в Кировском областном онкологическом диспансере в качестве врача-хирурга и по совместительству – заведующего патогистологической лаборатории. Быстро освоил основные хирургические методы. Прошел специализацию и усовершенствование по онкологии у академика РАМН А.И. Савицкого в Москве, а специализацию по хирургии – у академика РАМН Н.А. Королева в Н.Новгороде. Врачебную работу стал успешно сочетать с научными исследованиями, в результате чего подготовил кандидатскую диссертацию на тему: «Рак желудка, осложненный прободением и профузным кровотечением», которую успешно защитил в 1966 г. в Пермском государственном медицинском институте. В это же время, будучи практическим врачом, выполнял добровольно и внештатно обязанности борт-хирурга в областной санавиастанции, вылетал в разные районы области для оказания экстренной помощи и одновременно для дополнительного сбора материалов по своей научной теме.

В 1967 г. был избран на должность старшего научного сотрудника хирургической клиники Кировского НИИ гематологии и переливания крови. Работая в новой должности, он продолжал выполнять сложные операции по удалению опухолей органов брюшной и грудной полостей. Впервые в г. Кирове применил искусственное кровообращение для химиотерапии злокачественных новообразований. Первым в Северо-Восточном регионе страны совместно с сотрудниками лаборатории консервирования крови и тканей того же института стал производить трансплантации аутологичного костного мозга и гемопоэтических стволовых клеток периферической крови у онкогематологических больных. В 1972 г. Евгений Павлович по предложению Минздрава выступил с докладом на Международном конгрессе трансфузиологов в Вашингтоне (США).

В 1975 г. приказом Министерства здравоохранения РФ Е.П. Сведенцов был назначен заместителем директора Кировского НИИ гематологии и переливания крови по научной работе. Им было выбрано новое направление для лаборатории консервирования крови и тканей, включающее разработку новых нетоксичных отечественных криоконсервантов для клеток костного мозга и крови. Благодаря работам Е.П. Сведенцова и представителей его научной школы, институт вошел в лидирующую группу в Европе. При этом он продолжал работать консультантом в Кировском областном онкологическом диспансере. Начатая Евгением Павловичем большая экспериментально-клиническая работа в 1988 г. завершилась успешной защитой докторской диссертации в Российском НИИ гематологии и трансфузиологии (г. Ленинград) на тему: «Получение и криоконсервирование костного мозга для клинического применения». По результатам исследований он выступает с докладами на международных конгрессах в Венеции (Италия, 1995 г.), Франкфурте-на-Майне (Германия, 1997 г.), а в 2005 г. демонстрирует свои запатентованные методы и новый нетоксичный криоконсервант в Институте медицинских исследований (Лондон, Англия).

Его работы были представлены на целом ряде отечественных форумов гематологов и трансфузиологов, а также на конференциях за рубежом: в Чехии, Люксембурге, Франции, Норвегии, Нидерландах, Японии, Австрии, Великобритании и других странах.

В 1988 г. Евгению Павловичу было присвоено звание «Отличник здравоохранения», в 1994 г. он был избран академиком Российской академии естествознания, в 1997 г. награжден медалью «Ветеран труда», в 2007 г. ему присвоено звание «Заслуженный деятель науки и образования Российской Федерации», в 2008 г. – «Заслуженный врач Российской Федерации».

В 1999 г. ученый возглавил вновь созданную лабораторию криофизиологии крови Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, продолжая одновременно работать в Кировском институте гематологии и переливания крови. Научным направлением созданной им лаборатории явилось изучение мало изученных структурно-функциональных особенностей ядерных клеток крови при воздействии низких температур.

Он был не только авторитетным ученым, но и прекрасным руководителем: возглавлял Кировский филиал Российской академии естествознания, областное научное общество гематологов и трансфузиологов, был членом правления областного научного общества онкологов, стал первым руководителем первой академической лаборатории в Вятском крае.

Под руководством Е.П. Сведенцова в лаборатории сложился дружный работоспособный научный коллектив. Его дар видеть в молодом ученом истинный творческий потенциал способствовал подготовке новых научных кадров. Под его руководством в жизнь «шагнули» два доктора и 20 кандидатов наук. Им было опубликовано свыше 450 научных работ, в том числе 12 монографий, более 20 патентов и авторских свидетельств.

За изобретательскую и научную деятельность в 2008 г. Российской академией естествознания он был награжден медалью им. Альфреда Нобеля.

Велики и многогранны заслуги Евгения Павловича в науке, его школа криоконсервирования клеток широко известна в России и за рубежом. Порядочность, отзывчивость, доброта этого человека не знала границ. Всю свою жизнь Евгений Павлович бескорыстно посвятил любимой работе, не задумываясь о личных благах. Девиз его лечебной и научной работы послужил названием созданного о Е.П. Сведенцове документального телевизионного фильма «Не ради славы...». Он жизнь прожил для счастья и здоровья людей.

Во всех жизненных делах ему надежной опорой служила прошедшая с ним вместе весь путь его верная подруга и жена, изумительная женщина Нина Рафаиловна Сведенцова.

Добрая память о Евгении Павловиче Сведенцове, об этом Человеке с большой буквы, будет всегда жить в наших сердцах.

редколлегия

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»*

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 25 м.с.), оригинальные статьи (до 15 м.с.) и краткие сообщения (до 6 м.с.) теоретического и экспериментального характера по проблемам естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, в том числе региональной направленности. К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни. Статьи должны отражать результаты законченных и методически правильно выполненных работ.

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 хорошо отредактирована, тщательно проверена и 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. Объем иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должен превышать 8-10, а список литературы -15 наименований. Количество иллюстраций в кратких сообщениях не должно превышать, соответственно, 5.

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 название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.

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 (заголовком не выделяется) 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 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.

---

* Включен в перечень ведущих периодических изданий ВАК.

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.

Фотографии представляют нескрепленными на белой глянцевой бумаге в двух экземплярах (один из них чистый, без каких-либо надписей) в конверте. Желательно обрезать их до необходимого размера репродукции, чтобы они попадали в размеры страницы. На обратной стороне (на полях) фотографий простым карандашом указываются фамилии первого автора, название статьи, порядковый номер рисунка, его верх или низ. Подрисуночные подписи оформляются на отдельной странице. В подписях к микрофотографиям указываются увеличение объектива и окуляра, метод окраски.

Местоположение каждой таблицы, рисунка, карты, фотографии при первом упоминании их в тексте отмечается на полях рукописи в квадратных рамках простым карандашом.

Математические и химические обозначения и формулы печатаются или вписываются с соблюдением размеров прописных и строчных букв. Во избежание неясности прописные и строчные буквы, имеющие одинаковое начертание (c, k, j, p, u, v, w, x, y, ψ), следует подчеркнуть двумя черточками: прописные – снизу (S), а строчные – сверху (p). Необходимо тщательно вписывать такие буквы, как j («йот») и l («эль»). Греческие буквы обводятся кружком красного цвета. Знак суммы (∑) красным не обводится. Название неясных букв желательно написать карандашом на полях (например, «эль», «кси», «дзета», «не эль», «и», «йот»).

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 приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии со следующими правилами описания. Журнальные публикации: фамилии и инициалы всех авторов, полное название статьи журнала, название журнала (в соответствии с рекомендованным ВИНИТИ списком сокращений), год, том, выпуск (номер), страницы (первая и последняя). Книги: фамилии и инициалы всех авторов, полное название книги, инициалы и фамилии редакторов, город, год, страницы (если ссылка не на всю книгу) или число страниц в книге. Сборники: фамилия и инициалы авторов, полные названия статьи и сборника, первая и последние страницы. Если сборник содержит материалы конференций, необходимо указать их форму (труды, доклады, материалы) и название конференции. Диссертации: фамилия и инициалы автора, полное название диссертации, на соискание какой степени, каких наук, город, институт, в котором выполнена работа, год. Ссылки на авторефераты допускаются в исключительных случаях с указанием фамилии и инициалов автора, полного названия работы, места и года защиты, общего количества страниц. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Список литературы оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

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.

4. *Мартынюк З. П.* Патент RU № 92963 на полезную модель "Фотограмметрическое средство измерений объемов круглых лесоматериалов при проведении погрузо-разгрузочных работ". Патентообладатель(и): Учреждение Российской академии наук Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

При наличии четырех авторов в списке литературы указываются все, а более четырех – только первые три, а далее пишется «и др.».

Для статей журналов, имеющих русскую и английскую версию, необходимо давать в списке литературы двойную ссылку (под одним номером), например:

1. *Иванов И.И., Петров П.П.* Название статьи // Название журнала. 2008. Т. 47. № 1. (8-18). *Ivanov I., Petrov P.* Article name // Magazine name. 2008. Т. 47. № 1. (4-15).

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 7-10 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 дискета не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте;** нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;
- в числовых значениях **десятичные разряды отделяются запятой**;
- вставка символов **Symbol**.

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw. Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:
Ответственному секретарю редакционной коллегии
журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»
Надежде Валериановне Ладановой
167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,
Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 209
Тел. (8212) 24-47-79; тел, факс (8212) 24-17-46
E-mail: journal@presidium.komisc.ru.
www.izvestia.komisc.ru

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ
Коми научного центра
Уральского отделения РАН

Вып.2(10)

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 27.06.2012.
Формат бумаги 60x84$^{1}/_{8}$. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 22,25. Уч.-изд.л. 22. Тираж 300. Заказ № 28.

Редакционно-издательский отдел
Коми научного центра УрО РАН.
167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.