

Научный журнал

Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель
Коми научный центр
УрО РАН

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

№1(5)

2011

Главный редактор:

член-корреспондент РАН 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),
д.б.н. И.М. Роцевская, к.х.н. С.А. Рубцова, к.и.н. А.В. Самарин,
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. Анфилов,
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. Калинин, акад. В.А. Коротеев, к.т.н. Н.А. Манов,
акад. В.П. Матвеев, акад. Г.А. Месяц, акад. Ю.С. Оводов,
чл.-корр. РАН Е.В. Пименов, акад. М.П. Роцевский,
чл.-корр. РАН А.Ф. Титов, акад. В.Н. Чарушин, д.т.н. Н.Д. Цхада,
чл.-корр. РАН Ф.Н. Юдахин

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: rio@presidium.komisc.ru;
journal@presidium.komisc.ru

ISSN 1994-5655

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

© Коми научный центр УрО РАН, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

- В.В. Кисиль. Индуцированные представления группы $Sl_2(R)$ и гиперкомплексные числа 4
А.В.Жубр. О двухкомпонентных трехмерных зацеплениях в $S^3 \times S^3$ 11

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Т.В. Хуршкайнен, А.В. Кучин. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве17
С.К. Игнатов, А.Г. Разуваев, И.Н. Андронов. Поверхность потенциальной энергии и термодинамические функции молекулярного комплекса $H_2O \cdot O_3$ 24

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Т.К. Головки, А.А. Тихомиров, С.А. Ушакова, Г.Н. Табаленкова, И.Г. Захожий, Е.В. Гармаш, В.В. Величко. Продуктивность и биологическая ценность зеленых культур применительно к условиям биорегенеративных систем жизнеобеспечения31
М.П. Тентюков, А.И. Таскаев, И.И. Шуктомова, В.П. Лютое. Изучение динамики концентраций радионуклидов в приземной атмосфере38
Н.А. Киблер. Влияние бивентрикулярной и монофокальной стимуляции верхушек левого и правого желудочков собаки на параметры сердечной гемодинамики44

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Н.С. Ковальчук, Т.Г. Шумилова, И.В. Козырева. Морфология и особенности химического состава монацита в карбонатитах косьюского массива (средний Тиман)49
А.Я. Рыбальченко, Т.М. Рыбальченко, В.И. Силаев. Теоретические основы прогнозирования и поисков коренных месторождений алмазов туффизитового типа54

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- И.Н. Андронов, Н.П. Богданов, Н.А. Северова. Деформационные эффекты, обусловленные изотермическим механоциклированием в условиях сложного напряженного состояния67

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Е.В.Дианова. Кооперация женского кружевного промысла северного края (первая треть XX в.)74
О.В. Гох. Средства субъективного выражения в английском и русском интернет-языках: опыт сопоставительного изучения78

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- О.В. Алешина. Оценка влияния транспортного фактора на освоение ресурсов арктической зоны азиатской России83
А.А. Максимов. Опыт эмпирико-социологических исследований занятости и доходов жителей северных сельских поселений89

ХРОНИКА (НАУЧНЫЕ ДОКЛАДЫ, ПОСВЯЩЕННЫЕ 300-ЛЕТИЮ М.В.ЛОМОНОСОВА)

- А.М. Асхабов. М.В. Ломоносов – великий русский ученый – естествоиспытатель и организатор науки95
В.Н. Лаженцев. Географические идеи М.В.Ломоносова98
Е.А. Цыпанов. Ломоносов как лингвист-реформатор 102

- ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ (ЮБИЛЕИ)105

C O N T E N T S

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

- V.V. Kisil'. Induced representations of the group $Sl_2(R)$ and hypercomplex numbers 4
A.V. Zhubr. On two-component three-dimensional links in $S^3 \times S^3$ 11

CHEMICAL SCIENCES

- T.V.Hurshkainen, A.V.Kuchin. Woodchemistry for innovation in agriculture.....17
S.K.Ignatov, A.G.Razuvaev, I.N.Andronov. Surface of potential energy and thermodynamic functions of a molecular complex $H_2O \cdots O_3$24

BIOLOGICAL SCIENCES

- T.K.Golovko, A.A.Tikhomirov, S.A.Ushakova, G.N.Tabalenkova, I.G.Zakhozhiy, E.V.Garmash, V.V.Velichko. Productivity and nutrition value of leaf vegetables as applied to bioregenerative life-support systems31
M.P.Tentyukov, A.I.Taskaev, I.I.Shuktomova, V.P.Lutoev. Assessment of seasonal dynamics of radionuclides concentration in the ground atmosphere.....38
N.A.Kibler. Effects of biventricular and monofocal pacing of the left and right ventricular apices on the parameters of cardiac hemodynamics in dog.....44

GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

- N.S.Kovalchuk, T.G.Shumilova, I.V.Kozyreva. Morphology and characteristics of chemical composition in monazite of carbonatites of the Kosyu massif (Middle Timan)49
A.Ya.Rybalchenko, T.M.Rybalchenko, V.I.Silaev. Theoretical basis for forecasting and exploration of primary diamonds deposits of tuffizit type.....54

TECHNICAL SCIENCES

- I.N.Andronov, N.P.Bogdanov, N.A.Severova. The deformation effects caused by the isothermal mechanical cycling under complex intense condition67

HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES

- E.V.Dianova. Cooperation of female lacy craft of northern territory (first half of XX century)....74
O.V.Gokh. Means of subjective expression in the English and Russian internet languages: experience of comparative study.....78

SOCIAL SCIENCES

- O.V.Aleshina. Evaluation of transport factor impact on development of resources in the Arctic zone of Asian Russia83
A.A.Maximov. Experience of empirical and sociological researches of employment and incomes in northern rural settlements89

CHRONICLE (SCIENTIFIC REPORTS DEVOTED TO M.V.LOMONOSOV'S 300 BIRTH ANNIVERSARY)

- A.M.Askhabov. M.V.Lomonosov – the great Russian scientist-naturalist and the organizer of science.....95
V.N.Lazhentsev. Geographical ideas of M.V.Lomonosov98
E.A.Tsypanov. Lomonosov as the linguist-reformer 102

- OFFICIAL (ANNIVERSARIES) 105

ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРУППЫ $SL_2(\mathbb{R})$ И ГИПЕРКОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА

В.В. КИСИЛЬ

*Факультет математики, Университет г.Лидс, Великобритания
kisilv@maths.leeds.ac.uk*

В работе рассматривается конструкция индуцированных представлений для группы $G = SL_2(\mathbb{R})$. Оказывается, что действие этой группы на однородном пространстве G/H , где H – произвольная однопараметрическая подгруппа $SL_2(\mathbb{R})$, является дробно-линейным преобразованием двумерной алгебры гиперкомплексных чисел. Это наблюдение может быть распространено на дальнейшие соответствия между структурными компонентами $SL_2(\mathbb{R})$ и гиперкомплексными системами. Соответственно, мы рассматриваем вопрос о гиперкомплексных характерах подгруппы H . В частности, приводятся примеры индуцированных представлений группы $SL_2(\mathbb{R})$ в пространствах функций с гиперкомплексными значениями, которые являются унитарными в определенном смысле.

Ключевые слова: индуцированные представления, группа $SL_2(\mathbb{R})$, гиперкомплексные числа

V.V. KISIL. INDUCED REPRESENTATIONS OF THE GROUP $SL_2(\mathbb{R})$ AND HYPERCOMPLEX NUMBERS

We review the construction of induced representations of the group $G = SL_2(\mathbb{R})$. Firstly we note that G -action on the homogeneous space G/H , where H is any one-dimensional subgroup of $SL_2(\mathbb{R})$, is a linear-fractional transformation on hypercomplex numbers. This observation can be extended to further correspondences between structural components of $SL_2(\mathbb{R})$ and hypercomplex systems. Thus we investigate various hypercomplex characters of subgroups H . In particular we give examples of induced representations of $SL_2(\mathbb{R})$ on spaces of hypercomplex valued functions, which are unitary in some sense.

Key words: induced representation, $SL_2(\mathbb{R})$ group, hypercomplex numbers

1. Группа $SL_2(\mathbb{R})$ и ее подгруппы

Группа $SL_2(\mathbb{R})$ состоит из квадратных 2×2 матриц с действительными элементами и единичным определителем. Групповая операция задается матричным умножением. $SL_2(\mathbb{R})$ является простейшей полупростой группой Ли. Произвольный элемент $SL_2(\mathbb{R})$ допускает единственное разложение вида [1, Exer. I.14]

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & 0 \\ 0 & \alpha^{-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \nu \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & \sin \phi \\ -\sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix}, \quad (1)$$

с некоторыми параметрами $\alpha \in (0, \infty)$, $\nu \in (-\infty, \infty)$ и $\phi \in (-\pi, \pi]$. Эта формула (1), записанная в виде $SL_2(\mathbb{R}) = ANK$, известна как разложение Иваса-вы [2, § III.1] и допускает обобщение на произвольную полупростую группу Ли.

Семейства матриц каждого из трех видов в правой части (1) образуют однопараметрические подгруппы, обычно обозначаемые A , N и K . Они получаются экспоненцированием соответствующих

матриц с нулевым следом:

$$A = \left\{ \begin{pmatrix} e^t & 0 \\ 0 & e^{-t} \end{pmatrix} = \exp \begin{pmatrix} t & 0 \\ 0 & -t \end{pmatrix}, t \in \mathbb{R} \right\}, \quad (2)$$

$$N = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & t \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \exp \begin{pmatrix} 0 & t \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, t \in \mathbb{R} \right\}, \quad (3)$$

$$K = \left\{ \begin{pmatrix} \cos t & \sin t \\ -\sin t & \cos t \end{pmatrix} = \exp \begin{pmatrix} 0 & t \\ -t & 0 \end{pmatrix}, t \in (-\pi, \pi] \right\}. \quad (4)$$

Следующий простой результат имеет поучительное доказательство.

Предложение 1. Любая непрерывная однопараметрическая подгруппа $SL_2(\mathbb{R})$ матрично сопряжена с одной из подгрупп A , N или K .

Доказательство. Любая непрерывная однопараметрическая подгруппа получается экспоненцированием

$$e^{tX} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{t^n}{n!} X^n \quad (5)$$

элемента X алгебры Ли $\mathfrak{sl}_2$ группы $SL_2(\mathbb{R})$. Такой элемент представим 2×2 матрицей с нулевым следом. Поведение ряда Тэйлора (5) зависит от свойств степеней X^n . Последние легко классифицируются непосредственным вычислением.

Лемма 1. Квадрат X^2 матрицы $X = \begin{pmatrix} a & b \\ c & -a \end{pmatrix}$ с нулевым следом есть единичная матрица, умноженная на $a^2 + bc = -\det X$. Этот множитель может быть отрицательным, нулевым или положительным, что соответствует трем различным типам ряда Тэйлора (5) для e^{tX} .

Несложно видеть, что матричное подобие приводит элемент X к генератору:

- подгруппы K , если $(-\det X) < 0$;
- подгруппы N , если $(-\det X) = 0$;
- подгруппы A , если $(-\det X) > 0$.

Так как матричное подобие не меняет определителя матрицы, то эти три случая не сводятся друг к другу. $\square$

Пример 1. Следующие две подгруппы сопряжены с A и N , соответственно, посредством матричного сопряжения с фиксированной матрицей $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$:

$$A' = \left\{ \begin{pmatrix} \cosh t & \sinh t \\ \sinh t & \cosh t \end{pmatrix} = \exp \begin{pmatrix} 0 & t \\ t & 0 \end{pmatrix}, t \in \mathbb{R} \right\}, \quad (6)$$

$$N' = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ t & 1 \end{pmatrix} = \exp \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ t & 0 \end{pmatrix}, t \in \mathbb{R} \right\}. \quad (7)$$

В дальнейшем мы будем, как правило, рассматривать подгруппы N' и A' вместо N и A , так как это приведет к более естественной геометрической картине.

2. Действие $SL_2(\mathbb{R})$ приводит к гиперкомплексным числам

Пусть H является подгруппой группы G . Для соответствующего однородного пространства $\Omega = G/H$ определим гладкое сечение $s: \Omega \rightarrow G$ [3, § 13.2], которое является левым обратным для естественной проекции $p: G \rightarrow \Omega$. Выбор такого сечения не принципиален в том смысле, что наши дальнейшие построения определяются с точностью до гладкого отображения $\Omega \rightarrow \Omega$.

Каждый элемент $g \in G$ может быть представлен единственным образом в виде $g = s(\omega)h$, где $\omega = p(g) \in \Omega$ и $h \in H$. Соответственно, на Ω определяется действие группы G

$$g: \omega \mapsto g \cdot \omega = p(g * s(\omega)), \quad (8)$$

где $*$ обозначает групповое произведение. Это действие может быть также проиллюстрировано коммутативной диаграммой

$$\begin{array}{ccc} G & \xrightarrow{g*} & G \\ s \uparrow & & \uparrow s \\ \Omega & \xrightarrow{g \cdot} & \Omega \end{array} \quad \begin{array}{c} p \\ \downarrow \\ p \end{array}$$

Для группы $G = SL_2(\mathbb{R})$, как и для остальных полупростых групп, принято рассматривать случай,

когда H является максимальной компактной подгруппой K . Однако в данной работе мы изучим все три возможности для однопараметрической подгруппы H , описанные в предложении 1 и примере 1, а именно, $H = K$, N' или A' . В этом случае многообразие Ω является двумерным и для всех трех возможных подгрупп H мы определим [4, Ex. 3.7(a)]

$$s: (u, v) \mapsto \frac{1}{\sqrt{v}} \begin{pmatrix} v & u \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (u, v) \in \mathbb{R}^2, \quad v > 0. \quad (9)$$

Непосредственное вычисление или использование компьютерной программы [5] приводит к следующему результату.

Предложение 2. Действие (8) группы $SL_2(\mathbb{R})$ определенное сечением s (9) есть

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}: (u, v) \mapsto \left(\frac{(au+b)(cu+d) - \sigma cav^2}{(cu+d)^2 - \sigma (cv)^2}, \frac{v}{(cu+d)^2 - \sigma (cv)^2} \right), \quad (10)$$

где $\sigma = -1, 0$ или 1 для подгрупп K , N' или A' , соответственно.

Выражение (10) не выглядит привлекательным, однако введение гиперкомплексных чисел существенно его улучшает.

Предложение 3. Пусть единица i такова, что $i^2 = \sigma$, тогда действие группы $SL_2(\mathbb{R})$ (10) может быть записано как дробно-линейное (мебиусово) преобразование:

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}: w \mapsto \frac{aw+b}{cw+d}, \quad \text{где } w = u + iv, \quad (11)$$

для всех трех возможных значений параметра σ из предложения 2.

Замечание 1. Отметим что гиперкомплексные единицы не вводились нами умышленно, по произволу или из «чисто обобщательской попытки» [6, стр. 4]. Они естественно возникли из действия группы $SL_2(\mathbb{R})$.

Мнимая единица $i^2 = -1$ порождает хорошо знакомые комплексные числа. Двумерная алгебра выражений $x + jy$ с образующей $j^2 = 1$ имеет много имен: гиперболические, двойные числа [7–9] и др., это один из простейших примеров гиперкомплексных чисел. Параболические гиперкомплексные числа, часто также называемые дуальными, имеют вид $x + \varepsilon y$ с нильпотентной единицей такой, что $\varepsilon^2 = 0$ [10–13]. Мы используем символ i для обозначения любой из трех единиц i , ε или j .

Замечание 2. К сожалению, не существует устоявшихся обозначений для образующих гиперкомплексных алгебр. Более того, было бы затруднительно просто перечислить все многообразие использованных символов и мы упомянем лишь некоторые из них. Стоит отметить, что даже наиболее традиционная мнимая единица i обозначается как j во многих инженерных текстах. Символ j для обозначения гиперболической единицы используется в многочисленных работах, начиная, по крайней мере, с основополагающего текста [14]; однако, другой символ e употребляется в замечательной книге [13]. Для

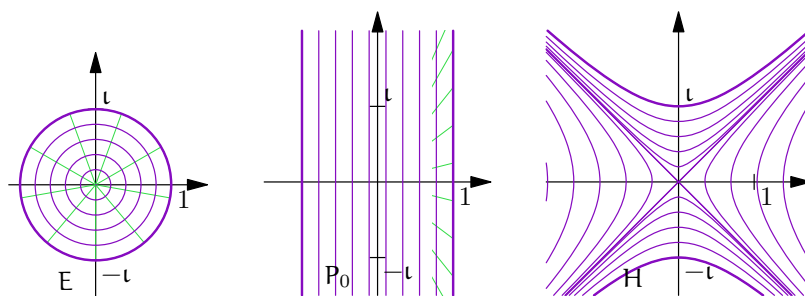


Рис. 1. Унитарные вращения, полученные алгебраическим способом, т.е. умножением на e^{it} : эллиптические (E), параболические (P_0) и гиперболические (H). Все орбиты определяются уравнением $x^2 - t^2 y^2 = r^2$. Прямые линии, проходящие из начала координат к точке на орбите, получаются вращением горизонтальной оси.

нильпотентной единицы часто используется греческая буква ι [15, 16], но наш выбор ε позаимствован у Яглома [13] и его последователей. Нам это обозначение кажется удачным в силу следующего замечания. **Замечание 3.** Нильпотентная единица ε близко связана с инфинитезимальным числом ε , используемым в нестандартном анализе [17, 18]. Квадрат нильпотентной единицы в точности равен нулю, в то время как квадрат инфинитезимального числа есть «практически» ноль. Это сходство использовалось в работе [10] для вывода основных теорем дифференциального исчисления на основе нильпотентной единицы. Это же свойство стоит за построением классической механики из представлений группы Гейзенберга [19].

Действие (11) является групповым гомоморфизмом из $SL_2(\mathbb{R})$ в преобразование «верхней полуплоскости» гиперкомплексной алгебры. Несмотря на то, что алгебраическая структура двойных и дуальных чисел достаточно вырождена, они интересны как однородные пространства для мебиусовых преобразований. Построение соответствующих геометрий в духе Эрлангенской программы Ф. Клейна ободряюще необычно [20] и приводит к новым результатам даже в хорошо изученном случае геометрии Лобачевского [21].

Из-за делителей нуля корректное изучение мебиусовых преобразований (11) должно рассматриваться на конформно пополненной плоскости [12, 22]. Физические приложения гиперкомплексных чисел простираются от классической механики [13] и специальной теории относительности [7, 9] до космологии [12, 23] и квантовой механики [8, 15, 19].

Стандартный способ линеаризации действия (8) заключается в переходе к представлению, индуцированному представлением подгруппы H [3, § 13.2; 4, § 3.1]. Для этого мы определим отображение $r : G \rightarrow H$, порожденное отображениями p и s , через соотношение

$$r(g) = (s(\omega))^{-1}g, \quad \text{где } \omega = p(g) \in \Omega. \quad (12)$$

Пусть χ является неприводимым представлением подгруппы H в векторном пространстве V , тогда оно индуцирует представление G в смысле Макки [3, § 13.2]. Существует несколько реализаций индуцированного представления. Мы будем рассматривать представление ρ_χ в пространстве V -значных функций по формуле [3, § 13.2.(7)–(9)]

$$[\rho_\chi(g)f](\omega) = \chi(r(g^{-1} * s(\omega)))f(g^{-1} \cdot \omega), \quad (13)$$

где $g \in G$, $\omega \in \Omega$, $h \in H$, и $r : G \rightarrow H$, $s : \Omega \rightarrow G$ есть отображения, определенные выше; $*$ обозначает групповую операцию на G и $\cdot$ является действием (8) группы G на Ω .

Поскольку в нашем рассмотрении подгруппа H всегда одномерна, то ее неприводимые представления обычно предполагаются комплексными характеристиками. Однако, если гиперкомплексные числа естественно появляются в действии группы $SL_2(\mathbb{R})$ на однородных пространствах (11), почему мы не должны также рассмотреть гиперкомплексные характеры?

3. Гиперкомплексные характеры – алгебраический подход

Как уже отмечалось, традиционно основное внимание при изучении представлений группы $SL_2(\mathbb{R})$ уделяется случаю $H = K$ и, соответственно, комплекснозначным характеристам K . Линейное преобразование, определенное матрицами (4) из K , представляет собой вращение $\mathbb{R}^2$ на угол t . Идентификация $\mathbb{R}^2 = \mathbb{C}$ переводит это вращение в умножение на e^{it} , где $i^2 = -1$. Вращение является унитарным для эллиптической метрики

$$x^2 + y^2 = (x + iy)(x - iy). \quad (14)$$

Каждая орбита вращения является окружностью, и любая прямая, проходящая через начало координат, переходит в другую прямую, повернутую на угол t (см. рис.(E)).

Для гиперкомплексных чисел наиболее прямое линейное применение этой модели для характеров выглядит так.

Предложение 4. Существует структурное сходство между тремя типами гиперкомплексных характеров. Алгебраическое соответствие представлено в таблице, а геометрическое подобие показано на рисунке.

Явным образом параболическое «вращение», порожденное умножением на $e^{\varepsilon t}$, действует на дуальные числа следующим образом

$$e^{\varepsilon x} : a + \varepsilon b \mapsto a + \varepsilon(ax + b). \quad (15)$$

Эта формула связывает параболический случай с галилеевыми симметриями классической механики [13], в которой время абсолютно и независимо от пространства. Такое кинематическое обоснование предлагает следующие соответствия для параболического случая [13, 24]:

Таблица 1

Эллиптический	Параболический	Гиперболический
Подгруппа K	Подгруппа N'	Подгруппа A'
$i^2 = -1$	$\varepsilon^2 = 0$	$j^2 = 1$
$w = x + iy$	$w = x + \varepsilon y$	$w = x + jy$
$\bar{w} = x - iy$	$\bar{w} = x - \varepsilon y$	$\bar{w} = x - jy$
$e^{it} = \cos t + i \sin t$	$e^{\varepsilon t} = 1 + \varepsilon t$	$e^{jt} = \cosh t + j \sinh t$
$ w _e^2 = w\bar{w} = x^2 + y^2$	$ w _p^2 = w\bar{w} = x^2$	$ w _h^2 = w\bar{w} = x^2 - y^2$
$\arg w = \arctan \frac{y}{x}$	$\arg w = \frac{y}{x}$	$\arg w = \tanh^{-1} \frac{y}{x}$
окружность $ w _e^2 = 1$	две прямые $x = \pm 1$	гипербола $ w _h^2 = 1$

- параболическая тригонометрия тривиальна:

$$\cos pt = \pm 1, \quad \sin pt = t; \quad (16)$$

- параболическое расстояние (при ненулевом x) не зависит от y :

$$x^2 = (x + \varepsilon y)(x - \varepsilon y); \quad (17)$$

- полярное разложение дуального числа [13, App. C(30')]:

$$u + \varepsilon v = u(1 + \varepsilon \frac{v}{u}), \quad (18)$$

$$\text{поэтому } |u + \varepsilon v| = u, \quad \arg(u + \varepsilon v) = \frac{v}{u};$$

- параболические орбиты изображаются прямыми линиями (см. рис. (P_0)).

Алгебраическая аналогия и кинематическое обоснование кажутся достаточно убедительными для единственно правильной параболической тригонометрии [13, 24, 25]. Однако геометрический подход и симметрии параболических уравнений математической физики предлагают менее вырожденную альтернативу, изложенную в работе [26].

4. Индуцированные представления

Теперь мы можем применить гиперкомплексные характеры, построенные выше, к индуцированным представлениям, заданным формулой (13). Заметим, что только компактная подгруппа K требует комплекснозначных характеров, так как для однозначности представления образ матрицы из (4) при $t = 2\pi$ должен быть единицей. Для подгрупп N' и A' такого ограничения нет и мы можем рассмотреть характеры всех трех типов: эллиптические, параболические и гиперболические. Таким образом, мы имеем семь существенно разных типов индуцированных представлений.

Пример 2. Рассмотрим подгруппу $H = K$. Как отмечено выше, в силу ее компактности, характер может быть только комплекснозначным. Тогда унитарный характер χ_k имеет вид

$$\chi_k \begin{pmatrix} \cos t & \sin t \\ -\sin t & \cos t \end{pmatrix} = e^{-ikt}, \quad \text{где } k \in \mathbb{Z}. \quad (19)$$

Используя явный вид (9) отображения s , вычисляем функцию r , заданную в (12),

$$r \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{c^2 + d^2}} \begin{pmatrix} d & -c \\ c & d \end{pmatrix} \in K.$$

Тогда

$$r(g^{-1} * s(u, v)) = \frac{1}{\sqrt{(cu + d)^2 + (cv)^2}} \begin{pmatrix} cu + d & -cv \\ cv & cu + d \end{pmatrix},$$

$$\text{где } g^{-1} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}.$$

Подставляя это выражение в (19) и комбинируя с мебиусовым преобразованием аргумента (11), получаем явную реализацию ρ_k индуцированного представления (13)

$$\rho_k(g)f(w) = \frac{|cw + d|^k}{(cw + d)^k} f\left(\frac{aw + b}{cw + d}\right), \quad (20)$$

$$\text{где } g^{-1} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}, \quad w = u + iv.$$

Это представление действует на комплекснозначных функциях в верхней полуплоскости $\mathbb{R}_+^2 = SL_2(\mathbb{R})/K$ и является унитарным из дискретной серии [2, § IX.2].

Предложение 5. Пусть $f_k(w) = \frac{|w-i|^k}{(w-i)^k}$, при $k = 2, 3$, Тогда

- f_k является собственным вектором операторов $\rho_k(h)$ для любого $h \in K$, с собственным значением $\chi_k(h)$ [2, § IX.2];
- Функция $K(z, w) = \rho_k(s(z))f_k(w)$, где $s(z)$ определяется в (9), есть воспроизводящее ядро Бергмана в верхней полуплоскости [4, § 3.2], умноженное на $|\frac{z-i}{w-i}|^k$.

Сходным образом мы получаем ядро Коши, если рассмотрим предельный случай $k = 1$ ложной дискретной серии [2, Ch. IX]. Существует много других связей представления (20) с комплексным анализом [4] и теорией операторов. К примеру, преобразования Мебиуса операторов определяют функциональное исчисление Данфорда–Рисса и соответствующий спектр [27].

Пример 3. Для подгруппы N' возможен более широкий выбор характеров.

1. Традиционно рассматриваются комплекснозначные характеры подгруппы N' , т.е.

$$\chi_\tau^c \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ t & 1 \end{pmatrix} = e^{i\tau t}, \quad \text{где } \tau \in \mathbb{R}. \quad (21)$$

Непосредственные вычисления в этом случае показывают, что

$$r \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{c}{d} & 1 \end{pmatrix} \in N',$$

поэтому

$$r(g^{-1} * s(u, v)) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{cv}{d+cu} & 1 \end{pmatrix}, \quad (22)$$

$$\text{где } g^{-1} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}.$$

Подставляя это значение в характер (21) и соединяя с мебиусовым преобразованием (11), получаем реализацию формулы (13)

$$\rho_{\tau}^{\mathbb{C}}(g)f(w) = \exp\left(i\frac{\tau cv}{cu+d}\right) f\left(\frac{aw+b}{cw+d}\right),$$

$$\text{где } w = u + \varepsilon v, \quad g^{-1} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}.$$

Соответствующее индуцированное представление действует в пространстве комплекснозначных функций в верхней полуплоскости $\mathbb{R}_+^2$, которая является подмножеством однородного пространства $SL_2(\mathbb{R})/N$, состоящего из дуальных чисел. Соседство комплексных и дуальных чисел в одном выражении является непривычным.

2. Возьмем параболический характер χ_{τ} алгебраического типа, заданный умножением дуальных чисел (15)

$$\chi_{\tau} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ t & 1 \end{pmatrix} = e^{\varepsilon \tau t} = 1 + \varepsilon \tau t, \quad \text{где } \tau \in \mathbb{R}.$$

По-прежнему подставляем в него значение (22) и получаем выражение

$$\rho_{\tau}(g)f(w) = \left(1 + \varepsilon \frac{\tau cv}{cu+d}\right) f\left(\frac{aw+b}{cw+d}\right),$$

где w, τ и g те же, что и раньше.

Это индуцированное представление действует в пространстве функций, определенных на верхней полуплоскости, как подмножество дуальных чисел, и со значениями в дуальных числах. То есть, оно использует только дуальные числа и обычные алгебраические операции над ними. Естественным образом это представление является линейным.

Все характеры, использованные в предыдущих примерах, являются унитарными. Поэтому общая конструкция индуцированных представлений [3, § 13.2] гарантирует унитарность полученных представлений в соответствующих смыслах.

Теорема. Оба индуцированных представления $\rho_{\tau}^{\mathbb{C}}$ и ρ_{τ} группы $SL_2(\mathbb{R})$ из примера 3 являются унитарными в пространстве функций, заданных на верхней полуплоскости $\mathbb{R}_+^2$, как подмножество дуальных чисел с внутренним произведением

$$\langle f_1, f_2 \rangle = \int_{\mathbb{R}_+^2} f_1(w) \bar{f}_2(w) \frac{du dv}{v^2}, \quad \text{где } w = u + \varepsilon v, \quad (23)$$

и мы используем сопряжение и умножение значений функций в алгебре комплексных и дуальных чисел для представлений $\rho_{\tau}^{\mathbb{C}}$ и ρ_{τ} , соответственно.

Внутреннее произведение (23) положительно определено для представления $\rho_{\tau}^{\mathbb{C}}$, но не для ρ_{τ} . Соответствующие пространства с вырожденным внутренним произведением являются параболическими

аналогами пространств Крейна [28]. Сами пространства Крейна в нашей классификации имеют гиперболический тип.

5. Принцип сходимости и соответствия: операторы повышения

Приведенные выше наблюдения позволяют сформулировать следующий эмпирический принцип, который представляет эвристический интерес.

Принцип (Сходство и соответствие).

1. Подгруппы K , N' и A' играют сходную роль в структуре группы $SL_2(\mathbb{R})$ и ее представлений;
2. Замена подгруппы должна производиться с одновременной соответствующей заменой гиперкомплексных единиц i, ε или j .

Безусловно, первая часть принципа (сходство) способна вызвать удивление у любого, кто знаком с группой $SL_2(\mathbb{R})$. Однако к настоящему моменту мы видели, что совместно со второй частью (соответствие) принцип уже проявился следующим образом:

- действие $SL_2(\mathbb{R})$ на однородном пространстве $SL_2(\mathbb{R})/H$ для $H = K, N'$ или A' задается дробно-линейными преобразованиями комплексных, дуальных или двойных чисел соответственно (предл. 3);
- подгруппы A', N' или K изоморфны группам унитарных вращений соответствующих единичных «окружностей» на плоскостях двойных, дуальных или комплексных чисел (предл. 4);
- представления, индуцированные представлениями подгрупп K, N' или A , являются унитарными, если скалярное произведение функций определяется посредством произведения и сопряжения значений функций, как комплексных, дуальных или двойных чисел (теорема).

Замечание 4. Принцип сходимости и соответствия близок к суперсимметрии между бозонами и фермионами в физике, но в нашем случае сходство устанавливается между тремя различными типами объектов. Приведем еще одну иллюстрацию принципа. Рассмотрим алгебру Ли $\mathfrak{sl}_2$ группы $SL_2(\mathbb{R})$. Один из возможных базисов в $\mathfrak{sl}_2$ таков [29, § 8.1]

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

Тогда коммутационные соотношения будут следующими

$$[Z, A] = 2B, \quad [Z, B] = -2A, \quad [A, B] = -\frac{1}{2}Z. \quad (24)$$

Пусть у нас есть представление ρ группы $SL_2(\mathbb{R})$ в пространстве V . Рассмотрим производное представление $d\rho$ алгебры $\mathfrak{sl}_2$ [2, § VI.1] и будем использовать обозначение $\tilde{X} = d\rho(X)$ при $X \in \mathfrak{sl}_2$. Для анализа представления ρ оказывается полезным разложить V по собственным векторам оператора $\tilde{X}$ для некоторого $X \in \mathfrak{sl}_2$ (см. предл. 5 и ряд Тейлора в комплексном анализе).

Пример 4. Уже не должно быть удивительным, что мы собираемся рассмотреть три случая.

1. Пусть $X = Z$ будет генератором подгруппы K (4). Так как эта подгруппа компактна, то собственные вектора $\tilde{Z}v_k = ikv_k$ параметризованы дискретным пара-

метром $k \in \mathbb{Z}$. Особую роль играют операторы $L_{\pm}$ повышения/понижения [2, § VI.2; 29, § 8.2], определенные коммутационными соотношениями

$$[\tilde{Z}, L_{\pm}] = \lambda_{\pm} L_{\pm}. \quad (25)$$

Таким образом, $L_{\pm}$ являются собственными для операторов $\text{ad} \tilde{Z}$ присоединенного представления $\mathfrak{sl}_2$ [2, § VI.2]. Важно, что вектор $L_+ v_k$ также является собственным для $\tilde{Z}$

$$\begin{aligned} \tilde{Z}(L_+ v_k) &= (L_+ \tilde{Z} + \lambda_+ L_+) v_k \\ &= L_+ (\tilde{Z} v_k) + \lambda_+ L_+ v_k \\ &= ik L_+ v_k + \lambda_+ L_+ v_k \\ &= (ik + \lambda_+) L_+ v_k. \end{aligned}$$

Полагая $L_+ = a\tilde{A} + b\tilde{B} + c\tilde{Z}$, из коммутационного соотношения (24) и определяющего равенства (25) получаем систему уравнений

$$c = 0, \quad 2a = \lambda_+ b, \quad -2b = \lambda_+ a.$$

Эта система совместима тогда и только тогда, когда $\lambda_+^2 + 4 = 0$. В этом случае операторы повышения/понижения $L_{\pm} = \pm i\tilde{A} + \tilde{B}$ действуют на одномерной цепочке собственных подпространств

$$\dots \xleftarrow{L_+} V_{k-2} \xleftarrow{L_+} V_k \xleftarrow{L_+} V_{k+2} \xleftarrow{L_+} \dots$$

2. Рассмотрим случай $X = B$ генератора подгруппы A' (6). Эта подгруппа некомпактна и собственные значения для $\tilde{B}$ могут быть произвольным числом, однако операторы повышения/понижения по-прежнему могут играть важную роль [1, § II.1; 30, § 1.1]. Будем опять искать решение в форме $L_+ = a\tilde{A} + b\tilde{B} + c\tilde{Z}$ для коммутатора $[\tilde{B}, L_+] = \lambda L_+$. Получаем систему

$$2c = \lambda a, \quad b = 0, \quad \frac{a}{2} = \lambda c.$$

Она совместима, если только $\lambda^2 = 1$. Очевидные значения $\lambda = \pm 1$ приводят к операторам $L_{\pm} = \pm \tilde{A} + \tilde{Z}/2$, которые и используются в [1, § II.1; 30, § 1.1]. В этом случае неприводимый $\mathfrak{sl}_2$ -модуль представляется одномерной цепочкой собственных значений.

Допуская двойные числа мы можем удовлетворить условие совместимости $\lambda^2 = 1$ дополнительными значениями $\lambda = \pm j$. Тогда возникает дополнительная пара операторов повышения/понижения $L_{\pm}^h = \pm j\tilde{A} + \tilde{Z}/2$, которая сдвигает собственные значения в «ортогональном» направлении к действию традиционных операторов $L_{\pm}$. Следовательно, неприводимый $\mathfrak{sl}_2$ -модуль может параметризоваться уже двумерной решеткой собственных значений на плоскости двойных чисел.

3. Рассмотрим, наконец, случай $X = -B + Z/2$ генератора подгруппы N' (7). По описанной ранее процедуре получаем систему

$$b + 2c = \lambda a, \quad -a = \lambda b, \quad \frac{a}{2} = \lambda c,$$

с условием совместимости $\lambda^2 = 0$. Если мы ограничимся действительным (комплексным) корнем $\lambda = 0$, то соответствующие операторы $L_{\pm} = -\tilde{B} + \tilde{Z}/2$ не будут менять собственные значения и будут бесполезны в таком контексте. Однако дуальные значения

$\lambda = \pm \varepsilon$ позволяют использовать операторы $L_{\pm} = \pm \varepsilon \tilde{A} - \tilde{B} + \tilde{Z}/2$ для построения $\mathfrak{sl}_2$ -модулей с одномерной цепочкой собственных значений в дуальных числах.

Замечание 5. Стоит отметить, что:

- введение комплексных чисел необходимо для существования операторов повышения/понижения в эллиптическом случае;
- в параболическом случае введение дуальных чисел необходимо для полезности этих операторов;
- в гиперболическом случае двойственные числа выглядят необязательными.

Подытожим рассмотренный пример, подчеркнув в нем роль принципа сходства и соответствия.

Предложение 6. Пусть вектор $X \in \mathfrak{sl}_2$ порождает подгруппу K , N' или A' , т.е. векторами $X = Z$, $B - Z/2$, или B соответственно. Пусть ι есть соответствующая гиперкомплексная единица. Тогда операторы повышения/понижения $L_{\pm}$, удовлетворяющие коммутационным соотношениям

$$[X, L_{\pm}] = \pm \iota L_{\pm}, \quad [L_-, L_+] = 2\iota X,$$

имеют вид

$$L_{\pm} = \pm \iota \tilde{A} + \tilde{Y}.$$

Здесь $Y \in \mathfrak{sl}_2$ является линейной комбинацией B и Z , а также удовлетворяет следующим условиям:

- $Y = [A, X]$;
- $X = [A, Y]$;
- форма Киллинга $K(X, Y)$ [3, § 6.2] равна нулю.

Любое из приведенных выше условий, совместно с $Y \in \text{span}\{B, Z\}$, определяет Y с точностью до действительного множителя.

Кажется правдоподобным, что применение принципа сходства и соответствия не ограничивается приведенными здесь примерами.

6. Заключение

Введенные индуцированные представления заслуживают более пристального исследования. Среди важных вопросов можно отметить следующее:

- прояснение связи с тремя основными сериями (дискретной, непрерывной, дополнительной) представлений группы $SL_2(\mathbb{R})$ [2];
- связь со многими $\mathfrak{sl}_2$ модулями [1, 30] (включая новые возможности для их унитаризации);
- приложение к теории обобщенных аналитических функций [4] и уравнений в частных производных [31];
- соответствующие функциональные исчисления [27] и т.п.

Эти направления исследований являются частями Эрлангенской программы в широком смысле [21, 32] и будут продолжены в последующих работах. Ожидается, что принцип сходства и соответствия окажет направляющую роль в поисках наиболее гармоничных конструкций.

Автор благодарен проф. Н.А. Грому за полезное обсуждение данной работы и многочисленные ценные замечания.

Литература

1. *Howe R., Tan E.C.* Non-abelian harmonic analysis: Applications of $SL(2, \mathbb{R})$. New York: Springer-Verlag, 1992.
2. *Lang S.* $SL_2(\mathbb{R})$ Graduate Texts in Mathematics. New York: Springer-Verlag, 1985. Vol. 105.
3. *Кириллов А.А.* Элементы теории представлений. М.: Наука, 1978. 344с.
4. *Kisil V.V.* Analysis in $\mathbb{R}^{1,1}$ or the principal function theory // Complex Variables Theory Appl. 1999. Vol. 40. No. 2. P. 93-118.
5. *Kisil V.V.* Erlangen program at large-2: Inventing a wheel. The parabolic one // Trans. Inst. Math. NAS Ukraine. 2010. Vol. 7. P. 89-98.
6. *Понтрягин Л.С.* Обобщения чисел. М.: Наука, 1986. 120 с. (Библиотечка "Квант". Т. 54.)
7. *Catoni F., Boccaletti D., Cannata R. et al.* The mathematics of Minkowski space-time and an introduction to commutative hypercomplex numbers. Basel: Birkhäuser Verlag, 2008. 255 p.
8. *Khrennikov A., Segre G.* Hyperbolic quantization // Quantum probability and infinite dimensional analysis. Hackensack: World Sci. Publ., 2007. P. 282-287.
9. *Ulrych S.* Relativistic quantum physics with hyperbolic numbers // Phys. Lett. B. 2005. Vol. 625. No. 3-4. P. 313-323.
10. *Catoni F., Cannata R., Nichelatti E.* The parabolic analytic functions and the derivative of real functions // Advances in Applied Clifford algebras. 2004. Vol. 14. No. 2. P. 185-190.
11. *Громов Н.А.* Контракции и аналитические продолжения классических групп. Единый подход. Сыктывкар, 1990. 220 с.
12. *Herranz F., Santander M.* Conformal compactification of spacetimes // J. Phys. A. 2002. Vol. 35. No. 31. P. 6619-6629.
13. *Yaglom I.M.* A simple non-Euclidean geometry and its physical basis. New York: Springer-Verlag, 1979. 307 p.
14. *Vignaux J.C., Durañona y Vedia A.* Sobre la teoría de las funciones de una variable compleja hiperbólica // Univ. nac. La Plata. Publ. Fac. Ci. fis. mat. 1935. Vol. 104. P. 139-183.
15. *Gromov N.A., Kuratov V.V.* Possible quantum kinematics // J. Math. Phys. 2006. Vol. 47. No. 1. P. 013502-9.
16. *Pimenov R.I.* Unified axiomatics of spaces with maximal movement group // Litov. Mat. Sb. 1965. Vol. 5. P. 457-486.
17. *Davis M.* Applied nonstandard analysis. New York: Wiley-Interscience, 1977. 181 p.
18. *Успенский В.А.* Что такое нестандартный анализ? М.: Наука, 1987. 128 с.
19. *Kisil V.V.* Erlangen Programme at Large 3.1: Hypercomplex representations of the Heisenberg group and mechanics // arXiv:1005.5057.
20. *Kisil V.V.* Erlangen program at large-1: Geometry of invariants // Symmetry Integrability Geom. Meth. Appl. 2010. Vol. 6. No. 076. P. 0-45.
21. *Kisil V.V.* Erlangen program at large-0: Starting with the group $SL_2(\mathbb{R})$ // Not. Amer. Math. Soc. 2007. Vol. 54. No. 11. P. 1458-1465.
22. *Kisil V.V.* Two-dimensional conformal models of space-time and their compactification // J. Math. Phys. 2007. Vol. 48. No. 7. P. 073506-8.
23. *Gromov N.A., Kuratov V. V.* Noncommutative space-time models // Czech. J. Phys. 2005. Vol. 55. No. 11. P. 1421-1426.
24. *Herranz F., Ortega R., Santander M.* Trigonometry of spacetimes: a new self-dual approach to a curvature/signature (in)dependent trigonometry // J. Phys. A. 2000. Vol. 33. No. 24. P. 4525-4551.
25. *Лаврентьев М.А., Шабат Б.В.* Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1973. 416 с.
26. *Kisil V.V.* Erlangen program at large-2 1/2: Induced representations and hypercomplex numbers // arXiv:0909.4464.
27. *Kisil V.V.* Spectrum as the support of functional calculus // Functional analysis and its applications. Amsterdam: Elsevier, 2004. Vol. 197. P. 133-141.
28. *Arov D.Z., Dym H.* J -contractive matrix valued functions and related topics // Encyclopaedia of Mathematics and its Applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. Vol. 116. 588 p.
29. *Taylor M.E.* Noncommutative harmonic analysis. Providence: Amer. Math. Soc., 1986. (Mathematical Surveys and Monographs. Vol. 22).
30. *Mazorchuk V.* Lectures on sl_2 -modules. World Scientific, 2009. 276 p.
31. *Kononenko N.* Projective structures and algebras of their differential invariants // Acta Appl. Math. 2010. Vol. 109. No. 1. P. 87-99.
32. *Kisil V.V.* Erlangen Programme at Large: A brief outline // arXiv:1006.2115.

Статья поступила в редакцию 23.08.2010.

После доработки: 28.11.2010.

УДК 515.164.6

О ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЯХ В $S^3 \times S^3$

А.В. ЖУБР

*Отдел математики Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
avzhubr@gmail.com*

Решается задача классификации двухкомпонентных трехмерных зацеплений в произведении двух трехмерных сфер с точностью до сохраняющего ориентацию диффеоморфизма. Применяемый метод основан на редукции данной задачи к задаче классификации односвязных шестимерных спинорных многообразий, решенной автором ранее.

Ключевые слова: многомерный узел, многомерное зацепление, классификация, диффеоморфизм

A.V. ZHUBR. ON TWO-COMPONENT THREE-DIMENSIONAL LINKS IN $S^3 \times S^3$

Classification of 2-component 3-dimensional links in the product of two 3-spheres up to orientation preserving diffeomorphism is given. The approach is based on the reduction of this problem to classification of simply connected 6-dimensional spin manifolds, the latter problem having been solved by the author earlier.

Key words: high-dimensional knot, high-dimensional link, classification, diffeomorphism

Введение

Все многообразия в настоящей работе предполагаются гладкими. Узлом размерности k в связном многообразии M называется гладкое вложение $f : S^k \rightarrow M$. Узлы $f_1, f_2 : S^k \rightarrow M$ *диффеоморфны*, если существует такой диффеоморфизм $\varphi : M \rightarrow M$ (от которого мы требуем сохранения ориентации в случае ориентируемого M), что $\varphi \circ f_1 = f_2$. Диффеоморфизм узлов — отношение, вообще говоря, более грубое, чем изотопия; эти два отношения очевидным образом совпадают лишь для узлов, покрываемых вложенным шаром $D^n \subset M$, $n = \dim M$ (в частности, это верно для сферических узлов $f : S^k \rightarrow S^n$).

В одной старой статье автора [1] дается классификация 3-мерных узлов в многообразиях вида $M = S^3 \times S^3 \# \dots \# S^3 \times S^3$ с точностью до диффеоморфизма (в частности, статья [1] содержит тем самым “альтернативное” доказательство известного результата Хефлигера [2, 3] о группе 3-мерных узлов в сфере S^6). В настоящей работе подход, использованный в [1], применяется к технически более сложному случаю 2-компонентных 3-мерных зацеплений в многообразии $S^3 \times S^3$, т. е. пар узлов

$$f, g : S^3 \rightarrow S^3 \times S^3$$

с $f(S^3) \cap g(S^3) = \emptyset$. Заметим, что наш подход применим и к общему случаю $M = S^3 \times S^3 \# \dots \# S^3 \times S^3$ (т. е. для произвольного 2-связного замкнутого 6-мерного многообразия M), однако мы ограничиваемся случаем $M = S^3 \times S^3$ из соображений экономии места.

Мы приведем набор инвариантов, определяющих диффеоморфный класс 2-компонентного 3-мер-

ного оснащенного зацепления в $S^3 \times S^3$ и опишем все соотношения между этими инвариантами (теорема 6). Для неоснащенных зацеплений заданного гомологического типа мы выясним, в каких случаях число зацеплений данного типа конечно, и найдем это число (теорема 7). Для удобства читателя мы также приводим сформулированные в аналогичном стиле результаты работы [1] (теоремы 4 и 5).

1. Гомологические типы 3-мерных узлов и зацеплений в многообразии $S^3 \times S^3$

Для каждого узла $f : S^3 \rightarrow S^3 \times S^3$ определен класс гомологий $H(f) = f_*[S^3] \in H_3(S^3 \times S^3)$. Конечно, класс $H(f)$ не является инвариантом узла относительно диффеоморфизма (за исключением случая $H(f) = 0$). Поэтому мы рассмотрим другой инвариант — число $d(f)$, являющееся наибольшим натуральным делителем класса $H(f)$. В аналогичном смысле будет использоваться обозначение $d(x)$ для $x \in H_3(S^3 \times S^3)$. Наконец, примем, что $d(0) = 0$. Будем говорить, для $n \geq 0$, что узел $f : S^3 \rightarrow S^3 \times S^3$ (или класс таких узлов) *имеет тип n* , если $d(f) = n$.

Рассмотрим теперь некоторое зацепление $f, g : S^3 \rightarrow S^3 \times S^3$. Пусть $d(f) = m > 0$ (иначе говоря, $H(f) \neq 0$). Мы можем написать $H(f) = mc$, где $c \in H_3(S^3 \times S^3)$ — *примитивный* класс гомологий, однозначно определенный узлом f (подчеркнем, что именно узлом, а не классом диффеоморфных узлов). Далее, ввиду условия $f(S^3) \cap g(S^3) = \emptyset$, мы имеем $H(f) \cdot H(g) = 0$. Как нетрудно видеть, отсюда следует, что классы $H(f)$ и $H(g)$ линейно зависимы, так что $H(g) = nc$ для некоторого $n \in \mathbb{Z}$. Пара (m, n) , очевидно, является инвариантом относительно диффеоморфизма зацеплений; мы будем говорить, что

зацепление (f, g) имеет тип (m, n) .

Если, с другой стороны, $m = d(f) = 0$ (и, таким образом, узлу f нельзя поставить в соответствие никакого однозначно определенного примитивного класса гомологий c), то в этом случае мы просто полагаем $n = d(g)$.

Итак, любому зацеплению (или классу диффеоморфных зацеплений) $f, g : S^3 \rightarrow S^3 \times S^3$ мы поставили в соответствие его тип — пару целых чисел (m, n) , удовлетворяющую условиям:

$$\begin{cases} m \geq 0, \\ n \geq 0 \text{ при } m = 0. \end{cases} \quad (1)$$

2. Несколько обозначений

Для любых целых чисел a, b , не равных нулю одновременно, мы обозначаем через (a, b) их наибольший общий делитель. Дополнительно примем, что $(0, 0) = 0$; таким образом, равенство $(a, b) = 0$ эквивалентно $a = b = 0$. В аналогичном смысле используются обозначения (a, b, c) и т.д. Следует при этом иметь в виду, что в некоторых случаях (определяемых контекстом) выражение (a, b) может обозначать, как и выше, просто упорядоченную пару.

Для любого натурального d группа классов вычетов $\mathbb{Z}/d$ записывается как $\mathbb{Z}_d$. Иногда нам будет удобно распространять это обозначение и на случай $d = 0$, так что $\mathbb{Z}_0 = \mathbb{Z}/0 = \mathbb{Z}$.

3. Оснащенные узлы и зацепления

Оснащенным k -мерным узлом в n -мерном многообразии M называется пара, состоящая из узла $f : S^k \rightarrow M$ и накрывающего его нормального реперного поля $v : S^k \rightarrow V_{n-k}(\tau M)$; эквивалентным (с точностью до изотопии) образом можно определить оснащенный узел как вложение $\tilde{f} : S^k \times D^{n-k} \rightarrow M$. В том случае, когда многообразие M ориентировано, мы будем предполагать, что оснащение v согласовано с ориентацией, т.е., пользуясь другим языком, что вложение $\tilde{f} : S^k \times D^{n-k} \rightarrow M$ сохраняет ориентацию (где $S^k \times D^{n-k}$ снабжено стандартной ориентацией произведения). Аналогичным образом определяют и оснащенные зацепления.

Под *гомологическим типом* оснащенного узла или оснащенного 2-компонентного зацепления мы понимаем то же самое, что и в неоснащенном случае — неотрицательное целое число или, соответственно, пару целых чисел, удовлетворяющую условиям (1).

4. Теоремы редукции

Пусть $f : S^k \times D^{n-k} \rightarrow M$ — оснащенный узел. Мы обозначаем многообразие

$$M \setminus f(S^k \times \text{int } D^{n-k}) \cup D^{k+1} \times S^{n-k-1}$$

— результат сферической перестройки многообразия M по вложению f — как $\chi(M, f)$. Совершенно аналогично, для любого оснащенного зацепления $f, g : S^k \times D^{n-k} \rightarrow M$ через $\chi(M, f, g)$ обозначается результат “двойной” перестройки по паре вложений (f, g) (или, если угодно, это результат последовательного выполнения двух перестро-

ек, т.е. $\chi(\chi(M, f), g)$). Вообще, для s -компонентного зацепления $f_1, \dots, f_s : S^k \times D^{n-k} \rightarrow M$ получается многообразие $\chi(M, f_1, \dots, f_s)$.

Заметим теперь, что в многообразии $\tilde{M} = \chi(M, f)$ имеется, в свою очередь, оснащенный узел $\tilde{f} : S^{n-k-1} \times D^{k+1} \rightarrow \tilde{M}$, образованный сужением отображения f на сферу $* \times S^{n-k-1} \subset S^k \times D^{n-k}$, взятую с ее стандартным оснащением. Точно так же для s -компонентного зацепления

$$f_1, \dots, f_s : S^k \times D^{n-k} \rightarrow M$$

в многообразии $\tilde{M} = \chi(M, f_1, \dots, f_s)$ стандартным образом возникает зацепление

$$\tilde{f}_1, \dots, \tilde{f}_s : S^{n-k-1} \times D^{k+1} \rightarrow \tilde{M}.$$

В дальнейшем нам будет полезно “включить” возникающие таким образом узлы или зацепления в результат операции χ , в соответствии с чем мы будем позволять такие выражения, как $\chi(M, f) = (\tilde{M}, \tilde{f})$ или $\chi(M, f, g) = (\tilde{M}, \tilde{f}, \tilde{g})$ и т.д.

Ясно, что если оснащенные узлы (M, f) и (M, f') диффеоморфны, то и соответствующие “дуальные” узлы $\chi(M, f)$ и $\chi(M, f')$ также диффеоморфны (собственно говоря, многообразие $\chi(M, f)$ изначально определено лишь с точностью до диффеоморфизма); то же относится и к зацеплениям. Применяя ту же самую конструкцию перестройки к узлу $\chi(M, f)$ (или зацеплению $\chi(M, f_1, \dots, f_s)$), мы, как нетрудно видеть, вернемся, с точностью до диффеоморфизма, к исходному узлу (или, соответственно, зацеплению). Таким образом, можно сказать, что операция χ — это инволюция на множестве классов диффеоморфных узлов и зацеплений.

Все вышеизложенное хорошо известно и вполне тривиально, и представляет собой не более чем соглашение об обозначениях. Этому, однако, можно придать более содержательную форму, если перейти к интересующему нас случаю: $(k, n) = (3, 6)$ и многообразие M односвязно. В этом случае “дуальные” объекты — это 2-мерные оснащенные узлы и зацепления в односвязных 6-мерных многообразиях, что сводится просто к классам гомологий. В самом деле, всякий класс гомологий $a \in H_2(\tilde{M})$ определяет, однозначно с точностью до изотопии, вложение $\tilde{f} : S^2 \rightarrow \tilde{M}$, причем если $\langle w_2(M_1), a \rangle = 0$, то вложенная сфера $f_1(S^2)$ обладает нормальным оснащением, а ввиду $\pi_2(\text{SO}) = 0$ это оснащение гомотопически единственно. Имея в виду сказанное, мы будем далее записывать $\chi(M, f)$ как $(\tilde{M}, a)$ и $\chi(M, f_1, \dots, f_s)$ как $(\tilde{M}, a_1, \dots, a_s)$, где a и a_i — элементы группы $H_2(\tilde{M})$, аннулирующие класс Штифеля-Уитни $w_2(\tilde{M})$.

Все это и является основой метода, используемого как в [1], так и в настоящей работе. Это позволяет свести проблему классификации узлов и зацеплений в односвязном замкнутом 6-мерном многообразии к проблеме классификации многообразий этого же типа, снабженных дополнительной структурой в виде одного или нескольких отмеченных двумерных классов гомологий — проблеме, принципиально решенной в работах [4, 5]. При этом дополнительная задача, которую приходится решать — это описание “области значений” данной редукции,

т.е. класса объектов вида $\chi(M, f_1, \dots, f_s)$, соответствующих всем узлам/зацеплениям в заданном многообразии M . Соответствующие результаты для случая узлов и 2-компонентных зацеплений в многообразии $S^3 \times S^3$ приведены ниже.

Теорема 1. Отображение

$$\chi : (f : S^3 \times D^3 \rightarrow S^3 \times S^3) \mapsto (\tilde{M}, a)$$

устанавливает для каждого $d \geq 0$ взаимно однозначное соответствие между множеством классов диффеоморфных 3-мерных оснащенных узлов типа d в многообразии $S^3 \times S^3$ и множеством классов диффеоморфных пар $(\tilde{M}, a)$, удовлетворяющих следующему набору условий: (а) $\tilde{M}$ — замкнутое односвязное 6-мерное спинорное многообразие; (б) группа $H_2(\tilde{M})$ изоморфна группе $\mathbb{Z}_d$ при $d \neq 0$ и $\mathbb{Z}$ при $d = 0$; (в) группа $H_3(\tilde{M})$ изоморфна группе $\mathbb{Z}_d$ при $d \neq 0$ и $\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}$ при $d = 0$; (г) класс гомологий a — образующая группы $H_2(\tilde{M})$.

Теорема 2. Отображение

$$\chi : (f, g : S^3 \times D^3 \rightarrow S^3 \times S^3) \mapsto (\tilde{M}, a, b)$$

устанавливает для каждой пары целых чисел (m, n) , удовлетворяющих условиям (1), взаимно однозначное соответствие между множеством классов диффеоморфных 3-мерных оснащенных зацеплений типа (m, n) в многообразии $S^3 \times S^3$ и множеством классов диффеоморфных троек $(\tilde{M}, a, b)$, удовлетворяющих следующему набору условий: (а) $\tilde{M}$ — замкнутое односвязное 6-мерное спинорное многообразие; (б) группа $H_2(\tilde{M})$ изоморфна группе $\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d$ с $d = (m, n)$; (в) группа $H_3(\tilde{M})$ изоморфна группе $\mathbb{Z}_d$ при $d \neq 0$ и $\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}$ при $d = 0$; (г) классы гомологий a, b — набор образующих группы $H_2(\tilde{M})$, удовлетворяющий соотношению $ma + nb = 0$.

5. Несколько замечаний

Теорема 1, сама по себе более или менее очевидная, является основой работы [1], хотя приведенной выше формулировке там нет. Следует заметить, что связь между классификацией 3-мерных узлов в 6-мерных многообразиях и классификацией самих 6-мерных многообразий, о которой говорилось выше, была впервые использована Уоллом в работе [6], правда, в прямо противоположном направлении — чтобы получить классификацию односвязных замкнутых 6-мерных спинорных многообразий со свободными гомологиями как следствие результатов Хефлигера о 3-мерных узлах и зацеплениях в 6-мерной сфере. В работе [4] эта же классификация получается другим способом, независимым от результатов Хефлигера, что дает, в качестве части результатов работы [1], “альтернативный” способ вычисления группы Хефлигера 3-мерных узлов в S^6 .

Что же касается менее тривиальной теоремы 2, то ее доказательство приводится ниже.

6. Доказательство теоремы 2

Это доказательство естественным образом распадается на две части: вначале мы покажем, что для любого зацепления $f, g : S^3 \times D^3 \rightarrow S^3 \times S^3$ тройка $(\tilde{M}, a, b) = \chi(S^3 \times S^3, f, g)$ удовлетворяет приве-

денным в формулировке теоремы условиям; затем убедимся, что, обратно, любая такая тройка получается указанным образом из некоторого зацепления в $S^3 \times S^3$, имеющего нужный тип.

1. Пусть $f, g : S^3 \times D^3 \rightarrow S^3 \times S^3$ — оснащенное зацепление типа (m, n) . Тогда, как было отмечено выше, мы имеем соотношения $[f(S^3)] = mc$, $[g(S^3)] = nc$, где $c \in H_3(S^3 \times S^3)$ — некоторый примитивный класс гомологий. Если c' — сопряженный класс гомологий (т.е. удовлетворяющий условию $c \cdot c' = 1$), то тогда (c, c') — базис группы $H_3(S^3 \times S^3)$, и для этого базиса имеют место равенства

$$\begin{cases} [f(S^3)] \cdot c = [g(S^3)] \cdot c = 0, \\ [f(S^3)] \cdot c' = m, \\ [g(S^3)] \cdot c' = n. \end{cases} \quad (2)$$

Мы будем обозначать несвязное объединение двух экземпляров сферы S^3 через $2 \cdot S^3$. Обозначим через M_0 многообразие, полученное удалением из $S^3 \times S^3$ внутренности множества $f(S^3 \times D^3) \cup g(S^3 \times D^3)$. Комбинируя точную последовательность пары (M, M_0) , вырезание и изоморфизм Тома, мы получаем точную последовательность

$$0 \rightarrow H_3(M_0) \xrightarrow{i_*} H_3(M) \xrightarrow{j_*} H_0(2 \cdot S^3) \xrightarrow{\partial} H_2(M_0) \rightarrow 0. \quad (3)$$

В этой последовательности гомоморфизм j_* интерпретируется как пересечение с трехмерным подмногообразием $f(S^3) \cup g(S^3) \subset S^3 \times S^3$:

$$j_*(t) = ([f(S^3)] \cdot t, [g(S^3)] \cdot t) = (mc \cdot t, nc \cdot t). \quad (4)$$

Что же касается граничного гомоморфизма ∂ , то этот гомоморфизм переводит стандартные образующие группы $H_0(2 \cdot S^3) = \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}$ в классы $a_0, b_0 \in H_2(M_0)$, представленные 2-мерными сферами, стандартным образом зацепленными с $f(S^3)$ и $g(S^3)$ (так что при стандартном вложении $M_0 \rightarrow M$ эти классы, переходят, соответственно, в a, b).

Из точной последовательности (3) и соотношений (2) и (4) теперь немедленно следует:

$$H_2(M_0) \approx \text{Coker } j_* \approx \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d,$$

(с образующими a_0 и b_0) и

$$H_3(M_0) \approx \text{Ker}(j_*) = \begin{cases} \mathbb{Z} & \text{при } d \neq 0, \\ \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z} & \text{при } d = 0. \end{cases}$$

Наконец, многообразие $\tilde{M}$ получается из M_0 , в гомотопическом смысле, приклеиванием к M_0 двух 4-мерных и двух 6-мерных клеток; таким образом, мы имеем

$$H_2(\tilde{M}) = H_2(M_0)$$

и

$$H_3(\tilde{M}) = H_3(M_0) / \langle mc, nc \rangle$$

(при естественных отождествлениях), что и доказывает первую часть теоремы.

2. Предположим теперь, что, наоборот, имеем многообразие $\tilde{M}$ и классы гомологий $a, b \in H_2(\tilde{M})$, удовлетворяющие условиям теоремы 2. Реализовав классы a, b вложенными 2-мерными сферами и проведя перестройки, “убивающие” порожденную ими группу $H_2(\tilde{M})$, мы получим 2-связное многообразие

$M = \chi(\tilde{M}, a, b)$, вместе с оснащением зацеплением $f, g : S^3 \times D^3 \rightarrow M$.

Как легко видеть, группа $H_3(M)$ оказывается во всех случаях изоморфной $\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}$. Согласно результату Смейла [7], отсюда следует диффеоморфизм $M \approx S^3 \times S^3$.

Пусть теперь полученное так зацепление (f, g) имеет тип (m', n') . Как отмечалось выше, операция χ инволютивна; применив ее к тройке $(S^3 \times S^3, f, g)$, мы вернемся к многообразию $\tilde{M}$ и классам a, b , с которых начали. Тогда оказывается, в соответствии с первой частью теоремы, что эти классы удовлетворяют соотношению $m'a + n'b = 0$. Но классы a, b порождают (в рациональном смысле) одномерное пространство, откуда следует, что множество соотношений между ними также одномерно. Попросту говоря, пары (m, n) и (m', n') должны быть друг другу пропорциональны. Кроме того, ввиду $(m', n') = (m, n) = d$ область допустимых значений коэффициента пропорциональности сужается до ± 1 и, наконец, ввиду (1) мы получаем $(m', n') = (m, n)$.

7. Классификация 6-мерных спинорных многообразий

Как показано в работе [4], замкнутое односвязное 6-мерное спинорное многообразие M определяется, с точностью до сохраняющего ориентацию диффеоморфизма, группой $G = H_2(M)$, числом Бетти $b_3(M)$, и двумя классами гомологий $\gamma(M) \in G$ и $\mu(M) \in H_6(G, 2)$, где $G = H_2(M)$ (в работе [4] класс γ обозначался через p). Смысл инварианта μ очень простой — это образ фундаментального класса $[M]$ под действием канонического отображения (точнее, гомотопического класса отображений) $M \rightarrow K(H_2(M), 2)$. Что касается инварианта γ , то он связан с 4-мерным классом Понтрягина p_1 соотношением

$$4\gamma(M) = Dp_1(M), \quad (5)$$

где $D : H^4(M) \rightarrow H_2(M)$ — двойственность Пуанкаре; построение инварианта γ , при наличии в группе $H_2(M)$ 2-кручений, существенно нетривиально (см. [4, 5, 8]). Основным результатом работы [4] — теореме 1 — можно сформулировать следующим образом:

Теорема 3. (а) Изоморфизм $\varphi : H_2(M) \rightarrow H_2(M')$ тогда и только тогда индуцируется диффеоморфизмом $M \rightarrow M'$, когда $b_3(M) = b_3(M')$ и φ переводит классы $\gamma(M), \mu(M)$ соответственно в $\gamma(M'), \mu(M')$.

(б) Область значений инвариантов γ и μ задается соотношениями

$$\langle x, \gamma \rangle = \langle x^3, \mu \rangle \quad \text{для всех } x \in H^2(G, 2; \mathbb{Z}_6), \quad (6)$$

$$\langle x^2 y + xy^2, \mu \rangle = 0 \quad \text{для всех } x, y \in H^2(G, 2; \mathbb{Z}_2). \quad (7)$$

8. Свойство аддитивности инвариантов γ и μ

Мы приведем формулировку свойства аддитивности в простейшем варианте, который нам и понадобится в дальнейшем.

Пусть G — абелева группа. Для любого элемента $a \in G$ мы имеем гомоморфизм $\varphi : \mathbb{Z} \rightarrow G$, переводящий 1 в a . Соответствующий индуцированный гомоморфизм $\varphi_* : H_6(\mathbb{Z}, 2) \rightarrow H_6(G, 2)$ переводит стандартную образующую группы $H_6(\mathbb{Z}, 2) = \mathbb{Z}$

в некоторый элемент группы $H_6(G, 2)$, который мы обозначаем через $a^{(3)}$. Вычисление элемента $a^{(3)}$ в конкретных примерах не представляет никакой проблемы — для этого достаточно рассмотреть всевозможные “детектирующие” классы когомологий $x \in H_6(G, 2; \mathbb{Z}_d)$ и их прообразы в $H_6(\mathbb{Z}, 2; \mathbb{Z}_d)$ (см. ниже раздел о классификации неоснащенных зацеплений).

Пусть теперь M и M_0 — замкнутые односвязные 6-мерные спинорные многообразия, причем группа $H_2(M_0)$ — бесконечная циклическая. Нам будет удобно считать, что фиксирована образующая группы $H_2(M_0)$, так что $H_2(M_0)$ отождествляется с $\mathbb{Z}$. Пусть задан некоторый класс гомологий $a \in H_2(M)$. Представим класс a и фиксированную образующую группы $H_2(M_0)$ вложенными 2-мерными сферами и построим “связную сумму” многообразий M и M_0 вдоль этих сфер (т.е. вырежем из данных многообразий внутренности трубчатых окрестностей сфер и отождествим края этих окрестностей). Результат этой операции мы будем обозначать через $M \#_a M_0$. Как легко видеть, группы $H_2(M)$ и $H_2(M \#_a M_0)$ канонически изоморфны.

Следующая лемма непосредственно вытекает из интерпретации инвариантов γ и μ как гомоморфизмов, определенных на некоторой группе бордизмов [4, теорема 5].

Лемма 1. Имеют место равенства

$$\gamma(M \#_a M_0) = \gamma(M) + a \cdot \gamma(M_0),$$

$$\mu(M \#_a M_0) = \mu(M) + a^{(3)} \cdot \mu(M_0).$$

Поясним, что $\gamma(M_0)$ и $\mu(M_0)$ здесь рассматриваются как целые числа.

9. Классификация узлов в $S^3 \times S^3$

Как известно, группа гомологий $H_6(\mathbb{Z}, 2)$ — бесконечная циклическая, и изоморфизм $H_6(\mathbb{Z}, 2) \rightarrow \mathbb{Z}$ дается формулой $\mu \mapsto \langle x^3, \mu \rangle$, где x — какая-либо образующая группы $H^2(\mathbb{Z}, 2) = \mathbb{Z}$. Мы говорим, что x^3 — “детектирующий” класс.

Аналогично, хотя и несколько более сложным образом, устроена группа $H_6(\mathbb{Z}_d, 2)$. Эта группа — циклическая порядка $d \cdot (3, d)$ (см. [8, §1.1]). В качестве “детектирующего” класса когомологий нужно взять $\mathcal{P}_3(x)$, где x — какая-либо образующая группы $H^2(\mathbb{Z}_d, 2; \mathbb{Z}_d) = \mathbb{Z}_d$, а $\mathcal{P}_3 : H^2(X; \mathbb{Z}_d) \rightarrow H^6(X; \mathbb{Z}_{d \cdot (3, d)})$ — нестабильная когомологическая операция “куб Понтрягина” (по модулю d совпадающая с $x \mapsto x^3$) [9].

Нам будет удобнее в дальнейшем объединить эти два случая, $d = 0$ и $d > 0$, положив $\mathcal{P}_3(x) = x^3$ для $x \in H^2(X)$ (т.е. распространить таким способом операцию $\mathcal{P}_3$ на случай когомологий с целыми коэффициентами).

Всякому оснащеному узлу

$$f : S^3 \times D^3 \rightarrow S^3 \times S^3$$

типа d отвечает, согласно теореме 1, многообразие $\tilde{M}$ и образующая a группы $H_2(\tilde{M}) \approx \mathbb{Z}/d$. Обозначив через x “сопряженную к a ” образующую группы $H^2(\tilde{M}; \mathbb{Z}/d)$ (заданную соотношением $\langle x, a \rangle = 1$), мы

определяем два инварианта $\gamma(f) = \langle x, \gamma(\tilde{M}) \rangle$ и $\mu(f) = \langle \mathcal{P}_3(x), \mu(\tilde{M}) \rangle$. Согласно этому определению,

$$\begin{cases} (\gamma(f), \mu(f)) \in \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z} & \text{при } d = 0, \\ (\gamma(f), \mu(f)) \in \mathbb{Z}_d \oplus \mathbb{Z}_{d \cdot (3,d)} & \text{при } d > 0. \end{cases} \quad (8)$$

Соотношение (6) принимает здесь вид

$$\gamma(f) \equiv \mu(f) \pmod{6}, \quad (9)$$

а соотношение (7) оказывается пустым.

В соответствии с частью (а) теоремы 3, пара $(\tilde{M}, a)$, а вместе с ней и оснащенный узел f , определяется однозначно с точностью до диффеоморфизма парой $(\gamma(f), \mu(f))$ (целых чисел или классов вычетов). Это и дает первый основной результат работы [1] — теорему классификации оснащенных узлов:

Теорема 4. *Множество классов диффеоморфных оснащенных трехмерных узлов в $S^3 \times S^3$ типа d находится во взаимно однозначном соответствии с множеством пар (γ, μ) вида (8), удовлетворяющих сравнению (9). В частности, число классов узлов бесконечно при $d = 0$ и равно $d^2/(2, d)$ при $d > 0$.*

Чтобы получить отсюда классификацию обычных (неоснащенных) узлов, нужно изучить действие замены оснащения на инварианты. Соответствующая задача будет подробно рассмотрена ниже для зацеплений, здесь же мы только приведем ответ. Оказывается, что при произвольном изменении оснащения инварианты оснащенного узла изменяются по формуле

$$(\gamma, \mu) \mapsto (\gamma + k, \mu + k),$$

так что разность $\gamma(f) - \mu(f) \in \mathbb{Z}/d$ не зависит от оснащения и, следовательно, представляет собой инвариант неоснащенного узла. Мы получаем второй основной результат работы [1] — теорему классификации для неоснащенных узлов:

Теорема 5. *Множество классов диффеоморфных трехмерных узлов в $S^3 \times S^3$ типа d находится во взаимно однозначном соответствии с множеством всех элементов γ группы $\mathbb{Z}/d$, удовлетворяющих соотношению $\gamma \equiv 0 \pmod{6}$. В частности, число классов узлов бесконечно при $d = 0$ и равно $d/(6, d)$ при $d > 0$.*

10. Классификация оснащенных зацеплений в $S^3 \times S^3$

Мы будем пользоваться обозначениями теоремы 2, в частности, будем использовать символ d как сокращение для (m, n) .

Чтобы сформулировать ниже результат вычисления группы $H_6(\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d, 2)$, интерпретируем проекции $\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d \rightarrow \mathbb{Z}$ и $\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d \rightarrow \mathbb{Z}_d$ как классы когомологий $x \in H^2(\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d, 2)$ и $y \in H^2(\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d, 2; \mathbb{Z}_d)$, соответственно. Через $\mathcal{P}$ обозначается нестабильная когомологическая операция “квадрат Понтрягина”

$$H^2(X; \mathbb{Z}_d) \rightarrow H^4(X; \mathbb{Z}_{d \cdot (2,d)})$$

(совпадающая с обычным квадратом при нечетных d и при $d = 0$).

Следующая лемма легко получается посредством формулы Кюннета из известных результатов

о гомологиях циклических групп ([10, теорема 10.4], см. также [8, §1.1]).

Лемма 2. *Группа $H_6(\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d, 2)$ изоморфна следующей прямой сумме циклических групп:*

$$\mathbb{Z}\{x^3\} \oplus \mathbb{Z}_d\{x^2y\} \oplus \mathbb{Z}_{d \cdot (2,d)}\{x\mathcal{P}(y)\} \oplus \mathbb{Z}_{d \cdot (3,d)}\{\mathcal{P}_3(y)\}$$

(рядом с каждой группой в фигурных скобках указан “детектирующий” класс когомологий, задающий соответствующую проекцию).

Пусть снова $\tilde{M}, a, b$ — как в теореме 2. В случае $mn \neq 0$ мы положим $m_2 = m/d$ и $n_2 = n/d$ (так что m_2 и n_2 взаимно просты) и определим числа m_1, n_1 условиями $\det \begin{pmatrix} m_1 & n_1 \\ m_2 & n_2 \end{pmatrix} = 1$ и $0 \leq m_1 < m_2$; если же одно из чисел m, n равно нулю, то мы просто положим $\begin{pmatrix} m_1 & n_1 \\ m_2 & n_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$. Как нетрудно убедиться, классы $\alpha = m_1a + n_1b$ и $\beta = m_2a + n_2b$ порождают группу $H_2(\tilde{M})$, причем во всех случаях $\langle \alpha \rangle \approx \mathbb{Z}$ и $\langle \beta \rangle \approx \mathbb{Z}_d$. Определим теперь классы $x \in H^2(\tilde{M})$ и $y \in H^2(\tilde{M}; \mathbb{Z}_d)$ как “сопряженные” с α и β :

$$\begin{aligned} \langle x, \alpha \rangle &= 1, \langle x, \beta \rangle = 0, \\ \langle y, \alpha \rangle &= 0, \langle y, \beta \rangle = 1. \end{aligned}$$

Ясно, что классы x, y однозначно определены зацеплением (f, g) и дают, как выше, проекции группы $H_2(\tilde{M}) \approx \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d$ на соответствующие прямые слагаемые.

Мы определяем, для всякого оснащенного зацепления (f, g) , следующий набор инвариантов (целых чисел или классов вычетов):

$$\begin{aligned} \gamma_0(f, g) &= \langle x, \gamma(\tilde{M}) \rangle \in \mathbb{Z}, \\ \gamma_1(f, g) &= \langle y, \gamma(\tilde{M}) \rangle \in \mathbb{Z}_d, \\ \mu_0(f, g) &= \langle x^3, \mu(\tilde{M}) \rangle \in \mathbb{Z}, \\ \mu_1(f, g) &= \langle x^2y, \mu(\tilde{M}) \rangle \in \mathbb{Z}_d, \\ \mu_2(f, g) &= \langle x\mathcal{P}(y), \mu(\tilde{M}) \rangle \in \mathbb{Z}_{d \cdot (2,d)}, \\ \mu_3(f, g) &= \langle \mathcal{P}_3(y), \mu(\tilde{M}) \rangle \in \mathbb{Z}_{d \cdot (3,d)}. \end{aligned}$$

Соотношение (6) в этих обозначениях превращается в пару сравнений

$$\begin{cases} \gamma_0 \equiv \mu_0 \pmod{6}, \\ \gamma_1 \equiv \mu_3 \pmod{6}, \end{cases} \quad (10)$$

а соотношение (7) — в сравнение

$$\mu_1 \equiv \mu_2 \pmod{2}. \quad (11)$$

Таким образом, мы имеем один из двух основных результатов данной работы:

Теорема 6. *Множество классов диффеоморфных 2-компонентных трехмерных оснащенных зацеплений в $S^3 \times S^3$ типа (m, n) находится во взаимно однозначном соответствии с множеством наборов*

$$(\gamma_0, \gamma_1, \mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3) \in \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d \oplus \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d \oplus \mathbb{Z}_{d \cdot (2,d)} \oplus \mathbb{Z}_{d \cdot (3,d)}$$

с $d = (m, n)$, удовлетворяющих сравнениям (10) и (11).

Заметим, что число классов зацеплений, в отличие от случая узлов, бесконечно при всех m, n .

11. Классификация неоснащенных зацеплений в $S^3 \times S^3$

Мы должны опять проследить, как замена оснащения влияет на инварианты оснащенного зацепления, что требует некоторой подготовки.

Лемма 3. Для любого элемента (p, q) группы $\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d$ соответствующий элемент $(p, q)^{(3)}$ группы $H_6(\mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d, 2) = \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_d \oplus \mathbb{Z}_{d \cdot (2, d)} \oplus \mathbb{Z}_{d \cdot (3, d)}$ имеет вид (p^3, p^2q, pq^2, q^3) .

Доказательство представляет собой прямую проверку. Заметим, что, хотя q здесь определено лишь по модулю d , тем не менее q^2 и q^3 определены, соответственно, по модулям $d \cdot (2, d)$ и $d \cdot (3, d)$.

Пусть $r_k : S^3 \times D^3 \rightarrow S^6$ — оснащенный узел в 6-мерной сфере, представляющий собой стандартно вложенную сферу с оснащением, соответствующим k -кратной образующей группы $\pi_3 \text{SO}(3) = \mathbb{Z}$. Пусть многообразие $R_k = \chi(S^6, r_k)$ — результат соответствующей перестройки. Как нетрудно видеть, группа $H_2(R_k)$ — свободная циклическая, а ее стандартной образующей является класс $[r_k(* \times S^2)]$. Инварианты (γ, μ) принимают здесь значения $\gamma(R_k) = \mu(R_k) = k$ (с точностью до обозначений, это два последних равенства в формулировке теоремы 4 работы [6]).

Следующее утверждение более или менее геометрически очевидно.

Лемма 4. Пусть $f, g, \dots : S^3 \times D^3 \rightarrow M$ — зацепление в 6-мерном многообразии M , и пусть $\chi(M, f, g, \dots) = (\tilde{M}, a, b, \dots)$ — результат перестройки. Пусть отображение $f' : S^3 \times D^3 \rightarrow M$ получено из f посредством “подкручивания” оснащения на k -кратную образующую группы $\pi_3 \text{SO}(3)$. Тогда многообразие $\chi(M, f', g, \dots)$ диффеоморфно $\tilde{M} \#_a R_k$, причем диффеоморфизм сохраняет классы $a, b, \dots$.

Вернемся теперь к оснащеному зацеплению $f, g : S^3 \times D^3 \rightarrow S^3 \times S^3$ и к обозначениям предыдущего раздела. Разрешив систему уравнений

$$\begin{cases} \alpha = m_1 a + n_1 b \\ \beta = m_2 a + n_2 b \end{cases}$$

относительно a и b , мы получим равенства

$$\begin{aligned} a &= n_2 \alpha - n_1 \beta = (n_2, -n_1), \\ b &= -m_2 \alpha + m_1 \beta = (-m_2, m_1), \end{aligned}$$

откуда в соответствии с леммой 3

$$\begin{aligned} a^{(3)} &= (n_2^3, -n_2^2 n_1, n_2 n_1^2, -n_1^3), \\ b^{(3)} &= (-m_2^3, m_2^2 m_1, -m_2 m_1^2, m_1^3). \end{aligned}$$

Применив к обоим вложениям f, g процедуру “подкрутки” оснащения, в силу лемм 1 и 4 и вышеприведенных равенств получим следующий закон преобразования инвариантов (обозначая соответствующие элементы группы $\pi_3 \text{SO}(3)$, отождествляемые нами с целыми числами, через, соответственно, k и l):

$$\begin{aligned} \gamma_0 &\mapsto \gamma_0 + k n_2 - l m_2; \\ \gamma_1 &\mapsto \gamma_1 - k n_1 + l m_1; \\ \mu_0 &\mapsto \mu_0 + k n_2^3 - l m_2^3; \\ \mu_1 &\mapsto \mu_1 - k n_2^2 n_1 + l m_2^2 m_1; \\ \mu_2 &\mapsto \mu_2 + k n_2 n_1^2 - l m_2 m_1^2; \\ \mu_3 &\mapsto \mu_3 - k n_1^3 + l m_1^3. \end{aligned}$$

Заметим, что в случае $m = 0$ мы имеем (независимо от n) $a = \alpha$ и $b = \beta$, другими словами $m_1 = n_2 = 1$ и $m_2 = n_1 = 0$.

Следующая лемма представляет собой упражнение по элементарной теории чисел:

Лемма 5. Пусть выполнено условие

$$mn(m^2 - n^2) \neq 0.$$

Тогда существует единственный набор оснащений, удовлетворяющий условиям

$$\begin{cases} \gamma_0 = 0; \\ 0 \leq \mu_0 < |m_2 n_2 (m_2^2 - n_2^2)| = \frac{|mn(m^2 - n^2)|}{d^4}. \end{cases}$$

Из этой леммы посредством несложного подсчета вытекает

Теорема 7. Пусть числа m и n таковы, что выполнено условие $mn(m^2 - n^2) \neq 0$. Тогда число (неоснащенных) зацеплений типа (m, n) в многообразии $S^3 \times S^3$ конечно и равно

$$\frac{|mn(m^2 - n^2)|}{6 \cdot (2, m, n)}.$$

Если, с другой стороны, $mn(m^2 - n^2) = 0$, то число зацеплений соответствующего типа бесконечно.

Литература

1. Жубр А.В. Классификация трехмерных узлов в 2-связных шестимерных многообразиях// Записки научн. сем. ЛОМИ, 1976. С. 148-163.
2. Haefliger A. Knotted $(4k - 1)$ -spheres in $6k$ -space// Ann. Math., 1962. P. 452-466.
3. Haefliger A. Differentiable embeddings of S^n in S^{n+q} for $q > 2$ // Ann. Math. (2), 1966. P. 402-436.
4. Жубр А.В. Классификация односвязных шестимерных спинорных многообразий// Изв. АН СССР. Сер. мат., 1975. С. 839-859.
5. Жубр А.В. Замкнутые односвязные шестимерные многообразия: доказательства классификационных теорем// Алгебра и анализ, 2000. С. 126-230.
6. Wall C.T.C. On certain 6-manifolds// Inv. Math., 1966. P. 355-374.
7. Smale S. On the structure of 5-manifolds// Ann. Math., 1962. P. 38-46.
8. Жубр А.В. Топология односвязных 6-мерных многообразий. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН, 2008. 156 с.
9. Thomas E. A generalization of the Pontrjagin square cohomology operation// Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1956. Vol. 42. P. 266-269.
10. Мэй Дж.П. Общий алгебраический подход к операциям Стиррода// Н. Стиррод, Д. Эпштейн. Когомологические операции. М.: Мир, 1983. С. 151-223.

Статья поступила в редакцию 24.12.2010.

УДК 542.61+632.959+636.087.73

ЛЕСОХИМИЯ ДЛЯ ИННОВАЦИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Т.В. ХУРШКАЙНЕН, А.В. КУЧИН

Институт химии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
hurshkainen@chemi.komisc.ru

В основу инновационных разработок положены научные и научно-технологические результаты Института химии Коми научного центра УрО РАН, научно-исследовательских и технологических институтов сельского хозяйства (федеральных, отраслевых и Республики Коми). Применение новой технологии переработки растительного сырья позволит организовать производство продукции для растениеводства и животноводства на основе отходов лесозаготовок.

Ключевые слова: древесная зелень, регулятор роста растений, кормовая добавка, фунгицид

T.V. HURSHKAINEN, A.V. KUCHIN. WOODCHEMISTRY FOR INNOVATION IN AGRICULTURE

Scientific and scientific-technological results of the Institute of Chemistry, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, research and technological institutes of agriculture (federal, branch and the Republic of Komi) are taken as principle innovative elaborations. Application of new technology of vegetative raw materials processing will allow organize production for plant growing and livestock-farming on the basis of waste of timber cuttings.

Key words: wood greenery, growth regulator, feed additives, fungicide

Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и технологии природных соединений представляют научную основу комплексной переработки возобновляемого растительного сырья, запасы которого в Республике Коми необычайно велики и при разумном использовании могут стать неисчерпаемым источником производства биологически активных препаратов. В решении актуальной задачи рационального и экономного использования лесных ресурсов можно выделить несколько направлений: вовлечение в хозяйственный оборот древесных отходов; разработка новых технологий переработки отходов лесозаготовительных предприятий; развитие перерабатывающих производств в районах основных лесозаготовок; организация производства сопутствующей продукции; повышение технико-экономической эффективности основных производств и решение экологических проблем.

Продукция лесохимической промышленности востребована в различных сферах народного хозяйства. Для глубокой переработки древесины необходима база в виде инновационных научных разработок. Основное направление развития отрасли в мире – “зеленая” и “белая” лесохимия – это экологически чистые продукты, получаемые на основе экстрактивных веществ.

Компоненты экстрактивных веществ древесной зелени хвойных пород обладают высокой фи-

зиологической активностью и могут быть использованы в сельском хозяйстве в качестве ростстимулирующих и фунгицидных препаратов для растений, кормовых добавок для животных. Промышленное выделение экстрактивных веществ в настоящее время проводится органическими растворителями – бензином, метилтретбутиловым эфиром, этилацетатом и др. Этот способ имеет много недостатков: использование пожароопасных и токсичных растворителей, многократная обработка высушенного сырья при повышенных температурах с невысоким выходом экстрактивных веществ.

Одним из направлений инновационной деятельности Института химии Коми НЦ УрО РАН является создание технологии переработки растительного сырья новым, не имеющим аналогов, экологически безопасным эмульсионным способом без применения органических растворителей [1]. Способ заключается в обработке измельченного сырья водными растворами оснований. В процессе обработки происходит образование водорастворимых солей смоляных и высших жирных кислот, содержащихся в сырье. Соли смоляных кислот являются поверхностно-активными веществами, а соли высших жирных кислот относятся к мицеллообразующим липидам, и в процессе массообмена с участием поверхностно-активных веществ и мицелл в реакционной смеси образуется эмульсия

«масло в воде», т.е. выделение экстрактивных веществ из сырья происходит в результате экстракции эмульсией [2].

Экстрактивные вещества, выделенные эмульсионным способом из древесной зелени пихты и ели, исследованы физико-химическими методами анализа. В состав экстрактов входят соединения, обладающие широким спектром биологической активности.

Это монотерпеноиды (рис.1), компоненты эфирных масел, обладающие бактерицидной активностью. Содержание борнеола в эмульсионном экстракте пихты составляет до 1 % от веса исходного сырья.

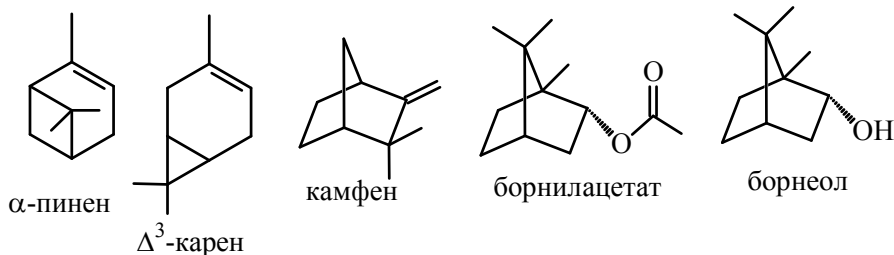


Рис. 1. Монотерпеноиды хвойных растений.

Ценным компонентом экстрактов являются терпеновые спирты полипренолы (рис.2) – иммуномодулирующие и противовирусные соединения, выход которых из древесной зелени пихты и ели составляет до 0,1 % от веса сырья.

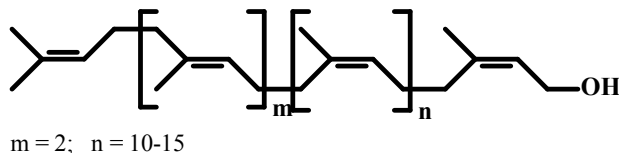


Рис. 2. Полипренолы хвойных растений.

Из группы кислот высокой биологической активностью обладают жирные кислоты (рис. 3). Из древесной зелени ели их выделяется до 1,5 % от веса исходного сырья. Они обладают антиоксидантным действием, играют большую роль в поддержании жизнедеятельности клеток.

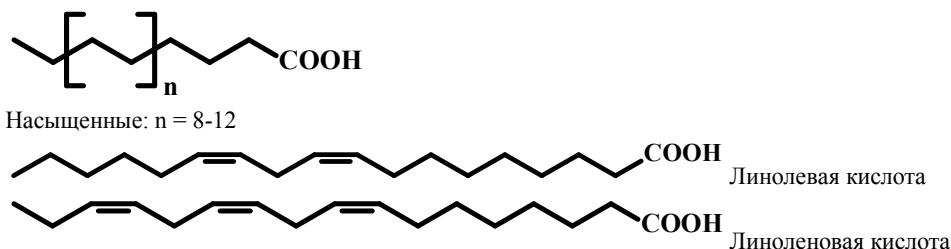


Рис. 3. Жирные кислоты хвойных растений.

Исследования эмульсионного способа выделения биологически активных веществ из растительного сырья явились основой создания комплексной технологии переработки хвойной древесной зелени [3]. На основе эмульсионного экстракта

древесной зелени пихты получен *регулятор роста растений* Вэрва (в переводе с коми языка «Природа» или «Лесная вода») [4]. Природные соединения, входящие в состав препарата, повышают устойчивость растений к экстремальным воздействиям окружающей среды. Действующим веществом препарата являются тритерпеновые кислоты ланостановой структуры (рис.4), которых нет в других хвойных древесных породах [5]. Тритерпеновые кислоты способствуют активизации биологических и биоиммунных процессов в растениях. Минорные компоненты, такие как монотерпеноиды, полипренолы, жирные кислоты, флавоноиды, содержащиеся в препарате, обуславливают его фунгицидную активность.

Влияние препарата Вэрва на сельскохозяйственные культуры

Многолетние исследования показали стимулирующее действие препарата на рост и развитие растений, повышение всхожести семян

и защиту растений от болезней. В Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Республики Коми (НИИСХ РК) более десяти лет изучается эффективность биопрепарата Вэрва при выращивании овощных культур, сенокосных трав и саженцев ягодных культур [6].

На посадках моркови столовой исследования проводили на сорте Нандрин F₁. Урожайность моркови при обработке препаратом Вэрва составляет до 400 ц/га, в контроле 330 ц/га или на 22 % больше [7]. Использование препарата в период вегетации повышает сохранность корнеплодов (за семь месяцев хранения) до 87,5–92 %. В контроле выход товарной продукции после хранения составляет 57–65 % [8].

Урожайность белокочанной капусты Краутман F₁ при обработке препаратом повышается до 488 ц/га, что превышает этот показатель в контроле на 40 %. Выход стандартной продукции увеличивается на 12 % по сравнению с контролем. По химическому составу капусты наблюдается повышение содержания сахара на 2,2 %, витамина С – на 10%.

Предпосевная обработка семян препаратом повышает всхожесть и энергию прорастания, способствует быстрому формированию корневой системы, что позволяет всходам легко переносить временное ухудшение условий внешней среды. Так, предпосевная обработка семян капусты замачиванием в растворе препарата в течение 12 час. за сутки до посева уменьшает заболеваемость рассады черной ножкой. К моменту высадки в открытый грунт такая

временное ухудшение условий внешней среды. Так, предпосевная обработка семян капусты замачиванием в растворе препарата в течение 12 час. за сутки до посева уменьшает заболеваемость рассады черной ножкой. К моменту высадки в открытый грунт такая

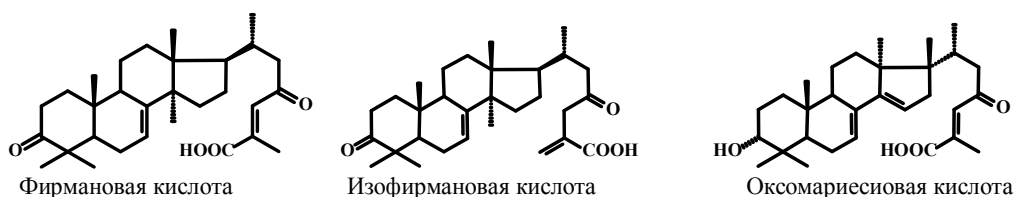


Рис. 4. Тритерпеновые кислоты пихты.

Биологическая эффективность применения препарата в системе защиты растений раннего картофеля по фитофторозу во время вегетации составляет до 67 %, по клубням – до 99,8. Против мак-

рассада имеет лучшие, по сравнению с контролем, показатели (высота растения, ширина стебля, количество листьев) и отличается хорошей приживаемостью [9].

Опрыскивание растений свеклы препаратом Вэрва положительно влияет на облиственность, длину, диаметр и массу корнеплодов. Урожайность обработанных растений увеличивается, по сравнению с контролем, на 140 – 170 ц/га [10].

Препарат Вэрва снижает поражение растений бактериальными и грибными инфекциями – фитофторозом, ложной мучнистой росой, черной бактериальной пятнистостью, корневыми гнилями, а также препятствует накоплению избыточного количества нитратов. Как следствие, такая продукция дольше сохраняет товарность, хорошо хранится.

Испытания препарата Вэрва с 1999 г. на опытных полях НИИСХ РК свидетельствуют о его положительном влиянии на рост и развитие картофеля сорта Детскосельский, его урожайность и химические показатели. Количество клубней под кустом увеличивается на 3 – 12 %, ранняя урожайность – на 13–26 %, общая урожайность – на 16–19 %, содержание крахмала в клубнях повышается на 0,1 – 0,3 % [11].

В течение 2004–2006 гг. в учебном хозяйстве «Миловское» Башкирии проведены исследования по влиянию препарата Вэрва на выращивание раннего картофеля сорта Невский.

Применение препарата увеличивает биологическую урожайность клубней раннего картофеля на 13–52 ц/га или в среднем на 17–20 % в сравнении с контролем. Урожайность в среднем составляет 270 ц/га. Препарат Вэрва обеспечивает более высокую урожайность картофеля, чем применение химических и биологических эталонных препаратов на основе тирама, оксадиксила, поликарбацина, *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, гуминовых веществ, флудиоксонила, карбоксина [12].

На фоне внесения удобрений «Кемира-универсал» Вэрва продемонстрировал в два-три раза более высокую прибавку урожая к контролю, чем без удобрений. Также при внесении «Кемиры» усиливаются фунгицидные свойства препарата (биологическая эффективность против фитофтороза на клубнях 89,2–99,8 % против 78,9 – без удобрений). При использовании стандартных удобрений (навоз + минеральные удобрения) данного явления не отмечено. Это свидетельствует о синергизме препарата Вэрва и хелатных микроудобрений.

ро-спориоза эффективность Вэрва составляет 59–70 %, ризоктониоза – 61–63, парши обыкновенной – 54–70 % на ботве, 67 – на клубнях, что является чрезвычайно высоким уровнем для такой непростой к лечению инфекции. Защитный эффект препарата Вэрва практически не уступает действию синтетических фунгицидов и превосходит все изученные биофунгициды.

Установлено, что защитное действие Вэрва против болезней картофеля обусловлено главным образом предпосевной обработкой клубней, в то время как позитивное влияние на урожайность оказывают в равной мере протравливание и опрыскивание по вегетации.

Включение регулятора роста растений Вэрва в агротехнологию раннего картофеля повышает уровень рентабельности производства свежих клубней на 50–67 % по сравнению с контролем и на 18–29 % – с обработкой синтетическими фунгицидами. В проведенных опытах препарат обеспечивал наивысшую экономическую эффективность из всех изученных химических и биологических эталонов (средняя рентабельность 304 %) [12].

Обработка вегетирующих растений препаратом проводится в начале роста при интенсивном нарастании площади фотосинтетически активной листовой поверхности и в период начала бутонизации. Исследования 2007 г., проведенные на Кубани, показали, что в листьях растений, обработанных препаратом Вэрва, увеличивается содержание хлорофилла, каротиноидов и аскорбиновой кислоты, в результате повышается засухоустойчивость растений.

Погодные условия 2007 г. для всех культур были крайне неблагоприятными. Длительная и устойчивая засуха (с 15 мая до 1 сентября с температурой выше 30 °C) отрицательно сказалась на росте и развитии растений. Но даже в этих условиях проявились ростстимулирующие и антистрессовые свойства препарата Вэрва.

При обработке препаратом сахарной свеклы сорта Орикс на растениях сформировалось большее число листьев – 11,9, в контроле – 10,5. Площадь листьев на опытных растениях, по отношению к контрольным, возросла на 20 %. Последнее указывает на то, что препарат повышает устойчивость растений к температурному и водному стрессам – жаре и засухе. В результате обработок препаратом в опытных вариантах формировались наиболее крупные по длине, диаметру, массе и качеству корнеплоды свеклы. В табл. 1 приведены данные по урожайности и сбору сахара в сравнении с эталонным препаратом Новосил.

Таблица 1

Влияние регулятора роста растений Вэрва на урожайность сахарной свеклы

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю		Содержание сахара, %	Сбор сахара, ц/га
		ц/га	%		
Контроль	132,8	-	-	20,0	26,56
Новосил (эталон)	142,9	10,1	7,6	20,5	29,29
Вэрва	155,5	22,7	17,1	20,6	32,03
НСР ₀₅	4,7	-	-	-	-

При использовании препарата на Кубани в выращивании томатов сорта Ракета сформировалось большее число плодов – 11,4 штук, в контроле – 10,6. Томаты были крупнее и более высокого качества (табл.2). Урожайность растений томатов, обработанных препаратом Вэрва, составила 209 ц/га, в контроле – 172,7, прибавка 21,5 %.

Влияние препаратов пихты на сельскохозяйственных животных

В настоящее время ведутся работы по созданию и организации производства новой продукции – жидкой кормовой добавки Вэрва для птицеводства и животноводства, а также хвойной витаминной муки из переработанной древесной зелени пихты [16]. Древесная зелень является источником биологически активных веществ для сельскохозяйственных животных и птиц, особенно в зимне-весенний период. Небольшие добавки этих соединений в корм способствуют повышению продуктивности скота и птицы.

Испытания жидкой кормовой добавки и ее отдельных фракций в Кировской государственной медицинской академии показали адаптогенный эффект – повышение выносливости, устойчивости к заболеваниям мелких теплокровных животных [17]. В 2007 г. при поддержке Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Коми кор-

Таблица 2

Влияние регулятора роста растений Вэрва на урожайность томатов

Вариант	Число плодов с куста, шт.	Размеры плода			Качество плодов		
		Длина, см	Диаметр, см	Масса, г	Витамин С, мг%	Сахар, %	Сухой остаток, %
Контроль	10,0	5,3	4,4	51,18	35,6	5,0	7,8
Вэрва	11,0	5,6	4,5	62,40	40,9	7,0	8,4
Новосил	11,4	5,5	4,6	60,40	37,0	6,0	8,1
НСР ₀₅	0,4	0,2	0,1	2,12	-	-	-

Препарат успешно применяется и на технических культурах. Так, на Кубани при обработке подсолнечника регулятором роста Вэрва увеличились высота и площадь листьев, что привело к повышению биомассы и сухой массы надземных органов растения. В результате сформировались более крупные (по сравнению с контролем) по диаметру корзинки с большим числом и массой семян. Выход масла с гектара подсолнечника составил 10 ц/га, в контроле – 7,9 [13].

Исследования, проведенные Московской сельскохозяйственной академией им. К.А.Тимирязева, показали, что применение препарата Вэрва при выращивании льна-долгунца позволяет повысить урожайность семян на 2-4 ц/га и льносолумы на 9-13 ц/га, увеличить содержание волокнистых фракций на 1,7-2,3 ц/га и улучшить качество льноволокна [14].

При предпосевной обработке зерновых культур препаратом отмечено повышение всхожести и энергии прорастания семян [15]. Применение Вэрва в условиях Кировской области на растениях пшеницы яровой эффективно стимулировало рост растений, прибавка урожая составила 3,2 ц/га. Биологическая эффективность препарата против корневых гнилей в период кущения – 73,5 %.

мывые добавки исследовались во Всероссийском научно-технологическом институте птицеводства. Для определения эффективности применения препаратов в комбикормах для птицы был поставлен опыт на цыплятах-бройлерах. Использование кормовых добавок позволило повысить среднесуточный прирост живой массы опытной птицы по сравнению с контролем на 4-5 %. Данные по содержанию витаминов в печени цыплят показали положительное влияние кормовых добавок – по содержанию в печени витамина А цыплята превосходили контроль на 36 % (в опытах с хвойной мукой) и на 47 % (в опытах с жидкой кормовой добавкой) [18].

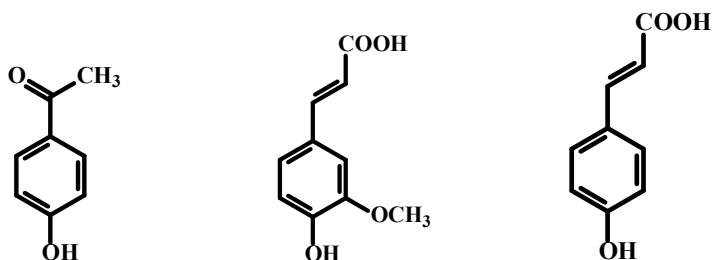
Животноводы НИИСХ РК проведены испытания кормовых добавок пихты на крупном рогатом скоте в сельскохозяйственных предприятиях (СПК) «Корткерос 1» и «Палевицы» с целью изучения зоотехнической эффективности и экономической целесообразности их использования. Исследовались молочная продуктивность, качество молока, показатели воспроизводства коров и оптимальная доза скармливания. Установлено, что введение в рационы дойных коров кормовых добавок пихты повышает суточные удои молока и оказывает положительное влияние на жирномолочность. Иссле-

дованы дозы экстракта от 0,5 мл до 5 мл, хвойной муки – от 100 до 500 г в день на одну голову. Наиболее эффективными оказались дозы 3 мл и 400 г – удои молока с коровы повысились на 5,2-5,4 л в день. В процессе исследований выявлено стимулирующее влияние жидкой кормовой добавки на воспроизводительные качества коров, в частности на продолжительность сервис-периода, длительность которого снижается на 33 дня.

В настоящее время изучается эффективность использования кормовых добавок на базе Выльгортской научно-экспериментальной биологической станции. Опыты, проведенные в весенний период с 15 марта по 1 июня 2010 г., показали повышение удоев молока в среднем на 2 л в день от каждой коровы.

Фунгицидный препарат из ели

Сырьем для получения нового фунгицидного препарата для защиты растений является древесная зелень ели. Действующее вещество препарата – природные фенольные соединения (рис.5), выход основного компонента – парагидроксиацетофенона – составляет до 1% от веса исходного сырья. Фенольные соединения древесной зелени ели по данным исследований Санкт-Петербургской лесотехнической академии проявляют высокую активность по отношению к вирусам, нитчатым и дрожжевым грибам, а также способствуют росту растений. Исследования инсектицидной активности экстрактивных веществ ели показали высокую активность против колорадского жука, яблоневой плодовой и других садовых вредителей. Медико-токсикологические исследования подтвердили, что экстрактивные вещества ели относятся к малоопасным соединениям, не обладают кожно-раздражающим, кумулятивным и сенсибилизирующим действием.



Парагидроксиацетофенон Феруловая кислота Паракумаровая кислота

Рис. 5. Фенольные соединения ели.

Защита сельскохозяйственных культур от болезней остается одной из кардинальных проблем современного растениеводства. В настоящее время доминирующим все еще остается химический метод. Имеющийся ассортимент химических средств защиты растений практически целиком базируется на импортных препаратах.

В защите сельскохозяйственных культур от болезней все большее значение приобретают биологические препараты и иммунорегуляторы, обладающие мягким действием по отношению к растениям и окружающей среде. Хотя по биологичес-

кой эффективности эти препараты уступают синтетическим фунгицидам, однако при определенных условиях их применение наиболее целесообразно. Благодаря усилению естественных защитных механизмов растений, препарат из ели выступает как системный фунгицид широкого спектра действия. В настоящее время проводятся регистрационные испытания нового препарата.

Оценка антимикробного действия препарата ели проведена в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого. Препарат проявил высокую эффективность в отношении бактерий *Arthrobacter simplex*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas cepacia*, *Erwinia raphanistrum* и *Flavobacterium* sp. [19].

Исследования, выполненные во Всероссийском институте защиты растений, показали, что экстракт и отдельные фракции из древесной зелени ели обладают широким спектром антимикробной активности, эффективно подавляют развитие различных патогенов. Установлено также, что экстракт ели отличается инсекто-акарицидной активностью: биологическая эффективность в отношении бобовой тли составляет 84 %, в отношении паутинного клеща – 58 [20].

Оценка экономической эффективности применения новых препаратов в растениеводстве и животноводстве

Производство комплекса перечисленных выше препаратов для сельского хозяйства характеризуется низкой себестоимостью. Гектарная норма применения регулятора роста растений Вэрва составляет от 40 до 200 руб., а экономическая эффективность – от 1500 до 70 тыс. руб. на 1 гектар в зависимости от культуры (табл. 3).

При использовании фунгицидного препарата из ели гектарная норма себестоимости от 120 до 200 руб. в зависимости от культуры. Биологическая эффективность от применения составляет 50-80 %, что по результативности сопоставимо с известными синтетическими препаратами. Расчетная экономическая эффективность препарата ели составит от 10 тыс. руб. и более на 1 гектар.

При использовании жидкой кормовой добавки для выращивания цыплят-бройлеров в условиях ОАО «Птицефабрика Зеленая» на одном птичнике (50 тыс. цыплят) экономическая эффективность составит 300 тыс. руб. (табл. 4). Эффективность рассчитана при ожидаемом приросте цыплят 4% и расходе кормовой добавки 15 л стоимостью 3 тыс. руб. При применении препарата на птицефабрике в течение года дополнительная прибыль составит до 20 млн. руб. при затратах 180 тыс. руб. за 900 л кормовой добавки.

В результате стимуляции молочной продуктивности коров препаратами из пихты, а также сокращения продолжительности сервис-периода в СПК «Палевицы» получена дополнительная про-

Таблица 3

Экономическая эффективность регулятора роста растений Вэрва

Культуры, способ обработки	Норма расхода препарата, л/т (л/га)	Затраты на обработку, руб/га*	Средняя многолетняя прибавка от агроприема, ц/га	Доход за вычетом затрат на обработку, руб/га**
Яровые зерновые, обработка по вегетации	(0,3)	60	2,6	1385,6
Яровые зерновые, обработка семян + обработка по вегетации	0,5 + (0,3)	220	3,0	1448
Картофель, обработка клубней + обработка по вегетации	0,025 + (1,5)	315	37,5	67747,5
Подсолнечник на зерно, обработка по вегетации	(0,8)	160	2	2942
Морковь столовая, обработка семян + обработка по вегетации	0,015 + (1,0)	203	35,3	63548,8
Свекла сахарная, обработка по вегетации	(0,6)	120	34	47717
Капуста белокочанная, обработка по вегетации	(0,4)	120	51	73371

*Цена препарата 200 руб./л

**При расчете использовались цены (руб./кг) реализации с/х продукции на 1 октября 2010 г.: яровые (фураж) – 5,56; капуста – 14,41; картофель – 18,15; подсолнечник на зерно – 15,51; морковь – 18,06; свекла – 14,07; не учитывались затраты на уборку, сушку и хранение дополнительно полученного урожая.

Таблица 4

Экономическая эффективность жидкой кормовой добавки

Показатель	Единица расчета	Значение показателя
Прирост мяса в живом весе	кг	4 096
Стоимость прироста мяса при цене 100 руб./кг	руб.	409 600
Дополнительные затраты на перерасход корма	руб.	97 157
Дополнительная прибыль	руб.	312 443

дукция. За период с 18 января по 10 июня 2010 г. при использовании жидкой добавки прибыль составила 21 777 руб. с каждой коровы и 25 999 руб. при введении в корма хвойной муки.

Продукты из древесной зелени хвойных пород – это продукты с высокой добавленной стоимостью. Общая стоимость получаемой из 1 т сырья новой товарной продукции составит до 300 тыс. руб.

В рамках внедрения инновационных разработок создано ООО «Научно-технологическое предприятие Института химии Коми НЦ УрО РАН». Предприятие разрабатывает технологическую линию по переработке растительного сырья и техническую документацию, приобретает оборудование для производства комплекса препаратов, проводит регистрационные и сертификационные работы для получения готовой товарной продукции. На базе Вильгортской научно-экспериментальной биологической

станции планируется создание производственной площадки по переработке растительного сырья и получению комплекса препаратов для сельского хозяйства.

В результате внедрения новой технологии предполагается создать универсальную высокорентабельную технологическую линию. Производство комплекса дешевых экологически чистых препаратов можно легко организовать даже на делянке в лес-промхозе – сырьем станут отходы от производства древесины, а необходимое для этого оборудование достаточно просто в эксплуатации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Отделения химии и наук о материалах РАН «Создание новых видов продукции из минерального и органического сырья».

Литература

1. Кучин А.В., Карманова Л.П., Королева А.А. и др. Патент РФ № 2117487. Эмульсионный способ выделения липидов. Патентообладатель: Учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН.
2. Карманова Л.П., Королёва А.А., Хуришайнен Т.В. и др. Выделение липидов из хвойной зелени // Лесохимия и органический синтез. Сыктывкар, 1996. С. 53. (Труды Коми научного центра УрО РАН; №144).
3. Хуришайнен Т.В., Скрипова Н.Н., Кучин А.В. Высокоэффективная технология комплекс-

- ной переработки растительного сырья и получение препаратов для сельского хозяйства // Теоретическая и прикладная экология, 2007. №1. С. 74-77.
4. *Кучин А.В., Хуришайнен Т.В., Кучин В.А., Скрипова Н.Н.* Патент РФ № 2298327. Регулятор роста растений с фунгицидным действием Вэрва. Патентообладатель: Учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН.
 5. *Кучин А.В., Карманова Л.П., Хуришайнен Т.В.* Патент РФ № 2161149. Способ выделения биологически активной суммы кислот из древесной зелени пихты. Патентообладатель: Учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН.
 6. *Беляева Р.А., Коковкина С.В., Расова С.Д. и др.* Новый регулятор роста растений «Вэрва» – натуральный препарат из хвои пихты // Материалы конференции «Состояние и перспективы развития научного обеспечения сельскохозяйственного производства на Севере». Сыктывкар, 2007. С. 20-25.
 7. *Шморгунов Г.Т., Коковкина С.В., Триандафилова С.Н. и др.* Патент РФ № 2346421. Способ стимулирования роста и развития моркови столовой. Патентообладатели: ГНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства РК Россельхозакадемии, учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН.
 8. *Коковкина С.В., Триандафилова С.Н., Хуришайнен Т.В.* Новый биопрепарат Вэрва на посевах моркови столовой // Земледелие, 2010. № 1. С. 38-39.
 9. *Шморгунов Г.Т., Коковкина С.В., Триандафилова С.Н. и др.* Патент РФ № 2335876. Способ стимулирования роста и развития капусты белокочанной. Патентообладатели: ГНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства РК Россельхозакадемии, учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН.
 10. *Триандафилова С.Н., Шморгунов Г.Т., Хуришайнен Т.В.* Влияние микроэлементов и нового биопрепарата Вэрва на продуктивность, биохимический состав и лежкость свеклы столовой // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2009. № 13. С. 20-22.
 11. *Тулинов А.Г., Шморгунов Г.Т., Хуришайнен Т.В., Скрипова Н.Н.* Минеральные удобрения, урожай и качество клубней картофеля // Земледелие, 2010. № 4. С. 41-42.
 12. *Андрианов А.Д., Андрианов Д.А., Костин В.И. и др.* Обоснование индуцированной устойчивости растений раннего картофеля к болезням // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Индукцированный иммунитет сельскохозяйственных культур – важное направление в защите растений» (15-16 ноября 2006. Большие Вяземы). Большие Вяземы, 2006. С. 65-67.
 13. *Хуришайнен Т.В., Скрипова Н.Н., Кучин А.В., Чукичев В.М.* Патент РФ № 2378817. Способ стимулирования роста и развития масличных культур. Патентообладатели: Учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН, ООО «Научно-технологическое предприятие Института химии Коми НЦ УрО РАН».
 14. *Белопухов С.Л., Захаренко А.В., Кучин А.В., Хуришайнен Т.В.* Патент РФ № 2314665. Способ выращивания льна-долгунца. Патентообладатель: Учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН.
 15. *Хуришайнен Т.В., Скрипова Н.Н., Кучин А.В., Чукичев В.М.* Способ стимулирования роста и развития растений озимой пшеницы. Заявка № 2010142141, приоритет от 13.10.2010.
 16. *Хуришайнен Т.В., Скрипова Н.Н., Кучин А.В. и др.* Патент РФ № 2402233. Способ получения хвойной кормовой добавки. Патентообладатели: Учреждение Российской академии наук Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН, ООО «Научно-технологическое предприятие Института химии Коми НЦ УрО РАН».
 17. *Карпова Е.М., Мазина Н.К., Кучин А.В. и др.* Тriterпеновые кислоты из древесной зелени пихты – перспективное профилактическое средство коррекции экологического неблагополучия // Известия Самарского научного центра РАН, 2008. Т. 2. С. 227-232.
 18. *Егоров И.А., Андрианова Е.Н., Хуришайнен Т.В., Кучин А.В.* Применение препарата «Вэрва» и муки из пихты в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птица и птицепродукты, 2007. № 6. С. 39-41.
 19. *Широких И.Г., Огородникова С.Ю., Широких А.А. и др.* Биологическая активность терпеноидов, полученных по инновационной технологии из древесной зелени ели (*Picea obovata* L.), пихты (*Abies sibirica* L.) и березы (*Betula pendula* L.) // Агрохимия, 2008. №10. С.1-8.
 20. *Хуришайнен Т.В., Кучин А.В.* Применение экстрактивных веществ древесной зелени хвойных для защиты растений // Материалы докладов участников V семинара-совещания «Современные технологии и перспективы использования средств защиты растений, регуляторов роста, агрохимикатов в агроландшафтном земледелии». Анапа, 2008. С. 143-145.

Статья поступила в редакцию 16.12.2010.

УДК 544.13

ПОВЕРХНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО КОМПЛЕКСА $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_3$

С.К. ИГНАТОВ*, А.Г. РАЗУВАЕВ*, И.Н. АНДРОНОВ**

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород**Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта*ignatov@ichem.unn.ru

Квантовохимическим методом исследована поверхность потенциальной энергии (ППЭ) слабосвязанного бинарного молекулярного комплекса озона и воды $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_3$, включающая 315 900 точек, среди которых 14 016 уникальных по симметрии. На основе оптимизации локальных минимумов, найденных на дискретной ППЭ, определена структура глобального минимума, вычислены его энергия связывания и колебательные частоты. С использованием приближения, учитывающего ангармонизм ППЭ, определены термодинамические функции данного комплекса в состоянии идеального газа, оценены его константа равновесия и ее температурная зависимость.

Ключевые слова: слабосвязанные молекулярные комплексы, нежесткие молекулы, озон, вода, термодинамические функции

S.K. IGNATOV, A.G. RAZUVAEV, I.N. ANDRONOV. SURFACE OF POTENTIAL ENERGY AND THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF A MOLECULAR COMPLEX $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_3$

The surface of potential energy of loosely coupled binary molecular complex of ozone and water $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_3$, including 315 900 points, among which 14 016 are unique in symmetry, is investigated by means of quantum-chemical method. On the basis of optimization of the local minima found on a discrete surface of potential energy, the structure of a global minimum is defined, its energy of linkage and oscillatory frequencies are calculated. With use of the approach considering anharmonicity of surfaces of potential energy, thermodynamic functions of the given complex in condition of ideal gas are defined, its constant of balance and its temperature dependence is estimated.

Key words: loosely coupled molecular complexes, nonrigid molecules, ozone, water, thermodynamic functions

Комплексы и кластеры воды с кислородсодержащими соединениями и их влияние на различные физические и химические процессы, протекающие в газовой фазе, вызывают в настоящее время особый интерес в связи с проблемами атмосферной химии, климатических изменений и обеднения озонового слоя [1, 2]. Среди сложных физико-химических процессов с участием следовых газов атмосферы, протекающих в тропосфере (перистые облака) и стратосфере (полярные стратосферные и серебристые облака), а также на поверхности снега и льда в полярных областях Земли, особенно важно образование комплексов и кластеров воды с активными кислородсодержащими молекулами и, в частности, с озоном. Физическим аспектам этих процессов были посвящены обзоры [3, 4].

Вода во всех ее состояниях играет главную роль в поглощении солнечной и земной радиации и является важным парниковым газом [5]. Поскольку образование водных комплексов и кластеров вызывает сдвиг и уширение спектральных полос моно-

мера в спектрах поглощения, а также ведет к появлению новых полос поглощения и повышению интенсивности запрещенных электронных переходов, водные комплексы способны изменять радиационный баланс атмосферы [6]. Это может привести, например, к искажению результатов при определении концентрации атмосферных примесей лазерными методами. Кластеры воды, участвующие в фотохимических процессах, могут также в значительной степени изменять скорости диссоциации мономера и приводить к совершенно новым каналам фотодиссоциации. Некоторые аспекты роли малых водных кластеров (в том числе, комплексов 1:1) в атмосферных процессах были недавно рассмотрены в работах [7, 8].

Химические свойства озона представляют большой интерес для многих областей химии, однако существует только незначительное число исследований, посвященных изучению его комплексов с малыми молекулами, в том числе с H_2O . Результаты исследований структуры комплекса $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_3$,

полученные методами микроволновой спектроскопии [9] и низкотемпературной матричной изоляции [10], были опубликованы практически одновременно. Найдено [9], что структура этого комплекса в газовой фазе (в импульсной сверхзвуковой струе) имеет симметрию C_s : молекула H_2O и центральный атом кислорода молекулы озона расположены в плоскости симметрии комплекса с атомом водорода воды, направленным к концевому атому кислорода озона. Такая структура характеризуется противоположными направлениями дипольных моментов двух мономеров, на основании чего можно заключить, что диполь-дипольное электростатическое взаимодействие дает главный вклад в энергию связи. Этот результат был подтвержден квантово-химическим расчетом на уровне MP2/6-31G(d,p). Симметрия C_s этой структуры определяется кулоновским взаимодействием между положительно заряженным водородным атомом и двумя отрицательно-заряженными атомами кислорода молекулы озона. Энергия связи, оцененная на уровне MP2/6-31G(d), составляет $14.9 \text{ кДж моль}^{-1}$ ($\Delta E_{CP} = 2.9 \text{ кДж моль}^{-1}$), неполная оптимизация на уровне MP4/6-31G(d) (с геометрией мономера, взятой из расчета MP2/6-31G(d)) дает $\Delta E = 10.0 \text{ кДж моль}^{-1}$, $\Delta E_{CP} = 4.2 \text{ кДж моль}^{-1}$).

Иная структура (открытая конформация $OOO \dots H-OH$ с большим расстоянием $O-O$) была найдена впервые [11] на основе оптимизации MP4/4-31G(d,p). Хотя уровень теории, очевидно, не позволяет сделать надежное заключение о тонких энергетических различиях, авторы привлекли внимание к важному факту, что самая распространенная структура в атмосфере не та, у которой наиболее низкая энергия связи, а структура, имеющая максимально низкую свободную энергию Гиббса при данной температуре. Если различие энергии между конформациями – мало, то термодинамически благоприятнее конформация с большим расстоянием $O \dots O$.

Оптимизация геометрии комплекса 1:1 между водой и озоном на уровне QCISD/6-311++G(d,p) была выполнена в работе [12]. Расчет показывает, что три структуры abc – устойчивые формы комплекса $H_2O \cdot O_3$. Наиболее выгодная структура $H_2O \cdot O_3$ а) имеет симметрию C_s , причем центральный кислород O_3 и всех атомов H_2O расположен в плоскости симметрии (что близко к структуре, найденной в работе [9]). Диполь H_2O ориентирован по направлению к центральному атому кислорода O_3 . Другие две конформации – *cis* и *trans* формы комплекса – сходны со структурами, рассмотренными в [11]. В этих конформациях все атомы расположены в плоскости молекулы, и водород H_2O связан с одним из концевых атомов кислорода O_3 водородной связью. Энергии связи O_3 с H_2O для дипольной, *cis*-, и *trans*-форм составляют 13.5, 8.4, и 7.9 кДж моль⁻¹, соответственно, на уровне QCISD/6-311++G(d,p) и 10.0, 9.5, 9.6 кДж моль⁻¹ на уровне QCISD(T)/6-311++G(3df,3pd)/QCISD/6-311++G(d,p). Таким образом, диполь-дипольная форма энергетически более выгодна, чем *cis*- и *trans*- конформации, которые по стабильности очень близки. К сожалению, авторы

Тачикава и Абэ не привели величину BSSE для данного расчета, которая может значительно понизить указанную энергию комплекса. Вращательные константы для дипольной формы составляют $A = 11.897$, $B = 4.177$ и $C = 3.318$ ГГц, что находится в хорошем согласии с экспериментальными значениями ($A = 11.961$, $B = 4.174$ и $C = 3.265$ ГГц). С другой стороны, вращательные константы для *cis*- и *trans*-форм гораздо хуже согласуются с экспериментом. Эти результаты показывают, что диполь-дипольная конформация комплекса – наиболее вероятный кандидат на структуру $H_2O \cdot O_3$, наблюдаемую экспериментально в газовой фазе [12].

Несмотря на успехи в установлении структуры комплекса озона и воды, его термодинамические функции остаются практически неизученными. Немногочисленные работы, в которых сообщалось о расчете колебательных частот и термодинамических параметрах, основаны на приближении «жесткий ротатор – гармонический осциллятор» (ЖРГО), которое, очевидно, не применимо к такой нежесткой и существенно ангармонической системе, как слабосвязанный комплекс $H_2O \cdot O_3$. Так, концентрационный профиль комплекса $H_2O \cdot O_3$ в атмосфере в зависимости от высоты был рассчитан в работе [7].

Таким образом, достигнутые в последнее время результаты исследования структуры, энергетики и термодинамических функций бинарных комплексов $H_2O \cdot O_3$, образующихся в газовой фазе при низких температурах и давлениях, нельзя считать исчерпывающими. В настоящей работе мы предпринимает исследование структуры, энергии образования бинарных комплексов $H_2O \cdot O_3$ и полной межмолекулярной поверхности потенциальной энергии (ППЭ) квантовохимическим методом MP2, а также оцениваем термодинамические функции на основе нового оригинального метода расчета термодинамических функций, базирующегося на более точных приближениях, чем использованное ранее гармоническое приближение.

Теория и метод расчетов

Для описания термодинамических функций молекулярного комплекса $H_2O \cdot O_3$ в данной работе используется приближение классических ангармонических ровибрационных движений / квантовых колебаний (КЛАРВ/КГК), специально разработанное для описания термодинамики слабосвязанных комплексов. В этом приближении бинарный комплекс АВ рассматривается как система из двух жестких нелинейных молекул (мономеров) А и В. Набор из шести координат ($\alpha, \beta, \gamma, R, \theta, \varphi$) позволяет однозначно описать положение одного мономера относительно другого. Все возможные движения атомов разделяются на межмолекулярные движения мономеров и внутримолекулярные колебания. Межмолекулярные ровибрационные движения, спаривание между которыми не позволяет выделить отдельные колебания или вращения, представлены классическими уравнениями движения. Внутримолекулярные движения полностью независимы друг от друга и от межмолекулярных движений и описываются уравнениями движения квантового гармо-

нического осциллятора, межмолекулярные движения – мгновенными значениями угловых моментов J относительных вращений мономеров, приближенно рассматриваемых как симметричные волчки, мгновенным угловым моментом комплекса L и импульсом колебательного движения мономеров относительно друг друга P . Таким образом, кинетическая энергия комплекса определяется в соответствии с формулой:

$$T = \sum_{k=1}^3 \frac{J_k(A)^2}{2I_k^A} + \sum_{k=1}^3 \frac{J_k(B)^2}{2I_k^B} + \sum_{k=1}^3 \frac{L_k^2}{2I_k^0} + \frac{P^2}{2m_{AB}}$$

где I^A , I^B , I^0 – мгновенные моменты инерции мономеров А, В и комплекса в целом, m_{AB} – приведенная масса комплекса. Потенциальная энергия есть ангармоническая функция шести межмолекулярных координат $U=U(\alpha, \beta, \gamma, R, \theta, \varphi)$, определяемая путем сканирования полной шестимерной ППЭ на дискретной сетке. В узлах этой сетки энергия комплекса определяется квантовохимическим методом, в межузельных положениях – линейной интерполяцией энергии ближайших узлов.

При использовании вышеуказанных предположений полная статистическая сумма комплекса есть произведение статсумм электронного движения, трансляций комплекса как целого, внутримолекулярных колебаний и ровибрационного движения:

$$Z_0 = Z_{elec} Z_{tran} Z_{vib} Z_{rovib}$$

Статсуммы Z_{elec} , Z_{tran} , Z_{vib} определяются по стандартным формулам статистической термодинамики, аналогичным приближению ЖРГО. Статсумма ровибрационного движения мономеров вычисляется путем суммирования по всем возможным энергиям фазового объема системы $\Omega(E)$:

$$Z = \int_0^\infty \frac{d\Omega(E)}{dE} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) dE$$

Классический фазовый объем при данной энергии определяется как интеграл всех возможных фазовых состояний:

$$\Omega(E) = \int_{E < H(p,q) < E+dE} dp dq$$

и рассчитывается методом интегрирования Монте-Карло с простой случайной выборкой. После того, как статсумма комплекса Z рассчитана, термодинамические функции комплекса в состоянии идеального газа при данной температуре и давлении определяются как:

$$F = -k \ln Z$$

$$S = R \ln Z + RT \frac{d(\ln Z)}{dT}$$

$$U = F + TS$$

$$H = U + RT \text{ (для трансляционных степеней свободы)}$$

$$H = U \text{ (для остальных)}$$

$$G = H - TS$$

Стандартная константа равновесия вычисляется на основе свободной энергии Гиббса образования комплекса, определенной по закону Гесса:

$$\Delta_b G^0(T) = \Delta_b E + G^0(T; \text{complex}) - \sum_i G_i^0(T; \text{monomer})$$

$$K^0(T) = \exp(-\Delta_b G^0(T) / RT)$$

Здесь $\Delta_b E$ – электронно-ядерная энергия связывания мономеров в комплексе, соответствующая глобальному минимуму ППЭ и определяемая квантовохимическим методом.

Термодинамические функции, полученные по вышеописанной процедуре, имеют погрешность, возникающую при описании квантовых ровибрационных степеней свободы классическими уравнениями движения. Для повышения точности классическая статсумма может быть скорректирована путем сравнения квантовой и классической статсуммы межмолекулярных колебаний по формуле:

$$Z_{corr} = F_Q Z_{classic}, F_Q = \frac{Z_{quantHO}}{Z_{classHO}}$$

Здесь F_Q – корректирующий множитель, определяемый как отношение квантовой статсуммы межмолекулярных колебаний к соответствующей классической статсумме. Эти статсуммы легко вычисляются, если известны гармонические частоты колебаний, соответствующие межмолекулярным степеням свободы в комплексе.

Описанный подход реализован в виде оригинальной компьютерной программы ADANIMEHS и применен к исследованию ППЭ комплекса $H_2O \cdot O_3$ с целью определения его термодинамических параметров. Геометрические параметры, описывающие ППЭ:

1. Вращение H_2O на угол Эйлера α ($0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$; $d\alpha = 45^\circ$)
2. Вращение H_2O на угол Эйлера β ($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$; $d\beta = 45^\circ$)
3. Вращение H_2O на угол Эйлера γ ($0^\circ \leq \gamma \leq 360^\circ$; $d\gamma = 45^\circ$)
4. Трансляция H_2O по оси OZ на R ($2.75 \text{ \AA} \leq R \leq 5.50 \text{ \AA}$; $dR = 0.25 \text{ \AA}$)
5. Вращение O_3 вокруг оси OY на угол θ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$; $d\theta = 45^\circ$)
6. Вращение O_3 вокруг OZ на угол φ ($0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$; $d\varphi = 30^\circ$).

Дискретная ППЭ, соответствующая данной процедуре, состоит из 315 900 точек, среди которых 14 016 уникальных. Энергии уникальных точек ППЭ рассчитывались методом MP2/6-311++G(2d,2p). Для расчета энергии использовалась программа PC GAMESS [15], работающая под управлением программы ADANIMEHS. Расчет проводился в полностью автоматическом режиме, с автоматической генерацией исходных файлов и считыванием результатов. Для расчетов использовались четыре компьютера Pentium4/3 ГГц и два компьютера Pentium3/800 Мгц. Время расчета на компьютере Pentium4 составляло около 21 час (в среднем 64 с на уникальную точку, 2.28 с на 1 точку ППЭ). Расчет полной ППЭ продолжался около семи дней.

Для определения геометрии мономеров проводилась оптимизация структур H_2O и O_3 на том же уровне расчета, что и расчет комплекса (MP2/6-311++G(2d,2p)). Геометрические параметры мономера H_2O составляют: $r(OH)=0.9583 \text{ \AA}$, $a(H-O-H) = 104.3^\circ$, мономера O_3 : $r(O-O) = 1.2899 \text{ \AA}$, $a(O-O-O) =$

116.8°. Полные энергии мономеров: $E_{\text{tot}}(\text{H}_2\text{O}) = -76.2988008673$ а.е., $E_{\text{tot}}(\text{O}_3) = -225.0549293698$ а.е.

По окончании сканирования проводился глобальный поиск локальных минимумов на дискретной ППЭ с их последующей оптимизацией на более высоком уровне квантовохимической теории.

Результаты и обсуждение

На дискретной ППЭ комплекса $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{O}_3$, рассчитанной методом MP2/6-311++G(2d,2p), обнаруживается 110 локальных минимумов (включая точки глобального минимума), которые классифицируются по семи типам. Их энергии и геометрические параметры приведены в табл. 1, структурные параметры показаны на рис.1. Глобальный минимум (ГМ) соответствует асимметричной структуре, близкой к той, что была найдена в [12]. Глобальный минимум соответствует межмолекулярному расстоянию $R = 3.00$ Å, а его структура показана на рис. 2. Полная энергия глобаль-

ного минимума составляет -301.3578124128 а.е., что соответствует энергии связывания 10.72 кДж моль $^{-1}$.

Полностью оптимизированная (MP2/6-311++G(2d,2p)) структура ГМ сходна со структурой глобального минимума ППЭ (рис.2).

Для уточнения энергии комплекса были оценены величины BSSE и нулевой энергии колебаний для всех найденных локальных минимумов. Оценка BSSE проводилась стандартным методом Бойса.

Таблица 1

Структурные и энергетические параметры оптимизированных структур, соответствующих локальным минимумам (ЛМ) ППЭ системы $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{O}_3$.

Локальный минимум ППЭ	Группа симметрии	$\nu_{\text{им},1}$ см $^{-1}$	E_{tot} , а.е.	E_b ($E_b + \text{BSSE}$), кДж/моль	$E_b + \text{ZPE}$ ($E_b + \text{ZPE} + \text{BSSE}$), кДж/моль
ЛМ 1 (ГМ)	C_s	51i	-301.44638263	11.83 (8.59)	8.06 ^a (4.82)
ЛМ 2			(перегруппировывается в ЛМ 1)		
ЛМ 3			(перегруппировывается в ЛМ 1)		
ЛМ 4	C_s	—	-301.44542875	9.33	4.66
ЛМ 5	C_s	—	-301.44541893	9.30	
ЛМ 6	C_{2v}	134i, 37i	-301.44496112	8.10	4.33 ^a
ЛМ 7	C_{2v}	63i, 34i	-301.44358527	4.49	3.18 ^a

^a – ТД вклад колебаний с мнимой частотой не учитывается

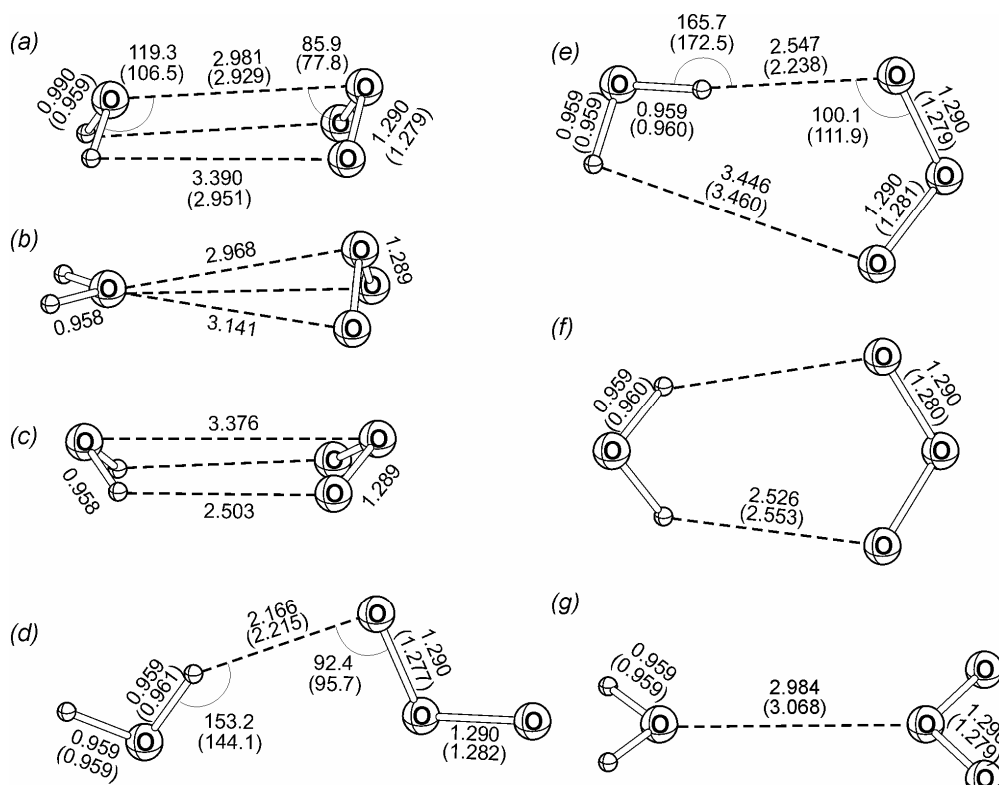


Рис. 1. Структура ГМ (a) и ЛМ (b-g) дискретной ППЭ комплекса $\text{H}_2\text{O} \cdot \text{O}_3$ (MP2/6-311++G(2d,2p)). Значения без скобок – геометрические параметры ЛМ дискретной ППЭ. Значения в скобках – результат полной оптимизации геометрии на том же уровне расчета (в случае, когда оптимизация сходится к той же структуре).

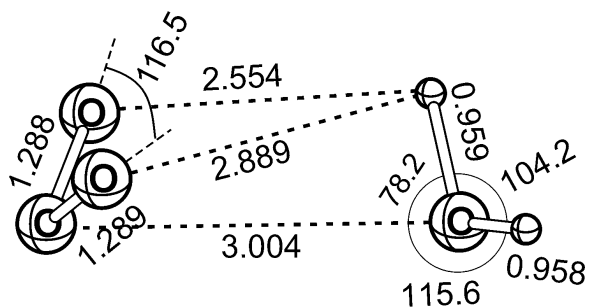


Рис. 2. Структура и геометрические параметры глобального минимума ППЭ комплекса $\text{H}_2\text{O} \cdots \text{O}_3$, оптимизированного на уровне MP2/6-311++G(2d,2p).

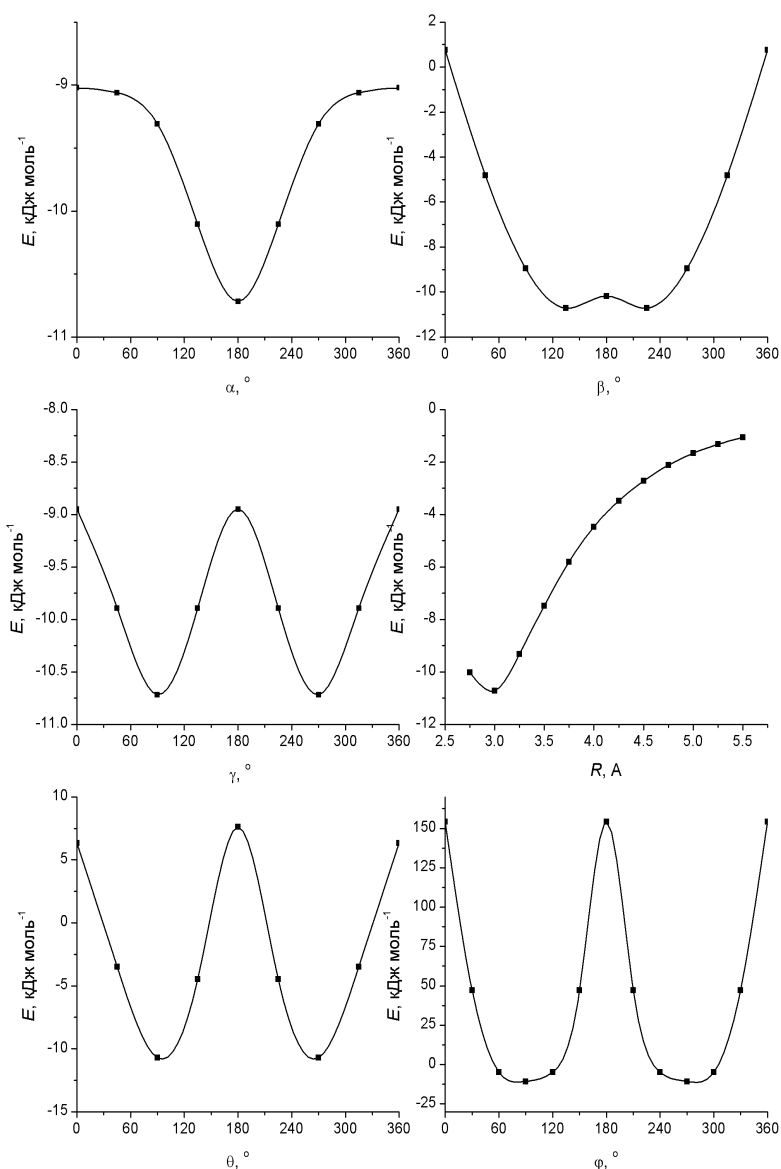


Рис. 3. Одномерные сечения ППЭ комплекса $\text{H}_2\text{O} \cdots \text{O}_3$, проходящие через точку ГМ.

Рассчитанные полная энергия, энергия комплексообразования, величины BSSE и ZPE, а также скорректированные величины энергии связи приведены в табл. 1.

Часть оптимизированных структур локальных минимумов дискретной ППЭ соответствовала истинным минимумам (отсутствовали мнимые колебательные частоты). Однако большая часть структур имела мнимые частоты, их величина обычно составляла $10\text{--}100\text{ см}^{-1}$. Такая ситуация является типичной при расчете слабосвязанных комплексов. Вследствие малой величины мнимых частот, нередко на основе результатов оптимизации, невозможно однозначно определить, является ли оптимизированная структура ложным минимумом (ошибочно найденным программой оптимизации вследствие того, что ППЭ системы почти плоская), либо мнимые частоты являются следствием численных ошибок при расчете гессиана в точке истинного, но слабо выраженного минимума. Этот факт является еще одним аргументом в пользу использования предлагаемой здесь методики: наличие минимума на ППЭ подтверждает наличие локального минимума, даже если гармонические колебательные частоты являются мнимыми.

Рассчитанная ППЭ позволяет изучить профили ППЭ в окрестности точки глобального минимума. На рис.3 показаны одномерные профили ППЭ системы $\text{H}_2\text{O} \cdots \text{O}_3$, рассчитанные на уровне MP2/6-311++G(2d,2p) в направлениях изменения всех координат. Как видно из приведенных данных, ППЭ системы является существенно ангармоничной, с сильным смешиванием колебательных и вращательных степеней свободы.

Для расчета термодинамических параметров данного комплекса использовалась интерполяция значений межмолекулярного потенциала линейной полиномиальной функцией по вышеописанному методу. При интегрировании по E верхний предел интегрирования составлял 50 кДж моль^{-1} , шаг интегрирования 0.5 кДж моль^{-1} . Для каждого значения E фазовый интеграл определялся методом Монте-Карло с простой случайной выборкой и подвижными пределами интегрирования по фазовым переменным, число точек интегрирования – 10000. Пределы

интегрирования по R выбирались на основе предварительного анализа ППЭ для каждого значения E . Максимальное значение интервала интегрирования составляло $[2.25\text{--}6.80\text{Å}]$. Как показывает рас-

Таблица 2

Молекулярные параметры для расчета ТД параметров реакции образования комплекса $H_2O \cdot O_3$ (расчет MP2/6-311++G(2d,2p))

Молекулярный параметр	H_2O	O_3	$H_2O \cdot O_3$
Спиновая мультиплетность	1	1	1
Молекулярная масса, а.е.м.	18.0106	47.9847	65.9953
Главные моменты инерции, а.е.	6.3316	155.2853	
	4.1203	137.8867	
	2.2112	17.3985	
Число вращательной симметрии	2	2	1
Масштабирующий фактор колебательных частот	0.9500	0.9500	0.9500
Колебательные частоты, cm^{-1}	1660.9	735.7	(74.8) *
	3848.6	1154.0	(92.5)
	3974.0	2305.5	(99.2) (112.5)
			(163.6)
			(245.6)
			739.0
			1151.8
			1660.7
			2298.7
			3850.7
			3969.0

* В скобках приведены частоты колебаний, которые соответствуют ровибрационным степеням свободы в приближении КЛАРВ/КГК.

Таблица 3

Стандартные ТД параметры комплекса $H_2O \cdot O_3$, рассчитанные в различных приближениях

ТД параметр	Приближение		
	ЖРГО	КЛАРВ/КГК (без коррекции)	Коррект. КЛАРВ/КГК ($F_Q = 0.9075$)
$\Delta_r E$, кДж моль $^{-1}$	-8.67	-8.67	-8.67
$\Delta_r U^0(298)$, кДж моль $^{-1}$	-0.69	-5.10	-5.20
$\Delta_r H^0(298)$, кДж моль $^{-1}$	-3.17	-7.58	-7.68
$\Delta_r S^0(298)$, Дж К $^{-1}$ моль $^{-1}$	-67.05	-62.30	-63.20
$\Delta_r G^0(298)$, кДж моль $^{-1}$	16.82	11.00	11.16
$K^0(298)$	$1.13 \cdot 10^{-3}$	$1.18 \cdot 10^{-2}$	$1.11 \cdot 10^{-2}$

чет, такой выбор параметров интегрирования приводит к попаданию в фазовый объем системы ~70% случайно выбираемых точек. Время расчета – от 10 до 40 мин (Celeron/1500 МГц) в зависимости от выбора других параметров расчета.

При расчете варьировались способы выбора величины энергии диссоциации, величины гармонических колебательных частот, метод оценки кинетической энергии и метод квантовой коррекции статистического интеграла. Следует отметить, что квантовохимический расчет колебательных частот молекулы O_3 методом MP2 приводит к значительному отклонению частоты ν_2 от экспериментальной величины. Однако это не приводит к существенно-му искажению параметров комплексообразования, поскольку величины единообразно искажаются как в случае изолированной молекулы, так и в случае комплекса. Параметры молекул-мономеров и ком-

плекса, используемые для расчета ТД параметров, представлены в табл. 2. Результаты расчета термодинамических параметров при вариации параметров расчета показаны в табл. 3.

Как следует из табл. 3, значения константы комплексообразования K^0 комплекса $H_2O \cdot O_3$ примерно на порядок выше, чем соответствующие величины, рассчитанные в гармоническом приближении. Этот факт является следствием того, что в приближении ЖРГО учитывается только очень узкий локальный фрагмент ППЭ, непосредственно примыкающий к точке глобального минимума. Оставшаяся часть ППЭ аппроксимируется квадратичной зависимостью потенциала от соответствующего геометрического параметра, причем квадратичная функция выбирается так, чтобы удовлетворялось единственное условие – правильное описание кривизны потенциала в точке локального минимума. В действительности даже при небольшом удалении от точки минимума потенциал может

иметь характер, совершенно отличный от квадратичного (рис. 3). Более того, при этом может иметь место существенно многогранный характер межмолекулярного потенциала. В итоге даже при температуре, близкой к абсолютному нулю, параметры гармонического приближения дают принципиально неверный результат.

На рис.4 приведена зависимость стандартных констант комплексообразования $H_2O \cdot O_3$ от температуры, рассчитанная в гармоническом приближении и на основе интерполированной ангармонической ППЭ при явном учете ровибрационных степеней свободы (приближение КЛАРВ/КГК). Как следует из приведенных данных, величина K^0 , вычисленная с учетом эффектов ангармоничности, значительно превышает результаты гармонического расчета, причем различие усиливается при

понижении температуры. Этот факт может иметь боль-

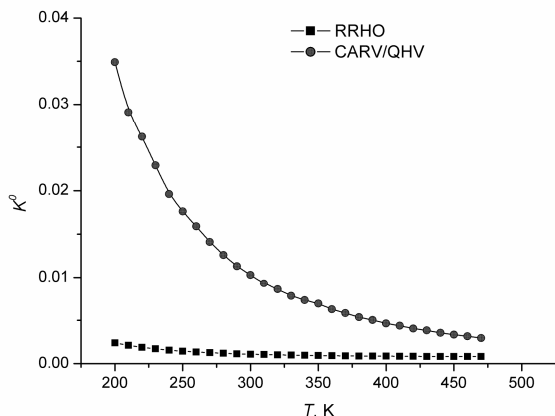


Рис. 4. Температурная зависимость стандартной константы равновесия комплекса $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_3$, вычисленная в приближениях ЖРГО и КЛАРВ/КГК.

шое значение при разработке современных атмосферных моделей, в которых учитывается вклад химического связывания озона в материальный или энергетический баланс.

Выводы

Впервые квантовохимическим методом MP2/6-311++G(2d,2p) исследована полная межмолекулярная поверхность потенциальной энергии слабосвязанного бинарного молекулярного комплекса озона и воды $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{O}_3$, включающая 315 900 точек, среди которых 14 016 уникальных по симметрии. Определена структура глобального минимума, вычислены его энергия связывания и колебательные частоты. С использованием приближения, учитывающего ангармонизм ППЭ, определены термодинамические функции данного комплекса в состоянии идеального газа, оценена его константа равновесия и ее температурная зависимость. Эти характеристики существенно отличаются от результатов расчетов, основанных на более простом приближении ЖРГО, что свидетельствует о важности учета ангармонизма при оценке термодинамических функций слабосвязанных комплексов и перспективности развиваемого метода.

Литература

1. *Slanina Z., Uhlik F., Saito A.T., Osawa E.* Computing Molecular Complexes in Earth's and Other Atmospheres // *Phys. Chem. Earth. (C)*. 2001. Vol. 26. No. 7. P. 505-511.
2. *Headrick J.E., Vaida V.* Significance of water complexes in the atmosphere // *Phys. Chem. Earth. (C)*. 2001. Vol. 26. No.7. P. 479-486.
3. *Horn A.B., Sodeau J.R.* Interactions and Photochemistry of small molecules on ice surface: from atmospheric chemistry to astrophysics, in *Water in Confining Geometries*, Buch V., Delvin J.P., Editors. 2003. Springer Verlag: Berlin Heidelberg. P. 295-336.
4. *Abbatt J.P.D.* Interaction of atmospheric trace gases with ice surface: adsorption and reaction // *Chem.Rev.* 2003. Vol. 103. P. 4783-4800.
5. *Implications for water monomer and dimer solar absorption from observations at Boulder, Colorado* / J.S.Daniel, S.Solomon, R.W.Sanders, R.W.Portman, D.C.Miller, W.Madsen. // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104, No. 14. P. 16785-16791.
6. *Vigasin A.A., Camy-Peyret C., eds.* Weakly Interacting Molecular Pairs: Unconventional Absorbers of Radiation in the Atmosphere / NATO Science Series IV: Earth & Environmental Sciences. 2003. 308p.
7. *Vaida V., Headrick J.E.* Physicochemical Properties of Hydrated Complexes in the Earth's Atmosphere // *J. Phys. Chem. A*. 2000. Vol. 104. No. 23. P. 5401-5412.
8. *Wittig C., Sharpe S., Beaudet R.A.* Photoinitiated reactions in weakly bonded complexes // *Acc. Chem. Res.* 1988. Vol. 21. No. 9. P. 341-347.
9. *Gillies J.Z., Gillies C.W., Suenram R.D., Lovas F.J., Schmidt T., Cremer D.* A microwave spectral and ab initio investigation of $\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ // *J. Mol. Spectr.* 1991. Vol. 146. No.2. P. 493-512.
10. *Schrivier L., Barreau C., Schrivier A.* Infrared spectroscopic and photochemical study of water-ozone complexes in solid argon // *Chem. Phys.* 1990. Vol. 140. No.3. P. 429-438.
11. *Молекулярный комплекс озона с водой. Неэмпирический расчет с учетом электронной корреляции* / И.И.Захаров, О.И.Колбасина, Т.Н.Семенюк, Н.Ф.Тюпало, Г.М.Жидомиров // *Журн. структ. химии*, 1993. Вып. 34. №3. С. 26-30.
12. *Tachikawa H., Abe S.* Ozone-water 1:1 complexes $\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$: An ab initio study // *Inorg. Chem.* 2003. Vol. 42. No.7. P. 2188-2190.
13. *Seinfeld J.H., Pandis S.N.* Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 1998, N.Y.: John Wiley and Sons.
14. *Wayne R.P.* Chemistry of Atmospheres. Oxford: Clarendon Press, 1991. 645 p.
15. *General atomic and molecular electronic structure system* / M.W.Schmidt, K.K.Baldrige, J.A.Boatz, S.T.Elbert, M.S.Gordon, J.H.Jensen, S.Koseki, N.Matsunaga, K.A. N., S.J.Su, T.L.Windus, M.Dupuis, J.A.Montgomery // *J. Comput. Chem.* 1993. Vol. 14. No.11. P. 1347-1363.

Статья поступила в редакцию 07.12.2010.

УДК 635.4:631.524.84:574.685

ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ БИОРЕГЕНЕРАТИВНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Т.Г. ГОЛОВКО*, А.А. ТИХОМИРОВ**, С.А. УШАКОВА**, Г.Н. ТАБАЛЕНКОВА*, И.Г. ЗАХОЖИЙ*, Е.В.ГАРМАШ*, В.В. ВЕЛИЧКО**

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар

**Институт биофизики СО РАН, г.Красноярск

golovko@ib.komisc.ru

Исследованы продуктивность, биохимический состав биомассы (содержание макро- и микроэлементов, фотосинтетических пигментов, фенольных соединений, аскорбиновой кислоты) и антиоксидантная активность листовых овощей, культивируемых в приближенных к БСЖО (биорегенеративные системы жизнеобеспечения) условиях. Показано, что растения накапливали от 6 до 45 кг/м² съедобной биомассы и характеризовались высокой биологической ценностью. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования листовых овощей в составе фототрофного звена БСЖО для обеспечения функциональной диеты человека.

Ключевые слова: биорегенеративные системы жизнеобеспечения, фототрофное звено, зеленные культуры, продуктивность, полезные вещества

T.K. GOLOVKO, A.A. TIKHOMIROV, S.A. USHAKOVA, G.N. TABALENKOVA, I.G. ZAKHOZHIIY, E.V. GARMASH, V.V. VELICHKO. **PRODUCTIVITY AND NUTRITION VALUE OF LEAF VEGETABLES AS APPLIED TO BIOREGENERATIVE LIFE-SUPPORT SYSTEMS**

Productivity, biochemical composition (content of macro- and microelements, photosynthetic pigments, phenolic compounds, ascorbic acid) and antioxidant activity of leaf vegetables cultivated under similar to the bioregenerative life-support systems conditions are studied. Plants accumulated from 6 to 45 kg/m² of edible biomass and were characterized by high biological value. Our results indicate the perspectivity of use of leaf vegetables in structure of the photosynthetic unit of the bioregenerative life-support systems for supply of human by functional diet.

Key words: bioregenerative life-support systems, photosynthetic unit, leaf vegetables, productivity, nutrition value

Биорегенеративные системы жизнеобеспечения (БСЖО) являются искусственными замкнутыми экосистемами и инструментом для моделирования процессов круговорота веществ на обитаемых космических станциях. Фототрофное звено БСЖО служит поставщиком растительной пищи, участвует в регенерации кислорода атмосферы и утилизации отходов жизнедеятельности человека [1, 2]. К настоящему времени разработаны основные принципы создания фототрофного звена БСЖО, экспериментально исследованы некоторые структурные и функциональные характеристики системы при использовании в блоке биологической регенерации пшеницы и некоторых других видов растений [1, 3, 4]. Дальнейшее совершенствование фототрофного звена БСЖО предполагает расширение набора выращиваемых культур за счет включения растений-

продуцентов биологически ценных веществ, необходимых для поддержания здоровья и работоспособности человека в условиях длительного пребывания вне Земли [5].

Особый интерес в этом отношении представляют овощные зеленные растения. Они характеризуются эффективным использованием ресурсов среды, высокой метаболической активностью, быстрым ростом и накоплением полезной биомассы [6]. Зеленные растения и продукты их переработки являются ценным источником антиоксидантов и витаминов, их употребление служит надежным способом профилактики свободнорадикальных патологий и авитаминозов [7], что особенно важно для повышения функциональной направленности диеты человека применительно к условиям длительного пребывания на стационарных космических станциях.

При ограниченных возможностях расширения площадей под фототрофное звено БСЖО актуально использование культур и их сортов, проявляющих слабое аллелопатическое взаимодействие с другими видами растений, сочетающих высокую продуктивность с технологической простотой выращивания. Эксперименты по включению новых видов овощных растений, культивируемых на почвоподобном субстрате из минерализованных и биологически окисленных отходов растительного и животного происхождения (ППС) в блоке биологической регенерации, не выявили их отрицательного аллелопатического влияния на рост, развитие и продуктивность тестовой культуры – редиса сорта «Вировский белый» [5]. Было также установлено, что новые для фототрофного звена БСЖО листовые овощи не проявляли отрицательной реакции на круглосуточное освещение и сравнительно высокий уровень ФАР.

Цель данной работы – изучение продуктивности и биохимического состава биомассы для характеристики пищевой ценности листовых овощей, культивируемых в приближенных к БСЖО условиях.

Методика

В опытах использовали шесть сортов шпината (*Spinacia oleraceae* L.), два сорта салата (*Lactuca sativa* L.), два сорта капусты (*Brassica oleracea* L.) и рукколу (*Brassica eruca* L.). Растения культивировали в условиях замкнутой контролируемой камеры, имитирующей модуль биорегенеративной системы «БИОС-3» Института биофизики СО РАН, на двух типах субстратов: свежеприготовленном ППС и керамзите. При выращивании многовидового ценоза на ППС в качестве ирригационного раствора использовали отстоянную водопроводную воду с добавкой экстракта из ППС. Растения, культивируемые на керамзите, получали питательный раствор Кнопа, в который периодически добавляли корректирующий раствор минеральных солей. Температуру воздуха в камере поддерживали на уровне $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$, интенсивность ФАР составляла $150 \pm 10 \text{ Вт/м}^2$ при круглосуточном освещении.

Накопление общей и съедобной сырой биомассы растений оценивали у 30-дневных растений при уборке. Для определения содержания сухого вещества образцы фиксировали сухим жаром и высушивали при температуре 70°C до постоянного веса. Биохимический состав биомассы изучали в лиофильно высушенных образцах.

Концентрацию хлорофиллов и каротиноидов измеряли спектрофотометрически в ацетоновой вытяжке. Содержание общего азота и углерода определяли на CHNS-O EA-1110 (Италия). Элементный состав определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой

после минерализации проб по ПУ 01-05 [8]. Количественную оценку антиоксидантной активности спиртовых экстрактов из биомассы растений проводили с применением стабильного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПГ) [9]. Содержание суммы фенольных соединений устанавливали по реакции экстрактивных веществ биомассы с реактивом Фолина-Дениса. В качестве стандарта для построения градуировочной зависимости использовали рутин. Содержание аскорбиновой кислоты определяли согласно [10], нитратов измеряли калориметрически после реакции с салициловой кислотой.

В таблицах и на рисунках приведены средние величины со стандартной ошибкой. Различия между вариантами оценивали с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Установлено, что выращиваемые на ППС зеленные растения, особенно шпинат, были компактнее и имели укороченные черешки листьев, чем на керамзите с раствором Кнопа (рис.1). Уменьшение

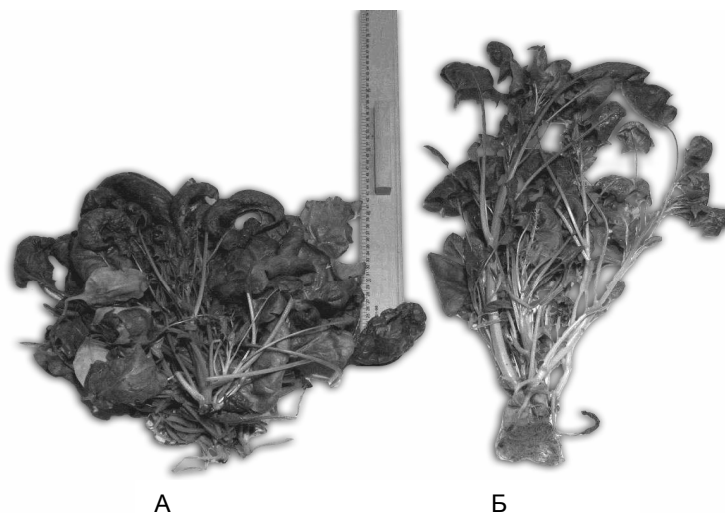


Рис.1. Внешний вид растений шпината с. Gigante, выращенного на почвоподобном субстрате (А) и керамзите (Б).

габитуса надземных органов может быть обусловлено ингибирующим действием на их рост экстрактивных веществ растительных остатков, входящих в состав ППС. Однако это не оказало отрицательного эффекта на продуктивность растений. Наоборот, у большинства сортов шпината биомасса выращенных на ППС растений была достоверно выше, чем на керамзите (табл. 1). Наибольшей продуктивностью отличались отечественный сорт Виктория и голландские сорта Дунаго и Grandi, которые накапливали $10\text{--}13 \text{ кг/м}^2$ сырой надземной массы на м^2 . Сходную реакцию на тип субстрата проявляли растения двух японских сортов листовой капусты. Их продуктивность на ППС была выше, чем на керамзите. По накоплению биомассы, $38\text{--}45 \text{ кг/м}^2$, листовая капуста превосходила все другие исследованные нами зеленные культуры. По сравнению со шпинатом и листовой капустой расте-

Таблица 1

Продуктивность овощных листовых культур, выращенных на почвоподобном субстрате (ППС) и керамзите (КМЗ)

Сорт	ППС			КМЗ		
	Сырая масса, кг/м ²	Сухая масса, кг/м ²	Сухое вещество, %	Сырая масса, кг/м ²	Сухая масса, кг/м ²	Сухое вещество, %
Салат						
Афицион	6.1±1.0	0.47	7.7	8.7±1.4	0.38	4.3
Лифли	6.0±0.9	0.32	5.3	6.9±1.2	0.30	4.3
Руккола	7.2±1.2	0.38	5.3	8.2±1.4	0.36	4.4
Шпинат						
Grandi	10.3±2.1	0.52	5.1	5.2±0.8	0.42	8.1
Dynamo	10.2±2.0	0.53	5.2	5.9±1.0	0.35	5.9
Виктория	13.2±2.0	0.70	5.3	5.5±0.8	0.45	8.2
Fortscheritt	8.6±1.7	0.46	5.3	5.1±0.8	0.28	5.5
Viroflay	9.1±1.7	0.47	5.2	4.0±0.6	0.24	6.0
Gigante	8.0±1.5	0.46	5.7	9.2±1.4	0.59	6.4
Капуста						
Sensuji-kyomizuna	38.0±7.8	2.14	5.6	26.8±4.2	1.67	6.2
Бансэи маруба	44.7±7.0	2.46	5.5	22.0±3.4	1.09	5.0

ния салата и рукколы формировали в 5-10 раз меньше биомассы. Их продуктивность в меньшей степени зависела от типа субстрата, однако имелась тенденция к увеличению биомассы при выращивании культур на керамзите.

Соотношение сухая/сырая биомасса является одним из важных показателей растительной продукции. Как видно из табл. 1, исследованные виды и сорта зеленных культур мало отличались по содержанию сухого вещества в биомассе. Тип субстрата оказывал различное влияние на величину этого показателя. Так, у салатов и рукколы при выращивании на керамзите она несколько снижалась, а у большинства сортов шпината, наоборот, повышалась.

Анализ образцов сухой съедобной биомассы на содержание общего азота показал, что его концентрация варьировала в пределах от 37 до 61 мг/г в зависимости от культуры, сорта и типа субстрата (табл. 2). Максимальное содержание азота отмечено в надземной массе рукколы, выращенной на керамзите, наименьшее – в культивируемых на ППС растениях салата сорта Афицион. Влияние типа субстрата на содержание азота было неоднозначным. По сравнению с произрастающими на керамзите растениями, при культивировании на ППС наблюдали как повышение концентрации азота в биомассе растений, так

и его снижение, но в большинстве случаев эти различия были незначительными.

Важным показателем качества продукции зеленных культур служит накопление в биомассе неорганического (нитратного) азота. Высокое содержание нитрат-иона в тканях безвредно для растений. Однако, попадая с растительной пищей в организм человека, нитраты восстанавливаются до нитритов, которые нарушают снабжение клеток кислородом

и вызывают их повреждение [11]. Допустимой суточной дозой потребления нитратов считается 300-320 мг (примерно 3-4 мг/кг массы тела). В ЕС предельно-допустимые концентрации (ПДК) нитратов в салате для зимней и летней продукции составляют соответственно 3500 и 4500 мг/кг сырой массы [цит. по: 12].

Накопление нитратов различными видами растений обусловлено генетически, но также зависит от минерального питания, освещенности, температуры и ряда других внешних факторов. Зелен-

Таблица 2

Содержание общего азота (No) и нитратов (NO₃⁻) в биомассе овощных листовых культур, выращенных на почвоподобном субстрате (ППС) и керамзите (КМЗ), мг/г сухой массы

Сорт	ППС		КМЗ	
	No	NO ₃ ⁻	No	NO ₃ ⁻
Салат				
Афицион	37±4	7.1±0.2	38±4	не определяли
Лифли	41±4	не определяли	24±4	не определяли
Руккола	52±5	не определяли	61±6	не определяли
Шпинат				
Grandi	38±4	4.6±0.1	52±5	4.6±0.2
Dynamo	52±5	9.4±0.2	52±5	3.9±0.9
Виктория	44±4	3.1±0.1	59±6	10.2±1.6
Fortscheritt	49±5	4.1±0.8	45±5	4.5±0.2
Viroflay	60±6	17.6±2.7	61±6	5.4±0.3
Gigante	57±6	10.2±0.3	42±4	4.1±0.1
Капуста				
Sensuji-kyomizuna	53±5	14.0±1.4	40±4	4.1±0.3
Бансэи маруба	50±5	7.1±0.2	47±5	4.3±0.3

ные листовые овощи относят к культурам, способным накапливать значительные количества нитрат-иона в вакуолях клеток. Наши данные показывают, что при заданных режимах выращивания содержание нитратов варьировало в пределах от 4 до 17 мг/г сухой массы (табл. 2), что эквивалентно примерно 400-1600 мг/кг продукции. Сравнительно низким было содержание нитратов у салата и большинства сортов шпината. В надземной массе растений листовой капусты сорта Sensuji-kyomizuna, шпината сорта Viroflay и Gigante концентрация нитратов в сухой биомассе была больше, но не превышала величины ПДК для листовых овощей. При культивировании растений на керамзите наблюдали снижение содержания нитратов у большинства исследованных растений. Эти данные указывают на то, что в отношении накопления нитратов, режим питания растений азотом был более или менее оптимальным. Кроме того, накопление нитратов, по-видимому, сдерживалось на непрерывном свете, который активировал ростовые процессы и, следовательно, восстановление нитрата.

Биомасса зеленных растений, выращиваемых в максимально приближенных к БСЖО условиях, богата макро- и микроэлементами (табл. 3).

Среди макроэлементов преобладают К и Са, среди микроэлементов – Fe, Zn, Mn и В. Растения, выращенные на ППС, характеризовались повышенным накоплением калия и, особенно, натрия. Это приводило к значительному снижению соотношения К/Na, что, несомненно, сказывалось на осмотическом потенциале клеток и общем метаболизме растений. Анализ биомассы не выявил превышения ПДК по тяжелым металлам.

Продукция овощных зеленных культур представляет ценность в качестве источника витаминов, антиоксидантов, пектинов, пищевых волокон и других биологически важных веществ. К веществам растительного происхождения, проявляющим антиоксидантную активность (способность нейтрализовать активные формы кислорода и продукты их взаимодействия с органическими молекулами и оксидами азота), относятся каротиноиды, токоферол (витамин Е), аскорбиновая кислота (витамин С), фенольные соединения и т.д.

Из рис. 2 видно, что наибольшим содержанием фенолов отличались листья растений салата. По количеству фенолов в расчете на единицу сухой массы листовая капуста уступала салатам в 2.5-3 раза. Сравнительно невысоким содержанием фе-

Таблица 3

Элементный состав съедобной надземной массы овощных листовых культур, выращенных на почвоподобном субстрате (ППС) и керамзите (КМЗ)

Сорт	Ва- риант	K	P	Ca	Mg	Na	Zn	Fe	Mn	Cu	Mo	B	Co	Cd
		мг/г					мг/кг							
Салат														
Афицион	КМЗ	80	6.9	15	3.0	1.7	45	120	51	13.9	5.1	43	0.18	0.41
	ППС	90	4.8	11	3.0	3.5	37	91	15	8.0	1.2	22	0.08	0.53
Лифли	КМЗ	57	3.0	9	2.0	1.1	21	230	33	14.4	5.5	30	0.29	0.18
	ППС	80	4.9	12	3.0	2.7	41	130	16	9.7	1.2	27	0.12	0.53
Руккола	ППС	73	3.8	22	4.4	2.8	25	44	20	5.0	5.1	27	следы	0.24
Капуста														
Sensuji- kyomizuna	КМЗ	27	3.2	40	4.3	1.1	14	240	53	8.2	42.0	120	0.29	0.09
	ППС	90	2.3	38	5.8	3.6	20	210	57	6.3	3.2	55	0.23	0.31
Бансэи маруба	КМЗ	30	3.8	37	4.2	1.1	21	85	94	9.0	52.0	150	0.15	0.14
	ППС	68	2.9	30	4.7	3.1	42	75	79	8.8	4.5	41	0.14	0.4
Шпинат														
Grandi	КМЗ	54	4.0	24	10.0	6.1	60	110	49	12.3	6.3	49	0.26	0.23
	ППС	120	2.2	21	14.0	5.4	46	73	23	10.6	0.7	23	0.11	0.3
Dynamo	КМЗ	48	3.5	24	12.0	7.1	44	89	47	13.6	9.0	70	0.4	0.20
	ППС	120	3.0	16	17.0	5.4	58	73	21	14.0	1.4	29	0.09	0.26
Виктория	КМЗ	130	4.5	14	16.0	5.0	58	79	28	18.0	8.0	49	0.32	0.18
	ППС	48	3.5	25	10.0	6.0	47	88	58	21.0	8.0	64	0.27	0.17
Fortscheritt	КМЗ	70	4.1	28	13.0	6.7	55	230	48	12.8	8.0	49	0.32	0.18
	ППС	110	4.0	14	12.0	3.0	77	140	29	20.0	1.3	27	0.18	0.30
Viroflay	КМЗ	64	6.1	18	9.3	4.0	52	130	46	24.0	6.8	40	0.23	0.18
	ППС	170	3.7	12	12.0	5.2	77	130	29	9.0	1.1	28	0.26	0.53
Gigante	КМЗ	60	3.0	26	11.0	8.0	46	130	34	14.3	8.0	53	0.32	0.28
	ППС	120	4.7	15	11.0	5.0	82	170	23	12.9	1.3	31	0.19	0.57

Примечание: ошибка определения не превышает 15%

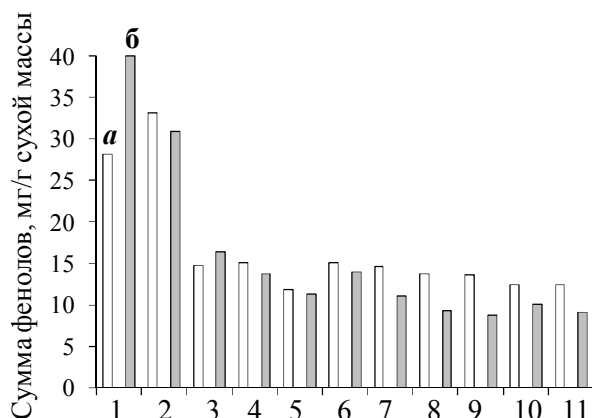


Рис. 2. Содержание фенолов в съедобной биомассе овощных листовых культур, выращенных на керамзите (а) и почвоподобном субстрате (б): 1, 2 – салаты с. Афицион и Лифли; 3 – руккола; 4, 5 – капуста с. Бансэи маруба и Sensuji-kyomizuna; 6, 7, 8, 9, 10, 11 – шпинат с. Виктория, Dynamo, Gigante, Viroflay, Grandi, Fortscheritt.

нолов характеризовался также шпинат. У него отчетливо проявлялась тенденция к усилению накопления фенолов при культивировании на керамзите.

Экстракты из растений, содержащих больше фенолов в биомассе, проявляли более высокую антиоксидантную активность. Выявлена прямая зависимость величины показателя $1/EC_{50}$, характеризующего антиоксидантную активность биомассы, от концентрации фенолов (рис. 3). Высокой антиоксидантной активностью отличались экстракты из салата, рукколы и листовой капусты, сравнительно низкой антиоксидантной способностью – экстракты растений шпината. Важно отметить, что пищевая ценность растительных фенолов не ограничивается их антиоксидантными свойствами. Растительные фенолы обладают адаптогенной, иммуномодулирующей, гепатопротекторной активностью и рядом других терапевтических свойств [13].

К веществам, участвующим в защите клеток от активных форм кислорода, относится также аскорбиновая кислота. Ее содержание варьировало в зависимости от культуры в пределах 1.1 – 3.3 мг/г сухой массы. Больше витамина С накапливалось в биомассе капусты и рукколы, а его содержание в шпинате было на порядок ниже.

Зеленые и желтые пигменты, обеспечивающие поглощение и превращение света при фотосинтезе растений, также относятся к важным биологически активным

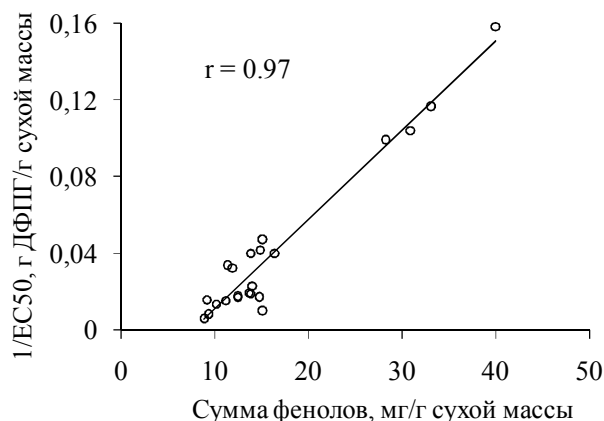


Рис. 3. Связь антирадикальной активности с содержанием фенолов в биомассе зеленных культур.

соединениям. Они стимулируют обмен веществ, улучшают деятельность сердечно-сосудистой системы и др. [7]. Сравнительно высокие накопления зеленых и желтых пигментов отмечены у российского сорта шпината Виктория и голландского сорта Fortscheritt, а также у листовой капусты сорта Бансэи (рис. 4).

Оценивая исследованные культуры как компонент функциональной диеты человека, следует отметить, что при выращивании растений в условиях, близких к создаваемым в БСЖО, большинство из них способны накапливать в значительных количествах биологически ценные и полезные вещества. Исходя из суточных норм физиологической потребности человека в пищевых веществах [14], мы оценили, в какой мере включение зеленных овощей в состав фототрофного звена БСЖО сможет удовлетворить эти потребности. Как видно из данных табл. 4, употребление в пищу 100 г свежих листовых овощей (или их смеси) практически полностью обеспечивает потребности человека в каротиноидах, существенной части суточной нормы кальция, калия и марганца, а также витамина С.

Таким образом, в результате проведенной работы получены данные, характеризующие рост,

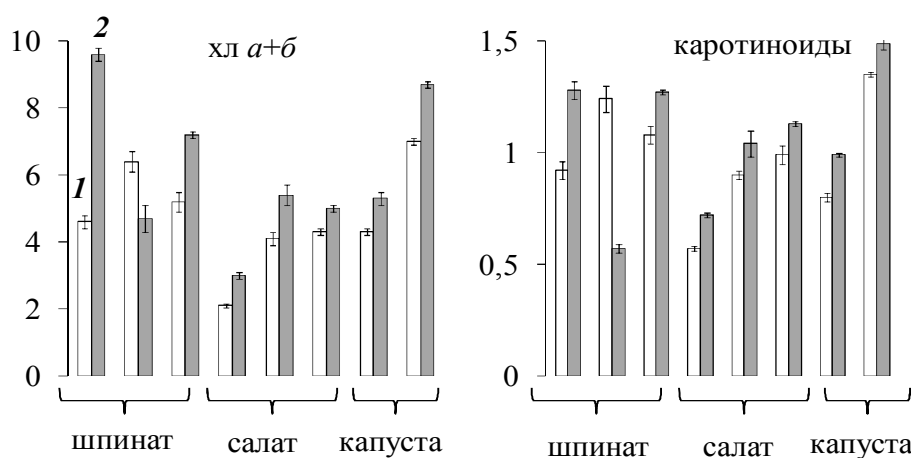


Рис. 4. Содержание пигментов, мг/г сухой массы, в съедобной биомассе овощных листовых культур, выращенных на почвоподобном субстрате (1) и керамзите (2).

Таблица 4

Содержание нутриентов в 100 г сырой надземной массы зеленных культур, % от рекомендованной суточной нормы

Нутриент	Суточная норма, мг	Капуста		Руккола	Шпинат, среднее для шести сортов
		с. Sensuji-kyomizuna	с. Бансэи маруба		
Витамин С	90	7	20	27	1
Сумма фенолов*	250	20	30	60	20
Сумма каротиноидов **	5	90	148	178	94
Кальций	1000	21	16	21	9
Фосфор	800	2	2	5	2
Магний	400	8	6	11	17
Калий	2500	20	15	29	24
Натрий	1300	1	1	2	2
Железо	10	12	4	4	6
Цинк	12	3	2	3	3
Медь	1	4	5	5	8
Марганец	2	16	21	10	8

* – сумма фенолов, включая флавоноиды; ** – сумма каротиноидов, включая β-каротин

продуктивность и накопление ряда биологически ценных веществ в биомассе зеленных культур применительно к условиям биорегенеративных систем жизнеобеспечения. Все исследованные виды овощных листовых растений, совместимые по режиму культивирования с другими представителями фототрофного звена БСЖО, сохраняли полезные свойства при выращивании на почвоподобном субстрате из минерализованных и биологически окисленных отходов растительного и животного происхождения. Установлено, что наибольшей продуктивностью съедобной биомассы отличалась листовая капуста. Шпинат характеризовался повышенным содержанием макро- и микроэлементов, особенно Mg. Листья салата накапливали больше, чем другие культуры, веществ фенольной природы, проявляющих антиоксидантную активность. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования листовых овощей в составе фототрофного звена БСЖО для обеспечения функциональной диеты человека.

Работа выполнена в рамках проекта «Интеграция биологического и физико-химического методов для повышения эффективности работы фототрофного звена биорегенеративной СЖО, включающей человека» по Программе поддержки фундаментальных исследований, выполняемых совместно организациями Уральского, Сибирского и Дальневосточного отделений РАН. Рег. № 09-С-4-1006.

Литература

1. Gitelson J.I., Lisovsky G.M., MacElroy R.D. Manmade Closed Ecological Systems. New-York: Taylor and Francis, 2003. 402 p.
2. Тихомиров А.А., Ушакова С.А., Лисовский Г.М. Высшие растения в искусственных экосистемах: достижения и перспективы // Современная физиология растений: от молекул до экосистем. Материалы докладов Международной конференции (в трех частях). Ч.1. Сыктывкар, 2007. С.25-26.
3. Estimation of the Stability of the Photosynthetic Unit in the Bioregenerative Life Support System with Plant Wastes Included in Mass / A.A.Tikhomirov, S.A.Ushakova, V.V.Velichko, I.G.Zolotukhin, E.S.Shklavtsova, C.Lasseur, T.K.Golovko//Acta Astronautica, 2008. Vol. 63. P. 1111-1118.
4. Лисовский Г.М., Тихомиров А.А. Оптимизация структуры фотосинтезирующего звена для замкнутой экологической системы жизнеобеспечения человека // Очерки экологической биофизики. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. С. 253-267.
5. Сравнительная оценка продуктивности некоторых зеленных культур, возможных представителей звена высших растений биорегенеративных систем жизнеобеспечения/ С.А.Ушакова, А.А.Тихомиров, В.В.Величко, Т.К.Головко, Г.Н.Табаленкова, И.Г.Захожий, В.В.Матусевич //Авиакосмическая и экологическая медицина, 2010. Т.44. №3. С.42-46.
6. Продукционный процесс и пищевая ценность зеленных культур защищенного грунта на Севере/Т.К.Головко, Г.Н.Табаленкова, И.В.Далькэ, И.Г.Захожий, Е.Е.Григорай, А.В.Буткин// Гавриш, 2010. №5. С.32-35.
7. Лечебные свойства пищевых растений / Под ред. Т.Л.Киселевой. М.: Изд-во ФНКЭЦ ТМДЛ Росздрава, 2007. 536 с.
8. Методические указания по проведению разрушения органических веществ в природных, питьевых, сточных водах и пищевых продуктах на микроволновой системе «Минотавр-2». 2005. 20 с.
9. Molyneux P. The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. Songklanakarin J. Sci. Technol., 2004. Vol.26. No. 2. P.211-219.
10. Луковникова Г.А., Ярош Н.П. Определение витаминов и других биологически активных веществ. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. С. 87-128.
11. Причины и механизмы интоксикации нитратами и нитритами / А.И.Гоженко, В.С.До-

- ренский, Е.И.Рудина, Г.Распутняк, Г.Котюжинская, А.Л.Котюжинский, Н.Г.Славина // Медицина труда и промышленная экология, 1996. №4. С. 15-21.
12. *Seginer I.* A Dynamic Model for Nitrogen-stressed Letucce// *Annals of Botany*, 2003. Vol. 91. No. 6. P. 623-635.
13. *Vermerris W., Nicholson R.* Phenolic Compounds and their Effects on Human Health // *Phenolic Compound Biochemistry*. Springer, 2006. P. 235-255.
14. *Нормы физиологических* потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. МР 2.3.1.2432 -08 от 18 декабря 2008 г. 39 с.

Статья поступила в редакцию 1.11.2010.

УДК 551.5:504.3.064.36:550.4(571.121)

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

М.П. ТЕНТЮКОВ*, А.И. ТАСКАЕВ*, И.И. ШУКТОМОВА*, В.П. ЛЮТОЕВ**

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар

**Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
tentyukov@ib.komisc.ru

Предложена новая методика изучения динамики концентраций искусственных и естественных радионуклидов в атмосфере путем сбора сухих аэрозолей в приземном слое воздуха. Даны описания устройства и способ сбора. Представлен анализ экспериментальных результатов, характеризующих динамику изменения концентраций искусственных и естественных радионуклидов в стоке сухих аэрозолей при их поступлении в лесные экосистемы.

Ключевые слова: сухие аэрозоли, искусственные и естественные радионуклиды, приземная атмосфера, лесные экосистемы, гамма-спектроскопия, ЭПР-спектроскопия

M.P. Tentyukov, A.I. Taskaev, I.I. Shuktomova, V.P. Lutoev.
ASSESSMENT OF SEASONAL DYNAMICS OF RADIONUCLIDES CONCENTRATION IN THE GROUND ATMOSPHERE

A new technique for studying the dynamics of artificial and natural radionuclides concentrations in the atmosphere through the collection of dry aerosols in the ground air layer is suggested. Device description and method for collection of dry aerosols are given. The experimental results analysis characterizing the seasonal changes of artificial and natural radionuclides concentrations in the drainage of dry aerosols when they enter the forest ecosystems.

Key words: dry aerosols, artificial and natural radionuclides, ground atmosphere, forest ecosystems, gamma spectroscopy, EPR spectroscopy

Введение

В настоящее время мониторинг атмосферных аэрозолей в рамках контроля окружающей среды, а также изучения процессов концентрирования и трансформации тонкодисперсного вещества в атмосфере, включая его пространственно-временное распределение в приземном слое воздуха, приобретает широкое распространение [1-3]. Определенную роль в этом процессе играет то обстоятельство, что в распределении и переносе естественных и искусственных радионуклидов в атмосфере и их обмене с подстилающей поверхностью участвуют сухие аэрозоли – атмосферные частицы диаметром 0,01-10,0 мкм.* Они составляют более 70 % объема концентрации всех взвешенных в атмосфере частиц и примерно половину суммарной поверхности аэрозолей [4]. Их доля в общем объеме выпадающих осадков для умеренных широт равна 10÷20 % [5]. Осаждение аэрозольных частиц с размером 0,01-10,0 мкм осуществляется в результате турбулентной диффузии. Скорость их

осаждения не зависит от силы тяжести и определяется только градиентом температур и концентраций в пограничном слое [6, 7].

Постановка проблемы

Для изучения аэрозолей отбирают пробы атмосферного воздуха с помощью аспирационных установок. Эффективность улавливания ими аэрозолей зависит от скорости прокачки воздуха и материала фильтров [8]. Другим типом аспирационных установок являются каскадные импакторы [9, 10, 7, 11], где воздушный поток последовательно проходит сквозь несколько сопел уменьшающихся размеров. Далее с помощью химического анализа определяют количество вещества, удержанного фильтром и импактором.

Вместе с тем, наряду с аспирационными установками используют способы сбора аэрозолей, где частицы осаждаются под действием внешних сил. Например, известен способ сбора аэрозолей, в котором их осаждение происходит за счет электростатического взаимодействия между частицей и подложкой [13]. Сущность способа заключается в том, что при движении судна на его носовой части устанавливаются планшеты в виде рамы с натянутой нейлоновой сеткой с размером ячеек 0,8 мм. Время экспозиции – 2-10 ч. После этого сетку снимают и

* В этот интервал попадают частицы, представляющие наибольшую гигиеническую опасность (до 0,3 мкм) [8]. Для них характерно то, что они практически не захватываются дождевыми каплями [12].

промывают дистиллированной водой, которую затем фильтруют через мембранный фильтр. Полученный осадок анализируют известными методами.

Аэрозольные частицы можно собрать на горизонтально выставленные с самолета стеклянные пластинки [14]. В другом способе [15] для взятия проб используют осаждение под действием силы тяжести. В качестве подложки-субстрата здесь применяют небольшие фрагменты растительной подстилки из сфагнового мха размером 7×7×7 см. Вырезанный фрагмент помещают в контейнер из капроновой сетки, который затем вывешивают на внешней стороне метеорологической будки. Время экспозиции – один год. Гравитационные методы сбора имеют преимущество, благодаря тому, что отражают природный механизм осаждения аэрозолей из атмосферы, тогда как количественные характеристики аэрозольной нагрузки, полученные аспирационными установками, отражают потенциальные запасы аэрозолей в атмосфере, и которые не всегда и не полностью поступают на подстилающую поверхность.

Сущность метода

Для изучения динамики концентраций радионуклидов в стоке сухих аэрозолей использован способ [16], заключающийся в разделении процесса осаждения аэрозольных частиц, выделяя для последующего гамма-спектрометрического анализа те, осаждение которых контролируется турбулентной диффузией (их размеры составляют 0,01-10,0 мкм). Взаимодействие таких частиц как между собой в воздушном потоке, так и с поверхностью субстрата при осаждении определяется вандерваальсовыми силами. Известно, у поверхности скорость воздушного потока сильно изменяется, образуется так называемый «пограничный слой». Поскольку для солнечной радиации воздух прозрачен, его температура в пограничном слое зависит от нагрева частиц, а ее (*температуры*) величина – от интенсивности солнечной радиации. При этом, чем больше частиц в пограничном слое, тем выше его температура, тем активнее идет молекулярное перемешивание: при нагреве частиц часть их кинетической энергии передается молекулам воздуха. Число соударений возрастает, и частицы могут контактировать с поверхностью и удерживаться на ней. Это явление относится к числу поверхностных, т.е. таким, которые возникают на границе соприкасающихся фаз, и называется адгезией (прилипанием) [17]. Адгезии всегда предшествует адсорбция, сопровождающаяся изменением концентрации вещества на границе раздела фаз. Процесс идет на различных межфазовых поверхностях, и адсорбироваться могут любые вещества. При этом адсорбционное равновесие, т.е. равновесное распределение вещества между пограничным слоем и граничащими фазами, является динамическим равновесием и быстро устанавливается [18].

Если силы взаимодействия между двумя частицами больше, чем при взаимодействии между частицей и поверхностью, то в пограничном слое происходит укрупнение частиц – аутогезия [по: 17].

В данном случае на осаждение частиц в пограничном слое начинают влиять уже силы гравитации. Этому процессу способствует то, что при контакте аэрозольных частиц между ними образуется прослойка жидкости за счет капиллярной конденсации, т.е. конденсации паров в жидкость при давлении, которое меньше давления насыщенного пара. Необходимым условием для образования капиллярной прослойки является гидрофильность контактирующих поверхностей. Проявление капиллярности в зоне контакта частиц может наблюдаться уже при относительной влажности воздуха более 50 %, а при влажности 70 % именно капиллярные силы обуславливают величину адгезии частиц. Адгезионное взаимодействие частиц и смачиваемость их поверхности осуществляются за счет молекулярно-поверхностных процессов. Кроме того, известно, что большинство твердых поверхностей представляют собой участки различной активности, так что обычные поверхностные реакции на твердых телах протекают преимущественно на локализованных активных адсорбционных участках, которые для каждого вещества могут быть на разных частях поверхности. Следовательно, поверхность минерального зерна по отношению к сухим аэрозольным выпадениям химически неоднородна: то, что является активным участком для одного вещества, не будет обязательно таковым для другого. Присутствие на поверхности двух и более твердых веществ усиливает химическую неоднородность поверхности, что значительно повышает ее адсорбционные свойства.

Цель данной работы – показать результаты экспериментальных наблюдений за динамикой концентраций радионуклидов в стоке сухих аэрозолей при их поступлении в лесные экосистемы.

Методика

Для сбора сухих аэрозолей было использовано модернизированное устройство [19], технический результат которого заключается в следующем. Из-за различий в теплоемкости материалов депонирующего субстрата и устройства при воздействии солнечной радиации во внутреннем объеме устройства возникает температурный градиент, сопровождающийся формированием конвективных и турбулентных потоков воздуха и, как следствие, появлением пограничного слоя над субстратом, помещенном на круглый ложемент (рис. 1). В итоге внутри устройства создаются условия диффузионного и турбулентного осаждения сухих аэрозолей из пограничного слоя на поверхность химически инертного субстрата, что естественным образом обеспечивает накопление сухих аэрозолей нужной размерности. Это повышает качество результатов, поскольку отражает природный механизм осаждения сухих аэрозолей из атмосферы.

Сбор сухих аэрозолей был организован на ключевом участке, расположенном в пределах зеленой зоны к западу от г. Сыктывкар. В границах участка на деревьях и кустарниках на высоте 0,6-2,0 м развешивались устройства для сбора сухих аэрозолей. В качестве субстрата использован химически инертный тонкодисперсный порошок Al_2O_3 .

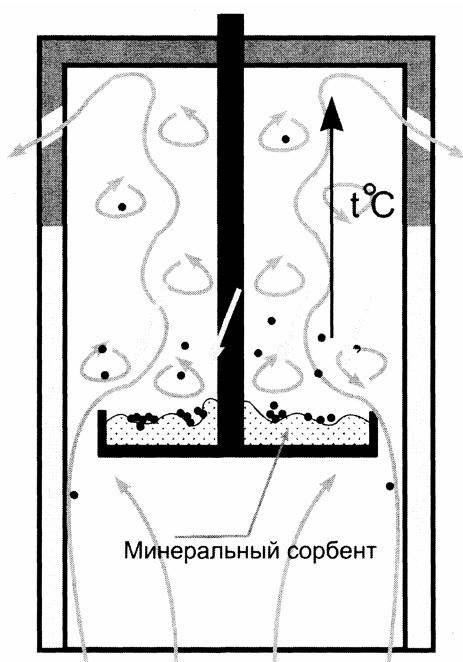


Рис. 1. Схема диффузионного и турбулентного осаждения сухих аэрозолей из пограничного слоя на поверхность химически инертного субстрата.

(марки ХЧ), его (4-5 г) насыпали тонким слоем на ложемент. В каждое устройство помещали по одному ложемента. Схема наблюдений по динамике концентраций радионуклидов в стоке сухих аэрозолей в лесные экосистемы предусматривала ежемесячную установку одной партии устройств (20 шт.). Период наблюдений составил год (с мая 2009 по май 2010 г.).

Измерения ^{137}Cs , ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{90}Sr производили на сцинтилляционном гамма-бета спектрометрическом комплексе с программным обеспечением «Прогресс» в геометриях «чашка Петри»,

«Кювета-D70», «Маринелли-250». Время измерения проб в указанных геометриях составило 7200, 3600 и 3600 с соответственно. Для измерения удельных активностей экспонированные порошки каждой партии объединяли в одну пробу, что обеспечивало нужное количество исследуемого образца.

Для качественной характеристики минералогической фазы сухих аэрозолей в экспонированных образцах использовали метод электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР-спектроскопия). Спектры ЭПР были изучены в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН на серийном радиоспектрометре SE/X-2547 (RadioPAN, Польша) при комнатной температуре образцов. Пары образцов (Al_2O_3) изучены с тройной повторностью. Каждая пара – это эталонный (контрольный) и экспонированный образцы сорбента. Навеска образцов при регистрации спектров составляла около 200 мг. Порошки помещали в кварцевую пробирку. Сигналы пробирки устраняли из полученных спектров при математической обработке спектров.

Результаты и обсуждение

Гамма-спектрометрия экспонированных образцов показала, что для ^{137}Cs , ^{232}Th , ^{226}Ra удельная активность ниже чувствительности метода определения. Только для ^{40}K результаты измерений показали наличие изменчивости в динамике концентраций (таблица). В спектре эталонного образца присутствуют линии от парамагнитных ионов Fe^{3+} , локализованных в замещающих ионы алюминия структурных позициях оксида алюминия (линии с g-факторами 5.08 и 2.07) и в аморфизованных частях вещества (g = 4.27) [20]. Узкая линия с g = 2.004, по-видимому, относится к поверхностным дефектам. Кроме этого, в области спектра при значениях магнитного поля около 300 мТ присутствует широкая полоса, которая происходит от небольших количеств примесей оксидов и/или гидроксидов желе-

Схема экспонирования порошковых сорбентов (Al_2O_3)

Номер пробы	2009 г.								2010 г.					Удельная активность, Бк/кг
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
09-5														54±13,5
09-6														< 40
09-7														62±18,6
09-8														< 40
09-9														54±12,5
09-11														< 40
09-12														< 40
10-1														< 40
10-2														< 40
10-3														< 40

Примечание. Толстой линией показана продолжительность экспонирования каждой партии устройств.

за. В спектре ЭПР экспонированных образцов линии примесных ионов Fe^{3+} с g-факторами 5.08, 4.27 и 2.07 остались неизменными (рис. 2). Оксид алюминия относится к очень инертному химическому соединению, поэтому экспонирование не нарушило структуры вещества. Названные линии примесных ионов железа были использованы в качестве внутреннего стандарта интенсивности спектров ЭПР.

ненные полосы. Сопоставление данных гамма-спектрометрического анализа с ЭПР-спектроскопией экспонированных порошков (табл. и рис. 2) указывает на корреляцию интегральной интенсивности сигналов железосодержащей фаз в сухих аэрозолях и значений удельной активности, полученной для ^{40}K , возрастающей с увеличением продолжительности экспонирования.

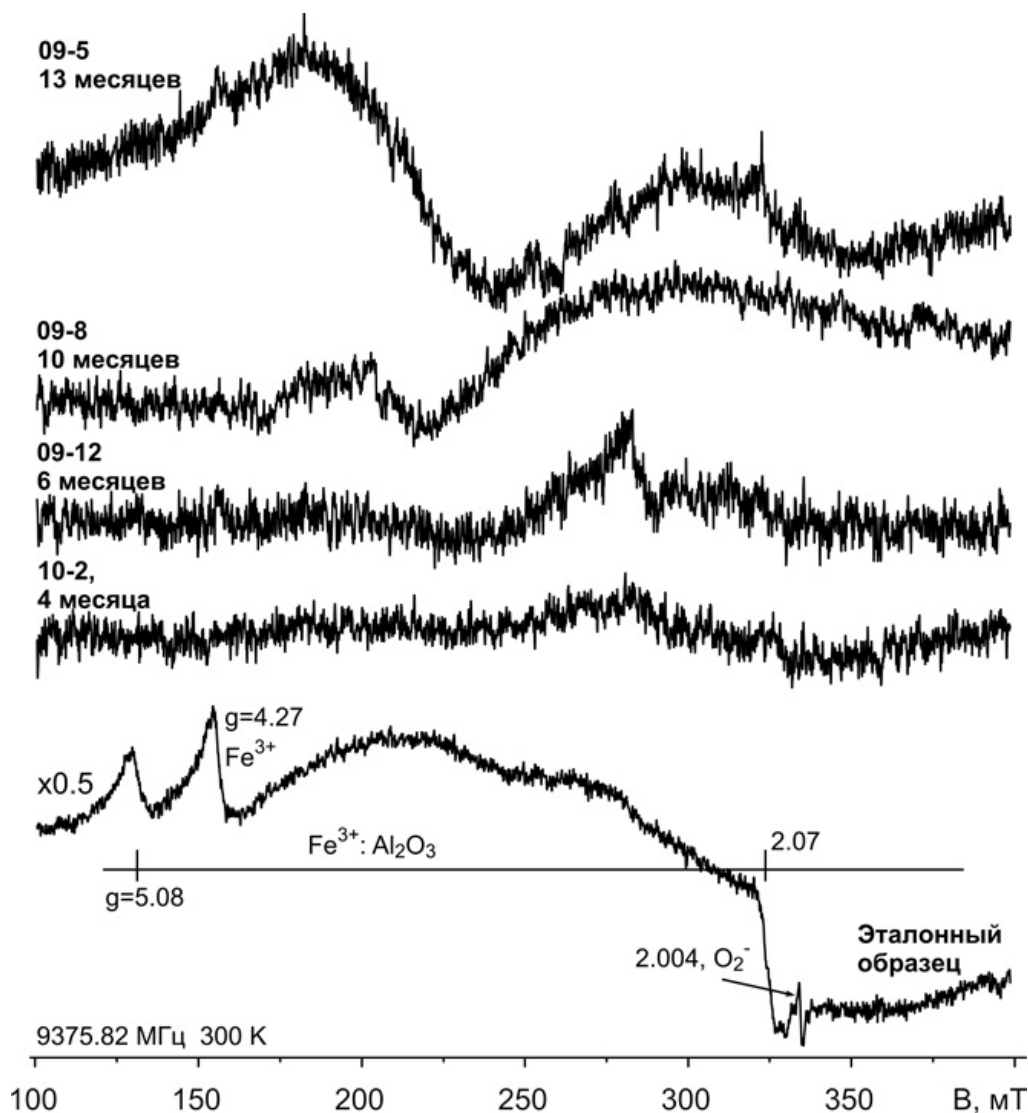


Рис. 2. Спектр ЭПР эталонного образца Al_2O_3 (навеска для анализа 200 мг) и разностные спектры экспонированных порошков и эталонного образца. Нормирование интенсивностей спектров произведено по линиям Fe^{3+} с g-факторами 5.08 и 4.27.

По мере увеличения времени экспозиции образцов на фоне названных линий в спектрах ЭПР эталонного образца дополнительно появляются сначала одиночные компоненты в интервале полей 170–300 мТ, а затем широкие симметричные полосы с центром при 200 и 320 мТ. На начальных этапах экспозиции на порошок осаждаются отдельные частички магнитных оксидов железа, обуславливающие отдельные компоненты сигналов ферроантиферромагнитного резонанса, преобразующиеся по мере накопления частичек в широкие усред-

Можно полагать, что региональный перенос ^{40}K происходит в составе минералов теллурической пыли, а механизм накопления радиоактивности экспонированных препаратов с эффектом суммации малых доз, обусловленного капиллярной конденсацией сухих аэрозолей в пограничном слое.

Эффект суммации малых доз. Известно, что для появления капиллярной конденсации необходимо, чтобы температура воздушного потока была выше температуры поверхности, с которой контактирует частица. В природных условиях это «обес-

печивается» турбулентным движением воздушных потоков и влагосодержанием воздуха. Их характеристики в приземной атмосфере зависят от температуры. При этом между влагосодержанием и температурой воздуха существует зависимость: чем выше температура воздуха, тем больше водяного пара содержится в нем. Поэтому с увеличением суточной амплитуды температур возрастает (до нескольких процентов) и суточная амплитуда относительной влажности. Вместе с тем, для каждой температуры существует «свое» состояние насыщения, т.е. то предельное содержание водяного пара в воздухе, которое в условиях неизменного давления не может быть превзойдено. Поэтому при полном влагонасыщении воздуха, т.е. при относительной влажности (е), равной 100 %, фактически температура воздуха совпадает с точкой росы (t). При относительной влажности меньше 100 % точка росы ниже фактической температуры воздуха:

e, %	= 100	90	80	70	60	50
t, град.	= 15,0	13,4	11,6	9,5	7,3	4,5.

Представленная зависимость показывает, чтобы при температуре воздуха 15 °С и влажности 90 % выделилась роса, температуру воздуха надо понизить до 13,4 °С. В то же время данные условия достаточны для появления капиллярной жидкости во всем интервале температур. Иными словами, при суточном ходе температур воздуха от 4,5 °С до 15 °С и при неизменных характеристиках влагосодержания воздуха выделение росы произойдет только один раз – при температуре 15 °С, тогда как образование капиллярной жидкости в данном интервале температур, а вместе с ней и осаждение сухих аэрозолей – всякий раз, когда поток воздуха коснется охлажденной поверхности.

Вместе с тем развитие турбулентности в приземном слое воздуха определяется градиентом и суточным ходом температуры в деятельном слое (0.01-0.5 м), которые в 1.5-2.0 раза превышают эти же показатели, но регистрируемые на высоте 2 м. Такое распределение температур создает благоприятные условия для развития конвекции и турбулентности в деятельном слое. Поскольку в лесу роль деятельной поверхности переходит к кронам, то нагрев поверхности растений из-за неоднородного распределения солнечной радиации в пологе леса меняется на разных уровнях древостоя. Поэтому внутри полога леса возникает движение воздушных потоков с направленностью как вверх, так и к земной поверхности. В этих условиях осаждение сухих аэрозолей будет происходить каждый раз, когда поток воздуха коснется охлажденной поверхности (эффект суммации малых доз). При этом возникает высокая вероятность образования локальных (точечных) аномалий металлов на поверхности растений при одновременном сохранении их фоновых концентраций в приземном слое воздуха.

Закключение

На основании полученных результатов может быть определен спектр радиоэкологических задач, решаемых с помощью описанного способа, а именно: организация наблюдений за динамикой сухого

осаждения радионуклидов в наземные экосистемы в пределах территорий, прилегающих к предприятиям атомной промышленности; изучение условий формирования радиационных аномалий в приземной атмосфере и влияния погодообразующих процессов и метеорологических факторов на распределение радионуклидов в приземном слое воздуха и почвенно-растительном покрове. Полученные результаты ЭПР-спектроскопии позволяют также очертить круг задач исследования сухих аэрозолей. Так, наличие линий ЭПР структурных примесных ионов металлов в контрольных (неэкспонированных) образцах допускает их использование в качестве устойчивых внутренних стандартов при сравнении интенсивности спектра экспонированных образцов при изучении атмосферного цикла миграции радионуклидов в условиях аэротехногенного загрязнения поверхности.

Таким образом, предложенная методика исследований динамики концентраций радионуклидов в стоке сухих аэрозолей дает возможность по-новому организовать наблюдения за состоянием радиологического фона в зоне техногенеза и на фоновых территориях. Простота конструкции устройства сбора сухих аэрозолей и низкие затраты на его изготовление позволяют использовать устройство для одновременного сбора сухих аэрозолей в различных ландшафтных условиях и на большой площади, что, в отличие от существующих способов, повышает качество и технологичность исследований атмосферного цикла миграции радионуклидов, например, в труднодоступных районах.

Работа выполнена в рамках интеграционного проекта 09-И-45-3002 фундаментальных исследований УрО РАН «Разработка методов спектроскопической диагностики нано- и микрочастиц в стоке сухих аэрозолей в наземные экосистемы».

Литература

1. *Аэрозоли Сибири* / Отв. ред. К.П.Куценогий. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 548 с. (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 9).
2. *Виноградова А.А., Пономарева Т.Я.* Источники и стоки антропогенных пассивных примесей в Российской Арктике весной и летом // *Изв. РАН. Сер. Физика атмосферы и океана*, 2000. Т. 36. № 3. С. 357-365.
3. *Анализ временной динамики* изменения состава атмосферного аэрозоля на севере Западной Сибири / В.Ф.Рапутта, Б.С.Смоляков, К.П.Куценогий и др. // *Сиб. эколог. журн.*, 2000. Т. 7. № 1. С. 97-102.
4. *Смирнов В.В.* Аэрозольный климат Подмосковья // *Метеорология и гидрология*, 2003. № 9. С. 37-49.
5. *Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А.* Физика атмосферных аэрозольных систем. СПб: Изд-во СПбГУ, 1999. 258 с.
6. *Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессман А.Я. и др.* Кислотные дожди. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 270 с.

7. Хорват Л. Кислотный дождь/ Пер. с венг. под ред. Ю.Н. Михайловского. М.: Стройиздат, 1990. 80 с.
8. *Геохимия окружающей среды* / Сост. Ю.Е.Саэт, Б.А.Ревич, Е.П.Янин, и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
9. *Кислотные выпадения. Долговременные тенденции* / Пер. с англ. под ред. Ф.Я. Ровинского, В.И. Егорова. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 439 с.
10. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию / Пер. с англ. под ред. Б.Ф. Садовского. М.: Мир, 1987. 280 с.
11. May K.R. Cascade impactor, an instrument for sampling aerosols / J. Sci. Instr., 1945. Vol. 22. P. 187-196.
12. Веремей Н.Е., Довгалюк Ю.А., Егоров А.Д. и др. Исследование влажного вымывания аэрозольных частиц облаками и осадками // Метеорология и гидрология, 1999. № 8. С. 5-14.
13. Живаго В.Н., Богданов Ю.А. Гидрофизические и гидрооптические исследования в Атлантическом и Тихом океанах. М.: Наука, 1975. С.259-279.
14. Woodcock A.H. Atmospheric salt particles and rain drops / J. Meteorol., 1952. Vol. 9. P. 200-207.
15. Баденкова С.В., Добродеев О.П. Сфагнум и торф верховых болот как объект геохимического мониторинга // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. М., 1984. С. 71-76.
16. Тентюков М.П. Способ сбора сухих аэрозолей для изучения аэротехногенного загрязнения лесных экосистем и устройство для его осуществления // Метеорология и гидрология, 2007. № 5. С. 99-106.
17. Зимон А.Д. Что такое адгезия. М.: Наука, 1983. 176 с.
18. Адам Н.К. Физика и химия поверхностей. М.-Л.: ОГИЗ-Гостехиздат, 1947. 552 с.
19. Тентюков М.П., Лютое В.П. ЭПР-спектроскопия сухих аэрозолей // Оптика атмосферы и океана, 2008. Т. 21. № 9. С. 789-792.
20. De Biasi R.S., Rodriques D.C.S. Influence of iron concentration and partical size on ESR linewidth of $Al_2O_3:Fe^{3+}$ powders // J. Materials Sci. Lett., 1983. Vol. 2, No. 1. P. 210-212.

Статья поступила в редакцию 03.11.2010.

УДК 612.172

ВЛИЯНИЕ БИВЕНТРИКУЛЯРНОЙ И МОНОФОКАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ВЕРХУШЕК ЛЕВОГО И ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКОВ СОБАКИ НА ПАРАМЕТРЫ СЕРДЕЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ

Н.А. КИБЛЕР

*Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
natanadya@mail.ru*

В клинической кардиологии для улучшения сократимости левого желудочка (ЛЖ) широко используется бивентрикулярная и монофокальная электрическая стимуляция желудочков сердца. В работе изучены параметры сердечной гемодинамики при бивентрикулярной стимуляции (основание левого и верхушка правого (ПЖ) желудочков) и монофокальной стимуляции верхушек ЛЖ и ПЖ взрослых беспородных собак. Насосная функция ЛЖ собаки сохраняется в большей степени при стимуляции верхушки ЛЖ, тогда как насосная функция ПЖ – при бивентрикулярной стимуляции. Наибольшее снижение насосной функции ПЖ происходит при электрической стимуляции его верхушки, по сравнению со стимуляцией других зон миокарда.

Ключевые слова: сердечная гемодинамика, бивентрикулярная и монофокальная стимуляция желудочков, внутрижелудочковое давление, собака.

N.A. KIBLER. EFFECTS OF BIVENTRICULAR AND MONOFOCAL PACING OF THE LEFT AND RIGHT VENTRICULAR APICES ON THE PARAMETERS OF THE CARDIAC HEMODYNAMICS IN DOG

In clinical cardiology biventricular and monofocal electrical pacing is widely applied to improve contractility of the left ventricle. Parameters of cardiac haemodynamics at biventricular (base of the left and apex of the right ventricles) and monofocal pacing of the apices of the left and right ventricles of adult mongrel dogs are studied. Pump function of the left ventricle in dog continued to a greater degree at pacing of the left ventricle apex, whereas that of the right ventricle - at biventricular pacing. The greatest decrease in pump function of the right ventricle occurs at electric pacing of its apex, as compared with pacing of other zones of myocardium.

Key words: cardiac hemodynamics, biventricular and monofocal pacing, ventricular pressure, dog

В практической медицине используют бивентрикулярную и монофокальную стимуляцию желудочков, чтобы улучшить сократимость ЛЖ [1]. Установлено [2-6], что бифокальная стимуляция в сравнении с монофокальной стимуляцией желудочков приводит к большей синхронизации возбуждения миокарда желудочков и, соответственно, к уменьшению длительности комплекса QRS и улучшению насосной функции. Бивентрикулярная стимуляция улучшает сердечную функцию у собак с блокадой левой ножки пучка Гиса, что проявляется в увеличении показателя сократимости dP/dt_{max} и аортального давления в сравнении с суправентрикулярным ритмом [7].

В большинстве проведенных исследований [2, 8-12] при эктопическом возбуждении исследована в основном насосная функция ЛЖ. Показатели насосной функции ПЖ сердца у теплокровных животных при различной локализации эктопических очагов возбуждения в сравнении с насосной функцией ЛЖ изучены в меньшей степени [13]. Исследование закономерностей формирования сократительной функции ПЖ сердца является актуальным

для поиска оптимальных областей электрокардиостимуляции, при которых нарушения гемодинамики были бы минимальными.

Цель настоящей работы – установление влияния бивентрикулярной и монофокальной стимуляции верхушек левого и правого желудочков на параметры сердечной гемодинамики собаки.

Материал и методы

Исследования проведены на 16 взрослых беспородных собаках обоего пола. Животных наркотизировали зоветилом (15 мг/кг, внутримышечно). Для миорелаксации внутривенно вводили ксилазин в дозе 3 мг/кг. В течение эксперимента проводили инфузию капельным путем 0,85% NaCl для поддержания перфузии тканей. Животных перевозили на искусственную вентиляцию легких с помощью аппарата «РО-6-04». Грудную клетку вскрывали по среднегрудной линии, обнажали сердце и разрезали перикард. Температуру тела собаки поддерживали на уровне 37-38°C, сердце смачивали теплым физиологическим раствором.

Методика регистрации внутрижелудочкового давления. С помощью гемодинамической установки Prucka Mac-Lab 2000 (GE Medical System, GmbH) у собак определяли давление в ЛЖ, ПЖ и в аорте. Для измерения давления в полости ПЖ сердца животных использовали заполненный гепаринизированным физиологическим раствором однопросветный катетер (внутренний диаметр 1 мм), который вводили через свободную стенку желудочка. Посредством катетеризации левой бедренной артерии у собаки катетером Свана-Ганца измеряли давление в ЛЖ и аорте, а также минутный объем крови. Определяли гемодинамические показатели: среднее давление в аорте, систолическое и конечно-диастолическое давление, максимальную скорость повышения давления (dP/dt_{max}) и максимальную скорость падения давления (dP/dt_{min}) в ПЖ и ЛЖ. По полученным данным среднего аортального давления и сердечного выброса фиксировали общее периферическое сопротивление.

Методика электрической стимуляции сердца. Стимуляцию сердца проводили с помощью электрокардиостимулятора «ЭКСН-04». Ушко правого предсердия (суправентрикулярный ритм) и эпикардальную поверхность желудочков собаки стимулировали импульсами прямоугольной формы (амплитуда 3,5 В, длительность 1 мс). Чтобы избежать высокой вариабельности частоты сердечных сокращений, которая наблюдается при синусовом ритме у каждого животного, для контроля использовали суправентрикулярный ритм. Проводили эпикардальную электрическую монофокальную стимуляцию верхушки ЛЖ и ПЖ и бивентрикулярную стимуляцию (стимуляция основания ЛЖ и верхушки ПЖ).

При сравнении количественных показателей использовали однофакторный дисперсионный анализ. Для оценки различий параметров до и после воздействия применяли критерий Стьюдента с последующей поправкой Бонферрони, а также критерий Уилкоксона. Связь показателей изучали методом корреляционного анализа. Данные в работе представлены в виде: среднее арифметическое $\pm$ стан-

дартное отклонение ($M \pm \sigma$). Для статистической обработки использовали пакеты STATISTICA 6.0., BIostat 4.03.

Результаты исследования

При бивентрикулярной стимуляции максимальное систолическое давление в ЛЖМСД собаки снижается ($p < 0,05$), тогда как в ПЖ значимого изменения ПМЖСД не происходит. При таком виде стимуляции не происходит изменения dP/dt_{max} как в ЛЖ, так и в ПЖ. Скорость изоволюмического расслабления dP/dt_{mix} миокарда ЛЖ уменьшается ($p < 0,05$), а в ПЖ остается неизменной. Среднее аортальное давление и общее периферическое сопротивление в сравнении с суправентрикулярным ритмом уменьшаются ($p < 0,05$), а величина сердечного выброса не изменяется (таблица).

При стимуляции верхушки ЛЖ, в сравнении с суправентрикулярным ритмом, максимальное его систолическое давление не изменяется, тогда как в ПЖ при данном виде стимуляции максимальное систолическое давление уменьшается значимо ($p < 0,05$). В ПЖ максимальная скорость прироста и падения давления ($p < 0,05$) в сравнении с суправентрикулярным ритмом снижается, а среднее аортальное давление, минутный объем крови и общее периферическое сопротивление не изменяются. Суще-

Гемодинамические показатели сердца собаки при суправентрикулярном ритме, бивентрикулярной и монофокальной стимуляциях верхушек желудочков

Гемодинамические показатели сердца	Суправентрикулярный ритм	Бивентрикулярная стимуляция	Стимуляция верхушки ПЖ	Стимуляция верхушки ЛЖ
ЛЖМСД, мм рт.ст.	119 $\pm$ 18	105 $\pm$ 17*‡	100 $\pm$ 15*‡	114 $\pm$ 17
ЛЖКДД, мм рт.ст.	10 $\pm$ 4	9 $\pm$ 4	9 $\pm$ 4	10 $\pm$ 4
dP/dt_{max} ЛЖ, мм рт.ст./с	1421 $\pm$ 400	1291 $\pm$ 389	1206 $\pm$ 367*‡	1437 $\pm$ 403
dP/dt_{min} ЛЖ, мм рт.ст./с	-1306 $\pm$ 401	-953 $\pm$ 289**‡	-902 $\pm$ 305**‡	1282 $\pm$ 403
ПЖМСД, мм рт.ст.	20 $\pm$ 3	18 $\pm$ 4	17 $\pm$ 4*	17 $\pm$ 4*
ПЖКДД, мм рт.ст.	1 $\pm$ 2	2 $\pm$ 2	2 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2
dP/dt_{max} ПЖ, мм рт.ст./с	282 $\pm$ 64	287 $\pm$ 66	213 $\pm$ 62*†	250 $\pm$ 62*
dP/dt_{min} ПЖ, мм рт.ст./с	-250 $\pm$ 69	-200 $\pm$ 65	-159 $\pm$ 61**	205 $\pm$ 61*
Рср, мм рт.ст.	85,6 $\pm$ 19,0	74,7 $\pm$ 18,4*	76,7 $\pm$ 17,2**	80,6 $\pm$ 16,2
МОК, л/мин	1,8 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,3	1,8 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,2
ОПС, мм рт.ст.* мин/л	47,7 $\pm$ 15,9	37,2 $\pm$ 12,4**	40,9 $\pm$ 12,2**	44,3 $\pm$ 13,2

Примечание: ЛЖМСД и ПЖМСД – максимальное систолическое давление левого и правого желудочков; ЛЖКДД и ПЖКДД – конечно-диастолическое давление левого и правого желудочков; dP/dt_{max} ЛЖ и dP/dt_{max} ПЖ – максимальная скорость прироста давления в левом и правом желудочках; dP/dt_{min} ЛЖ и dP/dt_{min} ПЖ – максимальная скорость падения давления в левом и правом желудочках; Рср – среднее аортальное давление, МОК – минутный объем крови (сердечный выброс), ОПС – общее периферическое сопротивление. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ – по сравнению с суправентрикулярным ритмом; † $p < 0,05$ – по сравнению с бивентрикулярной стимуляцией; ‡ $p < 0,05$ – по сравнению со стимуляцией верхушки ЛЖ.

ствуется прямая зависимость максимальной скорости падения давления от максимальной скорости прироста давления ЛЖ ($r=0,70$; $p<0,05$) (таблица).

При стимуляции верхушки ЛЖ максимальное систолическое давление как в ЛЖ, так и в ПЖ значительно уменьшается ($p<0,01$) в сравнении с суправентрикулярным ритмом. Максимальная скорость нарастания падения давления в обоих желудочках снижается в большей степени ($p<0,01$) как по сравнению с суправентрикулярным ритмом, так и по отношению к бивентрикулярной стимуляции и стимуляции верхушки ЛЖ ($p<0,05$). В ЛЖ существует прямая зависимость между максимальной скоростью прироста и падения давления ($r=0,79$; $p<0,01$). При стимуляции верхушки ПЖ значительно уменьшаются ($p<0,01$) среднее аортальное давление и общее периферическое сопротивление, по сравнению с суправентрикулярным ритмом, тогда как минутный объем крови в условиях данной стимуляции по сравнению с исходным не изменяется (таблица).

Обсуждение результатов

При эктопическом возбуждении желудочков сердца собаки показатели их насосной функции снижаются. Более выраженное инотропное влияние на насосную функцию ЛЖ оказывает стимуляция ПЖ, по сравнению с левожелудочковой и бивентрикулярной стимуляцией. При этом показатели насосной функции ЛЖ значительно ниже при стимуляции верхушки ПЖ, что согласуется с данными литературы [1, 12, 14-17].

Величина dP/dt_{max} зависит от преднагрузки, однако в силу стабильности последней при кардиостимуляции служит надежным маркером изменения сократимости ЛЖ [2, 11, 12, 15, 18-22]. Ранее показано, что уменьшение систолического давления и dP/dt_{max} по сравнению с суправентрикулярным ритмом, происходит при эпикардиальной стимуляции средней части ЛЖ [22] и стимуляции ПЖ [15, 19, 23, 24]; тогда как при эктопическом возбуждении верхушки ЛЖ [2] и средней части передней стороны ЛЖ [22] максимальная скорость прироста давления ЛЖ увеличивается более значительно в сравнении со стимуляцией основания ЛЖ. Наши данные показывают, что уровень преднагрузки ЛЖ и ПЖ при эктопическом возбуждении желудочков у собаки не изменяется, а уменьшение максимального систолического давления и dP/dt_{max} в ЛЖ и ПЖ свидетельствует об ухудшении сократимости их миокарда. В обоих желудочках dP/dt_{max} при стимуляции верхушки ПЖ уменьшается в большей степени.

Известно, что снижение систолической функции желудочков при их стимуляции приводит к существенным изменениям диастолической функции. Поскольку расслабление желудочков зависит от преднагрузки, постнагрузки и однородности процессов сокращения, при изменении степени неоднородности сокращения миокарда эктопическое возбуждение желудочков нарушает и процесс расслабления миокарда [2]. Максимальная скорость падения давления ЛЖ значительно меняется при стимуляции желудочков [2, 12, 24-26]. Стимуляция

только ЛЖ увеличивает время сокращения, что приводит к увеличению длительности периода систолы и уменьшению скорости расслабления желудочка [1, 27]. При одном и том же конечно-систолическом давлении у собак расслабление ЛЖ происходит медленнее при стимуляции ПЖ, чем при суправентрикулярном ритме [15, 19, 28]. По нашим данным, максимальная скорость падения давления ЛЖ уменьшается при бивентрикулярной стимуляции, по отношению к суправентрикулярному ритму.

Стимуляция верхушек желудочков вызывает сходные изменения dP/dt_{max} и dP/dt_{min} ЛЖ, о чем свидетельствуют ранее полученные данные [25; 2; 12; 26; 22]. Это подтверждается выявленной нами положительной корреляционной связью между dP/dt_{max} и dP/dt_{min} ЛЖ при монофокальной стимуляции. Объяснить взаимосвязь между параметрами сокращения и расслабления миокарда можно тем, что при увеличении сократимости больший ударный объем приводит к уменьшению конечно-систолического объема (КСО). При сниженном КСО с увеличением скорости диссоциации кальций-тропонинового (Ca^{2+} -ТnC) комплекса [29] возрастает максимальная скорость падения давления в желудочках и, соответственно, улучшается процесс расслабления [30].

Помимо изменений изоволюмических показателей желудочка, чувствительными к электрокардиостимуляции являются также ударный объем и сердечный выброс. При эпикардиальной стимуляции верхушки ПЖ, по сравнению с суправентрикулярным ритмом, происходит незначительное снижение ударного объема [19, 23, 24]. В результате стимуляции разных участков желудочка сопряжение между активацией предсердий и желудочков изменяется, что приводит к меньшему участию предсердия в наполнении желудочка, а это в свою очередь влияет на сердечный выброс [2, 20]. Последний в небольшой степени уменьшается как при стимуляции эпикарда [19], так и эндокарда [15] верхушки ПЖ, по сравнению со стимуляцией других областей желудочков.

В ходе наших экспериментов эктопическое возбуждение сердца у собаки не изменяло сердечный выброс, однако стимуляция верхушки ПЖ и бивентрикулярная стимуляция сопровождались значительным снижением $R_{ср}$ и ОПС, что является по-видимому, компенсаторным механизмом для поддержания фиксированного сердечного выброса при сниженной сократимости миокарда желудочка.

Следовательно, по нашим данным при стимуляции желудочков снижение насосной функции левого и правого желудочков имеет сходную направленность. А именно, максимальное систолическое давление, максимальная скорость прироста и падения давления в желудочках в большей мере снижаются при стимуляции верхушки ПЖ. Однако области желудочков, при стимуляции которых параметры насосной функции у ЛЖ и ПЖ являются оптимальными, имеют различное анатомическое расположение. Насосная функция ЛЖ оптимальна при нанесении стимула в область его верхушки, а насосная функция ПЖ – при бивентрикулярной стимуляции.

Таким образом, подытоживая вышесказанное можно сделать следующие выводы: 1) стимуляция желудочков у собаки ухудшает как процесс сокращения, так и расслабления миокарда левого и правого желудочков; 2) насосная функция ЛЖ и ПЖ у собаки существенно снижается при стимуляции верхушки ПЖ; 3) насосная функция ЛЖ собаки сохраняется в большей степени при стимуляции верхушки ЛЖ, тогда как насосная функция ПЖ значительно сохраняется при бивентрикулярной стимуляции.

Литература

1. Hay I., Melenovsky V., Fetis B.J. Short-term effects of right-left heart sequential cardiac resynchronization in patients with heart failure, chronic atrial fibrillation, and atrioventricular nodal block // *Circulation*, 2004. Vol. 110. P. 3404-3410.
2. Prinzen F.W., Oosterhout M.F.M. van, Vanagt W.Y.R., Storm C., Reneman R.S. Optimization of ventricular function by improving the activation sequence during ventricular pacing // *PACE*, 1998. Vol. 21. P. 2256-2260.
3. Effects of multisite biventricular pacing in patients with heart failure and intraventricular conduction delay / S.Cazeau, C.Leclercq, T.Laverigne, S.Walker, C.Varma// *N. Engl. J. Med.*, 2001. Vol. 344. P. 873-880.
4. Cardiac resynchronization in chronic heart failure / W.T.Abraham, W.G.Fisher, A.L.Smith, B.D.David, R.L. Angel // *N. Engl. J. Med.*, 2002. Vol. 346. P. 1845-1853.
5. Boriani G., Biffi M., Martignani C. Cardiac resynchronization by pacing: an electrical treatment of heart failure // *Int. J. Cardiol.* 2004. Vol. 94. P. 151-61.
6. QRS duration, QRS complexity and repolarization heterogeneity in biventricular pacing in chronic heart failure / B.H. van Huysduynen, C.A.Swenne, J.J.Bax, S.G.Molhoek, G.B. Bleeker // *Heart Rhythm*, 2005. Vol. 2. № 5. P. 42.
7. McVeigh E. Measuring mechanical function in the failing heart // *J. Electrocardiol*, 2006. Vol. 39. P. 24-27.
8. Effect of pacemaker site on cardiac output and ventricular activation in dogs with complete heart block / J.W.Lister, D.H.Klotz, S.L.Jomain, J.H.Stuckey, B.F.Hoffman//*Am. J. Cardiol*, 1964. Vol. 14. P. 494-503.
9. Park R.C., Little W.C., O'Rourke R.A. Effect of alteration of left ventricular activation sequence on the left ventricular end-systolic pressure-volume relation in closed-chest dogs // *Circ. Res*, 1985. Vol. 57. P. 706-717.
10. Burkhoff D., Oikawa R.Y., Sagawa K. Influence of pacing site on left ventricular contraction // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol*, 1986. Vol. 251. P. 428-435.
11. Rosenqvist M., Bergfeldt L., Haga Y., Rydén L., Öwall A. The effect of ventricular activation sequence on cardiac performance during pacing // *PACE*. 1996. Vol. 19. P. 1279-1287.
12. Left ventricular septal and apex pacing for optimal pump function in canine hearts /M.Peschar, H. de Swart, K.J.Michels, R.S.Reneman, F.W. Prinzen // *J. Am. Coll. Cardiol*, 2003. Vol. 41. No. 7. P. 1218-1226.
13. Prinzen F.W., Peschar M. Relation Between the Pacing Induced Sequence of Activation and Left Ventricular Pump Function in Animals // *PACE*, 2002. Vol. 25. P. 484-498.
14. Gilmore J.P., Sarnoff S.J., Mitchell J.H. Synchronicity of ventricular contraction: Observations comparing haemodynamic effects of atrial and ventricular pacing // *Br. Heart. J.*, 1963. Vol. 25. P. 299-307.
15. Grover M., Glantz S.A. Endocardial pacing site affects left ventricular end-diastolic volume and performance in the intact anesthetized dog // *Circ. Res*. 1983. Vol. 53. P. 72-85.
16. Redistribution of myocardial fiber strain and blood flow by asynchronous activation/ F.W.Prinzen, C.H.Augustijn, T.Arts, M.A.Allessie, R.S.Reneman // *Am. J. Physiol*, 1990. Vol. 259. P. 300-308.
17. Gassis S.A., DeLurgio D.B., Leon A.R. Progress in Cardiovascular Disease: Technical Considerations in Cardiac Resynchronization Therapy // *Progr. Cardiovasc. Dis.*, 2006. Vol. 48. No. 4. P. 239-255.
18. Boerth R.C., Covell J.W. Mechanical performance and efficiency of the left ventricle during ventricular stimulation // *Am. J. Physiol.*, 1971. Vol. 221.1686-1691.
19. Heyndrickx G.R., Vilane J.-P., Kight D.R., Vatner S.F. Effects of altered site of electrical activation on myocardial performance during inotropic stimulation // *Circulation*. 1985. Vol. 71. No. 5. P. 1010-1016.
20. Zile M.R., Blaustein A.S., Shimizu G., Gaasch W.H. Right ventricular pacing reduces the rate of left ventricular relaxation and filling // *J. Am. Coll. Cardiol*. 1987. Vol. 10. P. 702-709.
21. Effects of multisite ventricular pacing on cardiac function in normal dogs and dogs with heart failure/L.Fei, D.Wroblewski, W.Groh, A.Vetter, E.G.Duffin, D.P. Zipes // *J. Cardiovasc. Electrophysiol*. 1999. Vol. 10. P. 935-946.
22. Ashikaga H., Omens J.H., Ingels N.B. Transmural mechanics at left ventricular epicardial pacing site // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol*, 2004. Vol. 286. P. 2401-2407.
23. Truex R.C., Copenhaver W.M. Histology of the moderator band in man and other mammals with special reference to the conduction system // *Am. J. Ana.* 1947. Vol. 80. P. 173-200.
24. Hoffman B.F., Cranefield P.F., Stuckley J.H. Direct measurement of conduction velocity in situ specialized conduction system of mammalian heart // *Proc. Soc. Exp. Biol. Med*. 1959. Vol. 102. P. 55-57.
25. Henning R.J., Levy M.N. Effects of autonomic nerve stimulation, asynchrony, and load on dP/dt max and on dP/dt min // *Am. J. Physiol*. 1991. Vol. 260. P. 1290-1298.
26. Left Ventricular Mechanics During Right Ventricular Apical or Left Ventricular-Based Pacing in Patients With Chronic Atrial Fibrillation After Atrioventricular Junction Ablation/

- E.N.Simantirakis, K.E.Vardakis, G.E.Kochiadakis, E.G.Manios, N.E.Igoumenidis // J. Am. Coll. Cardiol. 2004. Vol. 43. P. 1013-1018.
27. *Spragg D., Kass D.A.* Pathobiology of left ventricular dyssynchrony and resynchronization // Progress in Cardiovascular Diseases, 2006. Vol. 49. No. 1. P. 26-41.
28. *Lew W.Y., Rasmussen C.M.* Influence of non-uniformity on rate of left ventricular pressure fall in the dog // Am. J. Physiol, 1989. Vol. 256. P. 222-232.
29. *Solovyova O., Vikulova N., Katsnelson L.B., Markhasin V.S.* Mechanical interaction of heterogeneous cardiac muscle segments in silico: effects on Ca²⁺ handling and action potential // Intern. J. Bifurcation Chaos. 2003. Vol. 13. P. 3757-3782.
30. *Brutsaert D.L., Sys S.U.* Relaxation and diastole of the heart // Physiol. Rev., 1989. Vol. 69. P. 1228-1301.

Статья поступила в редакцию 25.10.2010.

УДК 549.08

**МОРФОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МО-
НАЦИТА В КАРБОНАТИТАХ КОСЬЮСКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ
ТИМАН)**

Н.С. КОВАЛЬЧУК, Т.Г. ШУМИЛОВА, И.В. КОЗЫРЕВА

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

В результате микрозондовых исследований в совокупности со сканирующей электронной микроскопией установлены морфологические и химические особенности монацита и получены сведения о его взаимоотношениях с породообразующими и рудными минералами. Отмечены значительные вариации в химическом составе монацита, приведены разнообразные морфологические типы его выделений и определены три основные разновидности минерала.

Ключевые слова: монацит, карбонатиты, Косьюский массив, Тиман

**N.S. KOVALCHUK, T.G. SHUMILOVA, I.V. KOZYREVA. MORPHOLOGY
AND CHARACTERISTICS OF CHEMICAL COMPOSITION IN MONAZITE
OF CARBONATITES OF THE KOSYU MASSIF (MIDDLE TIMAN)**

Microprobe studies as well as scanning electron microscopy allowed estimating the morphological and chemical features of monazite and receiving information about its relationship with the rock-forming and ore minerals. The significant variations in the chemical composition of monazite were marked. Different morphological types of its varieties were shown, three main varieties of the mineral were identified.

Key words: monazite, carbonatites, Kosyu massif, Timan

Карбонатитовые массивы известны в различных частях Земного шара и представляют большой интерес как основной источник редкоземельного сырья. В 1946–1950 гг. были открыты карбонатитовые проявления Тиманской провинции ультращелочных комплексов. Их изучением в разные годы занимались А.Б.Наливкин, М.И.Осадчук, Ю.П.Ивенсен, В.Г.Черный, В.И.Степаненко, П.И.Костюк, А.Б.Макеев и другие исследователи [1, 2]. Среди карбонатитовых проявлений наиболее перспективным является Косьюский массив, расположенный на северо-западной оконечности Тимана (Четласский Камень).

Карбонатиты Косьюского массива слагают жиллоподобные тела, штокверки и зоны карбонатизации. Тела карбонатитов имеют зональное строение. Периферические их части сложены карбонатитами внешних зон, обогащенными силикатными минералами, а осевые части – карбонатитами тыловых зон, состоящими из карбонатов более чем на 80 %. По данным В. И. Степаненко [1], формирование гидротермально-метасоматических пород массива, включая карбонатиты, происходило путем преобразования вмещающих осадочно-метаморфических пород и ультрамафитов под воздействием единого флюида, имеющего мантийный источник.

В настоящее время карбонатиты Косьюского массива, несмотря на производственные работы, проведенные в 1970–1980 гг., отличаются наименьшей степенью изученности и слабой исследованностью форм нахождения редкоземельных элементов (РЗЭ), что является одной из важнейших проблем при дальнейшей оценке перспективности данного объекта.

Тем не менее, установлено, что косьюские карбонатиты характеризуются присутствием заметного количества редкоземельных минеральных фаз, главным из которых является монацит. Ранее среди редкоземельных фаз в карбонатитах Косьюского массива также были выявлены бастнезит, паризит и ксенотим [1, 3]. Современная приборная база позволила нам провести детальное изучение вещества на микроуровне и дала возможность получить существенно более точные сведения о минеральных фазах.

Нами впервые для данного объекта были проведены микрозондовые исследования редкоземельных минеральных фаз (более 300 анализов) с последующей их идентификацией [4]. Микрозондовые исследования проводились в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН на сканирующем электрон-

ном микроскопе JSM-6400 с энергодисперсионной приставкой Link, ISIS-300.

Выполнение микрозондовых исследований в совокупности со сканирующей электронной микроскопией позволило оценить не только особенности химического состава анализируемых фаз, но и получить сведения о взаимоотношениях редкоземельных фаз с породообразующими и рудными компонентами. В косьюских карбонатах были диагностированы: монацит, бастнезит, пирохлор, а также минеральные фазы, ранее неизвестные для данного объекта: анкилит, Nb-содержащий рутил, молибденит, гатчеттолит, серебро, циркон, марматит, англезит, стронцианит, торит (хаттонит) и карбоцернаит. Установлено, что основные породообразующие и акцессорные минералы карбонатов в той или иной степени содержат РЗЭ в виде примесей [5, 6].

В данной работе мы представляем результаты исследования особенностей морфологии и химического состава монацита, так как он может служить важным редкоземельным индикатором условий поро- и рудообразования.

Как было указано, монацит является одной из наиболее распространенных редкоземельных фаз в косьюских карбонатах. Выделения монацита могут занимать до 20–30 % площади аншлифа. Он образует как отдельно взятые микроскопические зерна размерностью около 1 мкм с кристаллическими очертаниями, так и многочисленные сноповидные и игольчатые агрегаты (рис. 1, а–к). Часто встречаются скопления игольчатых агрегатов монацита с гематитом (рис. 1, а, г, е). Кроме того, монацит может образовывать каемки на зернах пирита и составлять с ним сростки (рис. 1, и, к). Монацит встречается в виде скоплений микронных призматических кристаллов, погруженных в хлоритовую массу (рис. 1, ж). Кроме того, образует тесные сростания с редкоземельным карбонатом (рис. 1, в) и может содержать включения молибденита.

Особенно эффектными выглядят выделения монацита в виде необычных сноповидных образований (рис. 1, б), являющихся нехарактерными для собственно монацита и, по нашему мнению, вероятно, представляют собой псевдоморфозы по микрокристаллитам породообразующей карбонатной массы, образовавшиеся в ходе метасоматического процесса.

Монацит находится, главным образом, внутри породообразующих карбонатов (чаще в доломите), но иногда встречается в редкоземельных карбонатах, кварце и кальците. Составы монацита,

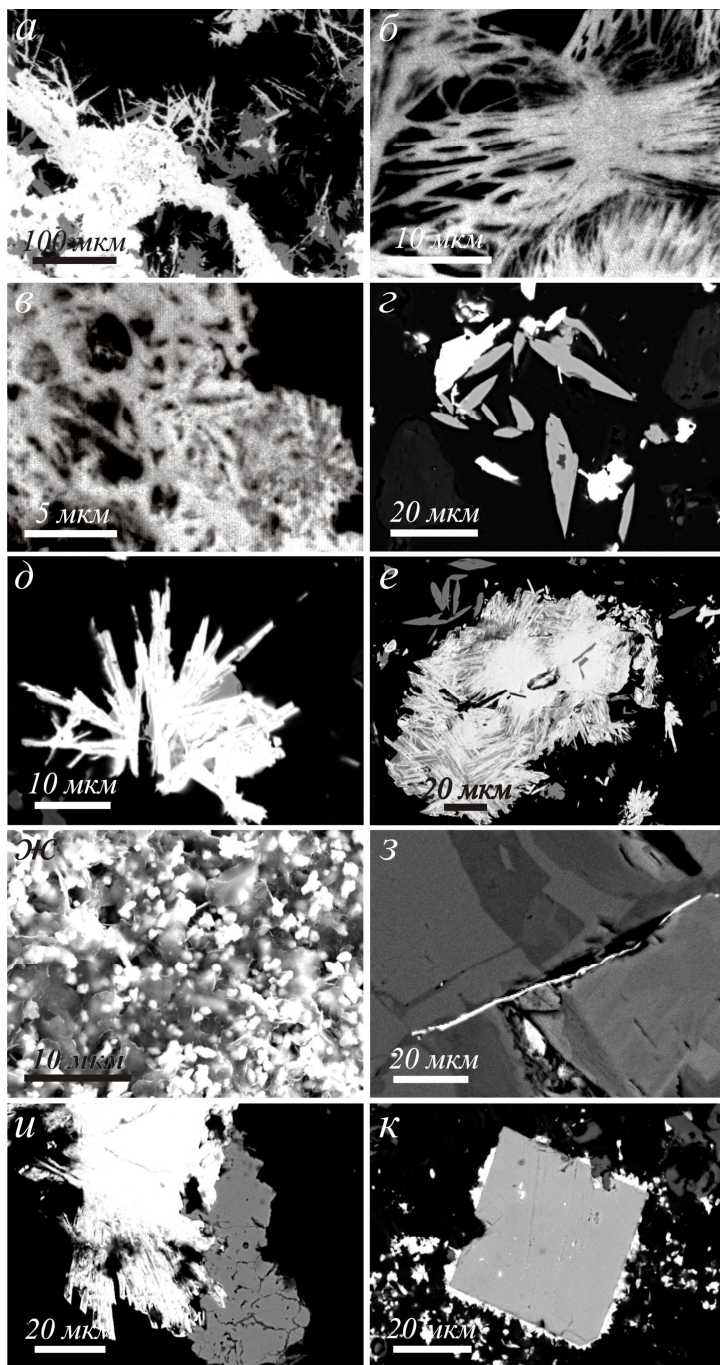


Рис. 1. Электронно-микроскопические изображения монацита (в режиме упруго-отраженных электронов): а – агрегат игольчатых и сноповидных выделений монацита (белый) в сочетании с гематитом (светло-серый) в породообразующем карбонате, образец С 354-1/15; б – сноповидные выделения монацита (белый) в породообразующем карбонате, образец С 354-1/16; в – монацит (темно-серый) в тесном сростании с редкоземельным карбонатом (светло-серый), образец С 344-2/34; г – выделения монацита (белый) в сочетании с гематитом (светло-серый), образец С 250-8; д – игольчатый агрегат монацита, образец С 250-9; е – игольчатый агрегат монацита (белый) в тесном сростании с гематитом (серый), образец С 250-11; ж – выделения монацита (белый) в сочетании с хлоритом, образец С 180-14; з – монацит (белый) выполняет микротрещинки в карбонате, образец С 250-7; и – монацит (белый) в тесном сростании с пиритом (серый), образец С 250-23; к – кайма монацита вокруг кристалла пирита, образец С 180-16.

приведенные в таблице, и снимки, представленные на рис. 1, позволяют оценить особенности его химического состава в зависимости от форм выделения и сонахождения с другими минералами.

Состав минерала характеризуется существенной изменчивостью соотношений как основных минералообразующих компонентов, так и примесей (см. таблицу). По соотношению главных минералообразующих компонентов (Ce_2O_3 и La_2O_3) в косьюских карбонатитах выделяются три основные разновидности монацита. К первой мы отнесли лантановый монацит, у которого содержание La_2O_3 больше или равно содержанию Ce_2O_3 . Содержание La_2O_3 находится в пределах от 29.53 до 34.11 мас. %, при Ce_2O_3 – (28.59–34.07 мас. %). Постоянной примесью для этой разновидности является Nd_2O_3 , концентрации которого лежат в пределах от 3.47 до 5.29 мас.%. Содержания Pr_2O_3 составляют 0.07–2.25 мас.%, ThO – до 0.66 мас.%. Кроме того, постоянно отмечаются примеси CaO и SrO . Монацит этой группы образует удлиненно-призматические кристаллы в зернах породообразующего доломита, реже в кварце и кальците. Ассоциирует преимущественно с гематитом и стронцианитом.

Вторая разновидность (преобладающее количество анализов) представлена монацитом с высокими содержаниями La_2O_3 от 24.26 до 30.70 мас. %, Ce_2O_3 – 30.77–37.92 мас. %. Nd_2O_3 характеризуется значениями 2.61–5.98 мас. %, а Pr_2O_3 составляет 1.21–3.16 мас. %. Примесь ThO не превышает 0.45 мас. %. Последние две группы объединяет присутствие в составе монацита примеси SrO , концентрации которого лежат в пределах от 1.61 до 5.16 мас. %. Постоянной примесью в косьюском монаците является CaO , содержание которого в последних двух группах варьирует от 0.61 до 5.97 мас. %. Морфология монацита данной группы представлена широким спектром выделений. Он образует отдельно взятые зерна с кристаллическими очертаниями, удлиненно-призматические кристаллы в породообразующем доломите и кварце, также многочисленные сноповидные и игольчатые агрегаты. Часто встречаются скопления игольчатых агрегатов монацита с гематитом. Кроме того, монацит образует сростки с пиритом и редкоземельным карбонатом. Ассоциирует с гематитом, пиритом, стронцианитом, бастнезитом и анкилитом.

Химический состав монацита по данным микрозондового анализа, мас. %

Разновидность	№ пробы	SO_3	P_2O_5	CaO	SrO	La_2O_3	Ce_2O_3	Pr_2O_3	Nd_2O_3	ThO	$\text{La}_2\text{O}_3/\text{Ce}_2\text{O}_3$
I	С 250-2/1	не обн.	24.42	3.12	2.96	34.11	31.19	0.75	3.47	не обн.	1.1
	С 250	«	25.02	1.97	3.54	31.38	31.55	2.25	4.12	0.18	1.0
	С 250-1/1	«	25.96	5.97	3.56	29.53	28.59	2.17	3.71	0.51	1.0
	С 250-8	«	23.66	0.92	3.38	33.75	34.07	0.07	3.48	0.66	1.0
	С 344-2/43	«	25.11	1.16	3.25	31.77	33.43	не обн.	5.29	не обн.	1.0
II	С 344-2/31	4.70	27.02	2.12	не обн.	29.44	33.31	«	3.41	«	0.9
	С 344-2/34	не обн.	23.14	1.33	2.38	30.36	35.57	2.43	4.80	«	0.9
	С 344-2/40	«	25.15	1.31	2.91	27.89	34.92	2.49	5.33	«	0.8
	С 344-2/44	«	25.78	2.11	3.24	28.33	35.71	не обн.	4.83	«	0.8
	С 250-1/2	2.04	24.03	1.48	не обн.	30.70	34.44	1.95	5.24	0.13	0.9
	С 250-2/2	не обн.	23.15	4.15	3.60	30.19	32.18	2.71	3.70	0.32	0.9
	С 250-4/1	«	27.62	0.61	2.63	28.90	33.71	1.38	4.81	0.33	0.9
	С 250-4/2	«	24.58	1.09	5.16	29.83	32.76	2.87	3.71	не обн.	0.9
	С 250-4/3	«	23.76	1.05	3.97	30.52	34.61	1.21	4.79	0.09	0.9
	С 250-4/4	«	24.84	1.04	4.66	31.45	33.75	1.65	2.61	не обн.	0.9
	С 250-4/5	«	28.02	1.14	5.01	26.96	30.77	2.77	4.88	0.45	0.9
	С 250-6	«	25.51	1.83	3.82	27.60	35.01	1.27	4.60	0.36	0.8
	С 250-9	«	24.52	1.13	3.08	28.18	34.37	3.16	5.57	не обн.	0.8
	С 347-1/25	1.67	22.31	4.95	1.61	24.26	36.87	2.34	5.98	«	0.7
	С 347-1/29	не обн.	25.38	1.51	1.89	29.11	36.84	не обн.	5.28	«	0.8
	С 354-1/15	«	25.39	0.92	3.17	27.85	37.92	«	4.75	«	0.7
	С 354-1/16	«	26.93	1.50	3.24	30.09	33.18	«	5.06	«	0.9
III	С 180	«	25.09	4.18	не обн.	16.29	38.45	3.50	9.98	2.51	0.4
	С 180-1/1	«	24.91	4.67	«	16.06	37.51	3.59	11.44	1.82	0.4
	С 180-1/2	«	25.97	4.09	«	15.72	38.74	3.91	11.40	0.17	0.4
	С 180-1/3	«	26.27	4.70	«	17.37	39.29	не обн.	11.88	0.49	0.4
	С 180-13	1.13	25.27	4.75	«	18.06	39.73	«	11.06	не обн.	0.5
	С 180-14	не обн.	32.39	5.03	«	15.60	33.92	1.66	10.26	1.13	0.5
	С 180-16	«	27.39	5.14	«	15.43	37.28	3.62	9.11	2.03	0.4

Третья разновидность представлена существенно цериевым монацитом: $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Ce}_2\text{O}_3 = 0.4-0.5$. Эта группа монацита по составу не похожа на первые две: в ней не отмечается примесь SrO , увеличены содержания Nd_2O_3 , Pr_2O_3 и ThO . La_2O_3 характеризуется значительно меньшими величинами и составляет от 15.43 до 18.06 мас. %, при высоком содержании Ce_2O_3 (33.92–39.73 мас. %). Монацит существенно обогащен Nd_2O_3 , его концентрации лежат в пределах 9.11–11.88 мас. %. Примесь Pr_2O_3 составляет 1.66–3.91 мас. %, а ThO – 0.17–2.51 мас. %. Монацит этой группы представлен преимущественно микронными призматическими кристаллами, сноповидными агрегатами в породообразующем доломите и образует каймы по зернам пирита. Ассоциирует с апатитом, пиритом и торитом (хаттонитом).

На графиках (рис. 2) распределения РЗЭ выделенных разновидностей монацита наблюдается прямая зависимость: при увеличении содержания Nd_2O_3 уменьшается содержание La_2O_3 .

В некоторых случаях в монаците обнаруживается относительно высокое содержание серы (в пересчете на SO_3 – 4.70 мас. %). Кроме того, по данным микрозондового анализа (ГЕОХИ РАН, аналитик В.Г.Сенин) в составе монацита Косьюского массива зафиксированы примеси SmO (до 0.42 мас. %), Gd_2O_3 (до 0.42 %), Y_2O_3 (до 0.18 %), Ta_2O_5 (до 0.13 %), BaO (0.03–0.68 %), TiO_2 (до 0.04 %), PbO (до 0.16 %) и F (0.30–1.14 %). По результатам поэлементного картирования установлено, что составы зерен монацита в характеристическом излучении являются однородными.

Монацит из косьюских карбонатитов выделяется относительно высокими содержаниями Ce_2O_3 , La_2O_3 и Nd_2O_3 , при довольно низких количествах Pr_2O_3 , ThO , SmO , Y_2O_3 , Gd_2O_3 . По распределению РЗЭ исследованный нами монацит резко отличается от акцессорных монацитов из различных магматитов, гранитоидов и образований коры выветривания [4]. Такой монацит, обедненный ThO , встречен в щелочных редкометалльных метасоматитах Сугомакского поля (на Южном Урале), поздних карбонатитах Канганкунде (Маливи) и в магнетитовых и гематит-бастнезитовых гидротермалитах месторождения Баянобо (Северный Китай), где он имеет практическое значение. В поздних карбонатитах Канганкунде в существенно лантановом монаците содержится до 3 % SrO . В подобных карбонатитах Вуориярви (Кольский п-ов) и кимберлитах Якутии отмечаются Sr -сульфат-монацит: 8 % SO_3 и 5 % SrO : изоморфизм $\text{SrS}-\text{CeP}$ [4].

Таким образом, полученные данные о морфологии и особенностях химического состава монацита хорошо укладываются в генетическую модель В.И.Степаненко о гидротермально-метасоматическом формировании карбонатитов путем преобразования вмещающих осадочно-метаморфических пород и ультрамафитов под воздействием единого флюида, имеющего мантийный источник. Можно предположить, что широкие вариации состава монацита и разнообразие морфологии его выделений связаны с многостадийностью гидротермально-метасоматического процесса и изменением состава флюида.

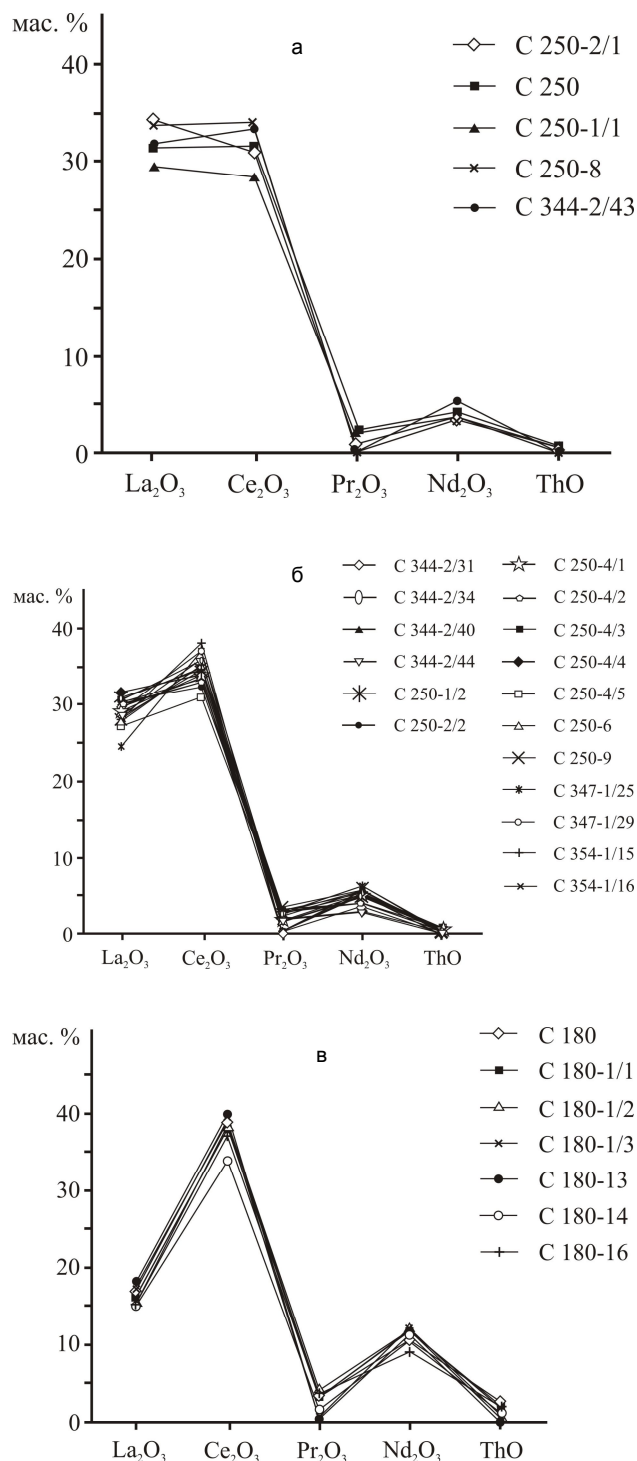


Рис. 2. Распределение РЗЭ в монаците: а – I-я разновидность, б – II-я разновидность, в – III-я разновидность (см. таблицу).

Авторы выражают благодарность В.И.Степаненко за предоставленный для исследований керновый материал и В. Н. Филиппову за помощь в проведении аналитических исследований.

Работа выполнена при поддержке Роснауки (Госконтракт № 02.442.11.7280) и фонда содействия отечественной науке.

Литература

1. *Костюхин М.Н., Степаненко В.И.* Байкальский магматизм Канино-Тиманского региона. Л.: Наука, 1987. С. 151-205.
2. *Макеев А. Б., Лебедев В. А., Брянчанинова Н.И.* Магматиты Среднего Тимана. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 348 с.
3. *Фролов А. А., Толстов А. В., Белов С. В.* Карбонатитовые месторождения России. М.: НИИ-Природа, 2003. 494 с.
4. *Семенов Е. И.* Оруденение и минерализация редких земель, тория и урана (лантанидов и актинидов). М.: ГЕОС, 2001. 307 с.
5. *Шумилова Т.Г., Козырева И.В., Ковальчук Н.С.* Минералогические особенности монацита косяюских карбонатитов на микроуровне // Материалы XV Геологического съезда РК "Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России". Сыктывкар: Геопринт, 2009. Т. II. С. 431-432.
6. *Ковальчук Н.С., Шумилова Т.Г., Козырева И.В.* Минералогия редкоземельных фаз косяюских карбонатитов // Материалы Международного минералогического семинара "Минералогическая интервенция в макро- и наномир". Сыктывкар: Геопринт, 2009. С. 296-297.

Статья поступила в редакцию 21.01.2011.

УДК 553:81

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ КО-
РЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ ТУФФИЗИТОВОГО ТИПА**

А.Я. РЫБАЛЬЧЕНКО*, Т.М. РЫБАЛЬЧЕНКО*, В.И. СИЛАЕВ**

*Пермский государственный университет, г. Пермь

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

ryibalchenko@mail.ru

Рассмотрена актуальная проблема генезиса алмазных месторождений Урало-Тиманской провинции, ошибочно трактовавшаяся в течение длительного времени в рамках модели россыпеобразования и «промежуточных коллекторов». Показано, что многие геологические, петрографические и минералого-геохимические свойства алмазных месторождений уральского типа свидетельствуют об их первичности и принадлежности к туффизитовым фациям мантийных кимберлит-лампроитов. Конвергентность ряда геологических свойств этих объектов объясняется обогащением алмазоносного магматогенного материала веществом осадочных пород в ходе флюидизатно-эксплозивного извержения. Рассмотрена терминология и таксономия уровней организации в диапазоне от отдельного туффизитового тела до региональной флюидизатно-эксплозивной структуры. Рекомендуемый прогнозно-поисковый комплекс исследований включает анализ плотностной структуры разреза в гравитационном поле, гравиразведку, электроразведку в сочетании с магнитометрией, наземную радиометрию и гамма-спектрометрию, метод геолого-петрографической диагностики, анализ особенностей аномального геохимического поля.

Ключевые слова: алмазы, Урал, Тиман, россыпи, туффизиты, флюидизатно-эксплозивные структуры

**A.Ya. RYBALCHENKO, T.M. RYBALCHENKO, V.I. SILAEV. THEORETI-
CAL BASIS FOR FORECASTING AND EXPLORATION OF PRIMARY
DIA-MONDS DEPOSITS OF TUFFIZIT TYPE**

The actual problem of genesis of diamond deposits of the Ural-Timan province, wrongly interpreted over a long period of time within the model of formation of placers and "intermediate collectors" is considered. It is shown that many geological, petrographic and mineralogical and geochemical properties of diamond deposits of the Ural type testify to their primacy and belonging to tuffisite facies of mantle kimberlite-lamproites. Convergence of a number of geological properties of these objects is explained by enrichment of diamond-bearing magmatic material by substance of sedimentary rocks during fluid-explosive eruption. The terminology and taxonomy of levels of organization in the range from individual tuffisite body to the regional fluid-explosive structure is considered. Recommended forecast-search complex of research includes the analysis of the density structure of the cross-section in gravitational field, gravity prospecting, electric prospecting, combined with magnetometry, ground radiometry and gamma-spectrometry, a method of geological and petrographic diagnostics, especially of the anomalous geochemical field.

Key words: diamonds, the Urals, the Timan, placers, tuffisites, fluid-explosive structures

В учении о россыпных месторождениях алмазов за годы исследований выявлен ряд серьезных противоречий, из-за которых, казалось бы, незыблемая в течение десятилетий теория образования алмазных россыпей на Урале стала стремительно разрушаться. Главной причиной разрушения послужило то, что основные предпосылки для россыпеобразования – проявление алмазоносного кимберлитового магматизма или развитие площадных промежуточных коллекторов [1, 2] – так и не нашли в Урало-Тиманском регионе своего подтверждения. Известно, что в результате возникшего теоретического кри-

зиса сначала появилась идея атипичности гипотетических коренных источников уральских алмазов, а затем произошло их непосредственное открытие [3, 4]. Алмазоносные породы в этих объектах были определены как туффизиты кимберлит-лампроитов, а сами объекты были отнесены к новому – туффизитовому – геолого-промышленному типу магматогенных алмазных месторождений вулканогенного класса, флюидизатно-эксплозивного подкласса. Тем не менее, укоренившаяся в сознании нескольких поколений старая идеология все еще заставляет многих специалистов приспосабливать новые

факты под так и не оправдавшуюся россыпную модель, игнорируя грубые противоречия и не замечая зачастую взаимоисключающий характер выводов [1, 5–12].

Опыт изучения уральских алмазов показал, что они практически не несут характерных для минералов россыпей следов механического износа, не обнаруживают сортировки по крупности и не проявляют связи ни с выходом тяжелой фракции и ее минералогией, ни с гранулометрией и литологическим составом вмещающих образований [13–15]. При этом алмазы каждого из уральских месторождений узнаваемы и отличаются размерами, соотношением габитусных форм и двойников, оттенками цвета, количеством и составом включений, степенью резорбции и коррозии [16–18]. Речная сортировка алмазов по таким признакам – нонсенс для теории россыпеобразования. Гранулометрические кривые распределения алмазов по размерам во всех исследованных объектах имели вид гиперболы [17, 19, 20], характерной для коренных объектов.

Все это свидетельствует о принадлежности уральских алмазов не к так называемым россыпям, а к коренным месторождениям и дает основание признать господствующую в Урало-Тиманском регионе теорию россыпеобразования алмазов ошибочной, основанной лишь на конвергенции геологических свойств горных пород и не соответствующей реальному генетическому типу выявленных алмазных месторождений. Результаты многолетних геологических исследований доказывают, что алмазные «речные россыпи» на Урале являются элювиальными и субэлювиальными производными, точнее – структурным элювием алмазоносных туффицитов, развитых в подрусловых и бортовых частях водотоков, а также на водоразделах в виде жильно-дайковых полей, штокерков, диатрем и маар-штокерков [3, 4, 16, 21, 22].

Нам не известны другие коренные алмазоносные объекты, сопоставимые с уральскими туффицитами по сложности строения и степени конвергентности геологических свойств. Для специалистов это создает ситуацию с множеством интеллектуальных «ловушек» и «замков», преодолеть которые можно только в ходе комплексных детальных исследований. К настоящему времени нам уже удалось не в последнюю очередь благодаря высоко-технологичным минерало-геохимическим исследованиям обойти ряд такого рода «ловушек», затруднявших понимание природы туффицитов. В частности, были определены типоморфные для алмазоносных туффицитов петрографические, петрохимические и минерало-геохимические характеристики, выявлены специфические черты гидротермально-метасоматических и квазигипергенных преобразований первичного магматогенного материала, удалось доказать его пирокластическую природу и интрузивный механизм внедрения [4, 18, 20, 23–27]. Стало ясно, что туффицитовые объекты Урала и других регионов генетически однотипны, аналогичны по геологическим формам проявления, строению, составу, свойствам и могут быть выделены в единый комплекс флюидизатно-эксплозив-

ных производных магматитов кимберлит-лампроитового ряда. Можно не сомневаться, что продолжение соответствующих исследований с использованием современной научно-исследовательской аппаратуры будет ознаменовано множеством удивительных находок и открытий. Вызывает только сожаление, что прозрение многих геологов-алмазников наступает очень медленно. Не исключено, что Республика Коми уже могла бы стать алмазодобывающей, поддержки она в свое время проводимые на Урале поиски в туффицитовом направлении.

Основы флюидизатной концепции, важнейшие понятия и методология прогнозирования и поисков

Сама природа опровергла предположения об образовании на Урале алмазных россыпей в кайнозое. Это следует из того, что все селективно опробованные современные русловые и террасовые аллювиальные отложения, сформированные за счет вещества размытых высокоалмазоносных коренных пород, не содержат промышленных концентраций алмазов. По данным проведенных нами поисковых работ 1995–2008 гг. и результатам отработки месторождений установлено, что концентрирование алмазов не происходит также ни в современных делювиальных, пролювиальных и пролювиально-аллювиальных отложениях, ни в ложковых и озерных осадках, образующихся за счет вещества туффицитовых месторождений. Например, по данным Г.Д. Мусихина [28] и В.А. Кириллова [29] в водотоках, размывающих месторождения Рассольная Южная и Волынка, на удалении в 100–200 м от контура подсчета запасов наблюдается разубоживание содержаний алмазов до полного их исчезновения. Похоже, что вероятность возникновения специфических эффектов отсадки алмазов или обогащения ими вторичных наносов в ходе плоскостного смыва в современных природно-климатических условиях Урало-Тиманской провинции ничтожно мала и на практике не реализуется.

Таким образом, отсутствие алмазов и минералов-спутников во всех типах четвертичных осадков, образующихся за счет алмазоносных субстратов, с одной стороны, свидетельствует против идеи существования на Урале кайнозойских алмазных россыпей, а с другой – вовсе не является отрицательным критерием для прогноза туффицитовых месторождений. Следовательно, исключение целых регионов из числа перспективных в соответствии с применяемой в течение 60 лет методикой поисков россыпных месторождений можно считать неоправданным, а известные «россыпные» районы нужно признать недостаточно изученными в отношении месторождений алмазов туффицитового типа, вероятность обнаружения которых подтверждена недавним открытием двух месторождений [22, 30].

Накопленный нами опыт показал, что алмазоносные туффициты необходимо рассматривать как проявление полихронного древнего (PR-MZ) и молодого кайнозойского (N_1-Q_2) высокоэксплозивного вулканизма, имевшего место как на Урале и в восточном обрамлении Русской платформы, так и в

других частях планеты, т.е. везде, где обнаружены алмазы бразильско-уральского типа. Примерами такого рода объектов могут служить выявленные авторами проявления туффизитового магматизма на Северном и Среднем Урале, Тимане, в Башкирии, Удмуртии, Крыму, Приазовье, Приморье, Узбекистане, Свердловской, Челябинской, Ленинградской, Кировской, Иркутской областях, в Демократической Республике Конго и Танзании [18, 19, 25, 27, 30–33]. На основании анализа коллекций образцов и фотоматериалов такие объекты можно предполагать в Намибии, ЮАР, Якутии, Анголе, Замбии и Бразилии, чему уже появились первые убедительные подтверждения [34, 35].

Рассмотрим важнейшие понятия, термины и таксоны, используемые при характеристике туффизитовых объектов.

Алмазоносные туффизиты – флюидизатно-эксплозивные (интрузивно-пирокластические) производные расплавов кимберлит-лампроитового ряда, формирующиеся в верхних частях флюидо-магматических колонн в результате декомпрессионного вскипания и дегазации магм из-за тектонических нарушений сплошности чехла перекрывающих пород, либо превышения предела их прочности при достижении магмой приповерхностных участков земной коры. Резкий спад давления и температуры приводит к образованию во внутрикоровых условиях вспененных лав и газо-пепловых смесей, которые под высоким давлением внедряются в вышележащие осадочные толщи, формируя породы туффизитового комплекса, в разной мере обогащенные ксеногенным обломочным материалом [3, 23, 24, 36].

Туффизитовое тело – интрузивно-пирокластическое магматическое образование (жила, дайка, силл, штокверк, маар-штокверк, диатрема), сложенное породами туффизитового комплекса нескольких стадий внедрения (до семи стадий, разделенных на 3–7 подстадий), различающихся по вещественному составу и степени алмазоносности. В составе комплекса выделяются флюидо-эксплозивные брекчии, флюидизиты, флюидоксенотуффизиты, ксенотуффизиты, туффизиты, гидротермалиты и аргиллизиты.

Как показали результаты наших исследований, продуктивными на алмазы являются только ксенотуффизитовые фации [19, 31]. Этот феномен, вероятно, свидетельствует о существовании оптимального для транспортировки алмазов флюидизитом соотношения в нем количеств магматогенной (пепловой), флюидогенной и ксеногенной составляющих, Р-Т параметров, степени флюидонасыщенности, химизма, вязкостно-плотностных и флотационных свойств. Кроме того, ксенотуффизитовые фации наиболее благоприятны для проявления эффектов природного флюидизатного обогащения, достигаемых в случае сложения алмазоносных фаз при многократном повторении эксплозий. То есть рассматриваемый процесс носит накопительный характер. Привнесенный новый ксеногенный материал, устойчивый к растворению, и алмазы остаются в объеме интродуцируемого тела, а неустойчивые компоненты, претерпевая термохи-

мическое разложение, постоянно выносятся из системы [21]. Подобную аналогию можно увидеть и в «песчаных» туфах Аргайла, значительно более алмазоносных, чем «непесчаные» лампроитовые туфы жерловых фаций [37], а также в псевдогалечных ксенотуффизитах кратерной части диатремы Мбужи-Маи (ДР Конго), характеризующихся аномальной алмазоносностью. Более вязкие чисто туффизитовые (туфолоавовые, лавовые) и пересыщенные флюидогенным материалом флюидоксенотуффизитовые фации содержат лишь единичные мелкие алмазы. Флюидо-эксплозивные брекчии и флюидизиты, образующиеся на начальных существенно газовых и гидротермально-эксплозивных стадиях извержений, вообще не алмазоносны.

Дополнительным фактором, обуславливающим преимущественную продуктивность ксенотуффизитовой фации, может быть растворение алмазов во флюидизатных средах, признаками которого выступают наложение леденцовости на рельеф первичных поверхностей камней и образование коррозионных ямок вокруг включений. Возможно, именно растворением объясняется и пониженное содержание кристаллов мелких классов в уральских туффизитах по сравнению с содержанием таковых в алмазоносных кимберлитах. Разбавление флюидизата ксеногенным материалом, вероятно, снижает его агрессивность по отношению к алмазу, что, наряду с закономерным уменьшением способности флюидизата к растворению по мере удаления от очага, способствует сохранению алмазов. Таким образом, высокие концентрации алмазов в туффизитах возможны при выдержанном соотношении ксеногенного, флюидогенного и магматогенного материалов определенного состава и фациальной принадлежности.

Туффизитовое поле – относительно локальная ($n \times 10 \text{ км}^2$) площадь распространения пространственно сближенных и упорядоченных туффизитовых тел различной морфологии, близких между собой по условиям залегания, степени эрозионного среза и образованных в ходе эксплозивной активизации единого магматического очага. Туффизитовые поля подразделяются на сетчато-сотовые, клавишно-узловые и дискретно-кольцевые (тип «ожерелье»). Первые два типа контролируются узлами пересечения малоамплитудных (20–50 м) субпараллельных сбросо-сдвигов северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простираний. Эти нарушения закладываются равношагово через 1.5–2 км, осложняясь частыми сериями параллельных разломов более высоких порядков. Дискретно-кольцевые поля развиты в виде телескопированных «клавишных» колец с последовательно увеличивающимся на 1–1.5 км диаметром. Во всех случаях рудные тела приурочены к опущенным клавишным блокам, а промышленное оборудование фиксируется в узлах сопряжения разноориентированных блоков [21, 33].

Туффизитовые районы или флюидизатно-эксплозивные структуры (ФЭС) – естественная группировка на площади 2.5–3.5 тыс. км^2 пространственно сближенных туффизитовых полей и руд-

ных узлов, приуроченных к местам двух-трехлучевого сочленения активизированных (Т-Ј и N-Q) палеорифтов и молодых рифтогенных структур северо-восточного, северо-западного и меридионального простирания (минерагенических зон протяженностью более 500 км и шириной до 50 км). ФЭС приурочены к зонам стволочной флюидопроницаемости размером 50×50 (70) км, контролируемым системами кольцевых глубинных разломов центриклинального падения [3, 20]. Туффизитовые поля и узлы в пределах ФЭС располагаются преимущественно в виде многослойного «ожерелья» или равношаговых сетчато-сотовых структур. ФЭС, как правило, выражены положительной морфоструктурой, а именно неотектоническим поднятием, горст-антиклиналью, антиклиналью или приподнятым тектоническим блоком радиально-кольцевого строения.

Туффизитовая субпровинция – территория (0.5–1.0 млн. км²) проявления кимберлит-лампроитовидного туффизитового магматизма кайнозойского возраста, контролируемая сетчато-сотовой системой ФЭС, приуроченных к узлам пересечения равношаговых рифтогенных минерагенических зон шириной в 50 км, имеющих преимущественно северо-восточную и северо-западную ориентировки и раз-

деленных амагматическими блоками шириной в 20–30 км (рис. 1). Сетчато-сотовая система расположения ФЭС на окраине Русской платформы имеет фрактальную структуру. Образующие эту систему туффизитовмещающие ФЭС – мегаштокверки кольцевого и сетчато-сотового строения состоят из серии мелких ячеек – штокверковых, маар-штокверковых, диатремовых и жильно-дайковых полей, которые в свою очередь подразделяются на еще более мелкие штокверковые, диатремовые и жильно-дайковые тела туффизитов, распадающиеся далее на фракталы высоких порядков. Следует отметить, что понятия фрактала и делимости литосферы, объясняющие строение самоподобных структур [38, 39], относительно молоды для геологической науки, однако весьма эффективны для целей прогнозирования.

Обобщенная модель туффизитового месторождения алмазов представляет собой крупный маар-штокверк, штокверк или диатрему с широкими раструбами чашеобразной формы, размером 0.7×1.5; (1.5×1.5; 0.7×2.5) км, сложенные интрузивно-пирокластическими образованиями, развитыми до глубины 50–100, реже 400 м (рис. 2). В нижней части маар-штокверка располагаются подводящие каналы трещинного, реже центрального типа – жилы, дайки, мелкие диатремы. Интенсивное развитие штокверков отмечается до глубины 300–400 м. Ниже количество и мощность жил и даек резко снижается, что подтверждается данными бурения и гравirazведки. Для зон подводящих штокверков характерно многоярусное расположение туффизитовых силлов. В краевых частях маар-штокверков обычны жилы и дайки, которыми пронизана и мааровая кальдера.

Основная масса рудных туффизитовых тел развивается в кратерной (раструбовой) части месторождений до глубины 30–50 м, что благоприятно для их открытой отработки. Зоны подводящих ка-

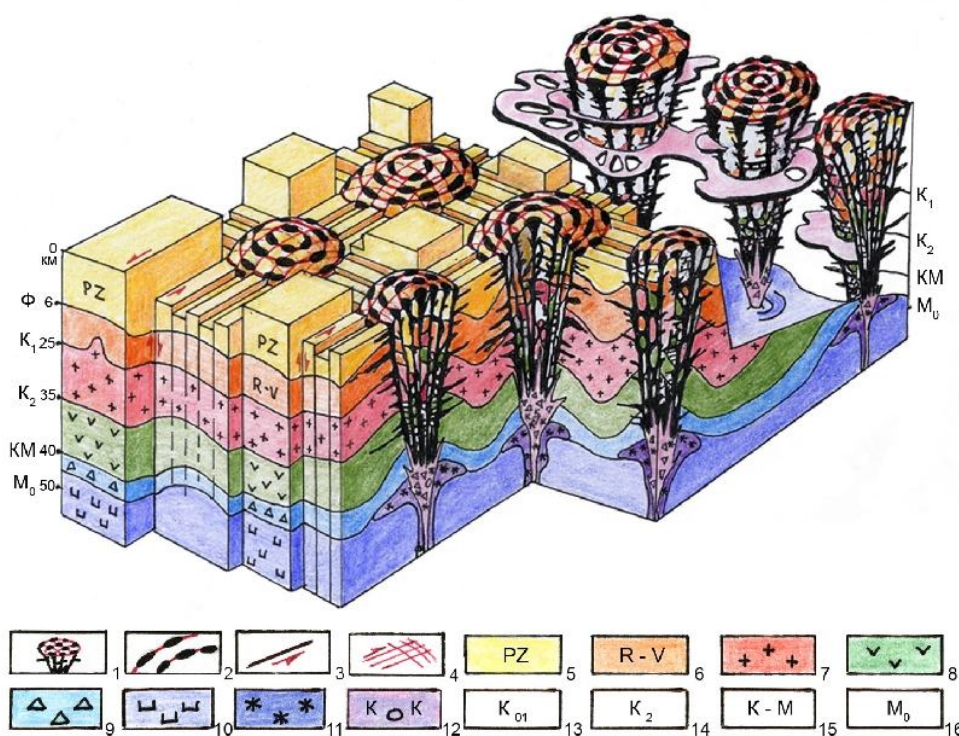


Рис. 1. Трехмерная модель глубинного строения восточной окраины Русской платформы с системой фоюидизитно-эксплозивных структур (ФЭС) уральского типа: 1 – рудоносные ФЭС; 2 – штокверки, маар-штокверки туффизитов; 3 – глубинные разломы мантийного заложения; 4 – системы субпараллельных малоамплитудных разломов; 5 – осадочный чехол, палеозойские карбонатно-терригенные отложения; 6 – рифей-вендские карбонатно-терригенные отложения; 7 – фундамент (гранито-гнейсовый слой и переходная зона); 8 – базальтовый слой земной коры (габбро, габбро-нориты, габбро-пироксениты); 9 – сильно измененная верхняя мантия (эклогиты и другие высокометаморфизованные продукты дифференциации пиролита); 10 – слабо измененная верхняя мантия (пиролит с незначительной примесью продуктов дифференциации); 11 – магма кимберлит-кимальнеитов; 12 – алмазоносная магма кимберлит-лампроитовидов; 13 – поверхность кристаллического фундамента; 14 – поверхность базальтового слоя; 15 – корово-мантийная смесь; 16 – поверхность Мохо.

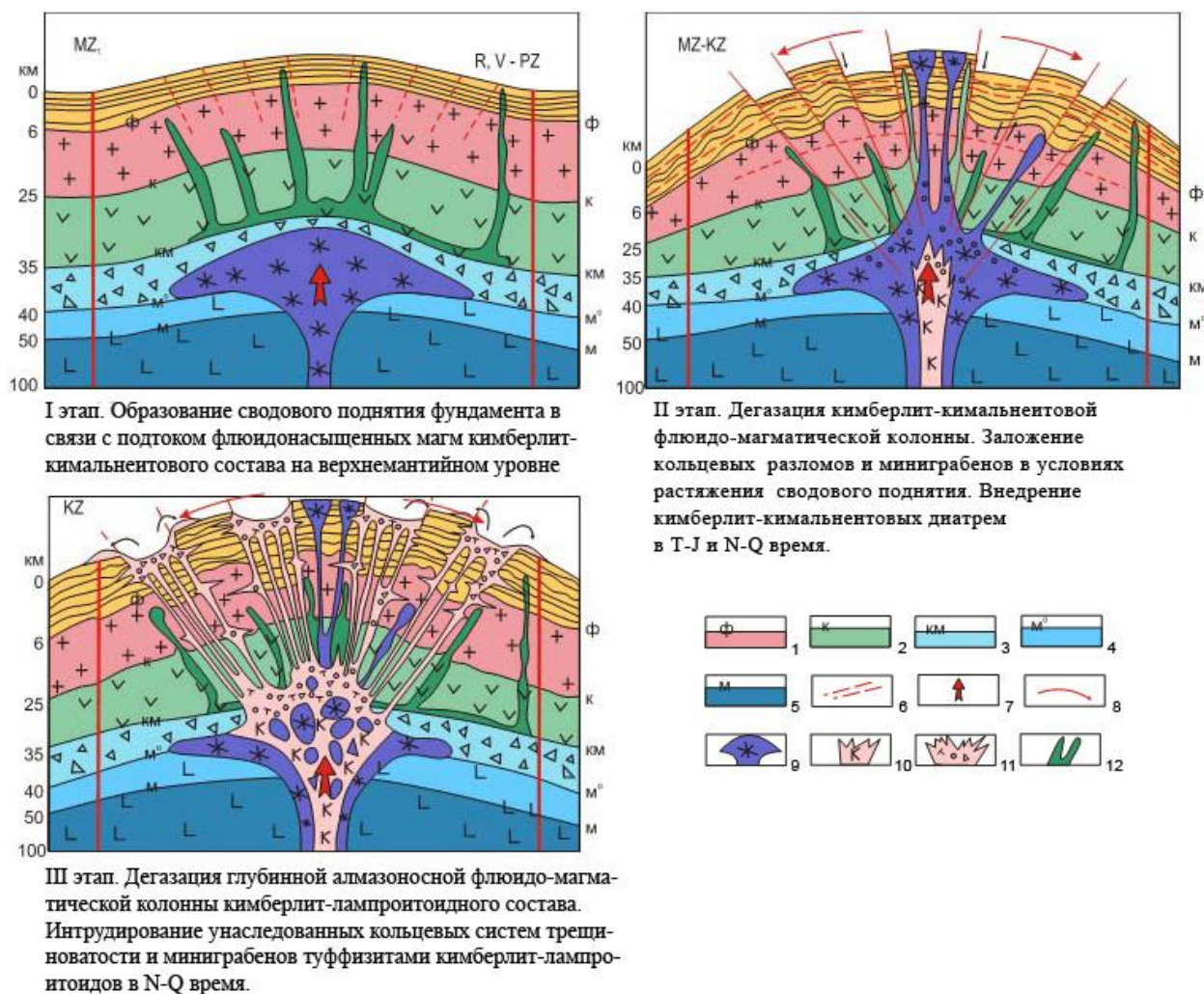


Рис. 2. Этапы формирования флюидизатно-эксплозивной структуры (ФЭС) и маар-штокверков: 1 – кристаллический фундамент (гранито-гнейсовый слой); 2 – базальтовый слой; 3 – промежуточный слой; 4 – верхняя мантия; 5 – поверхность Мохо; 6 – разрывные нарушения: кольцевые разломы, сбросо-сдвиги, надвиги; 7 – направление движения флюидо-магматической колонны; 8 – раздвиги; 9 – магмы кимберлит-кимальнеитов; 10 – алмазонасные магмы кимберлит-лампроитовидов; 11 – алмазонасные туффизиты кимберлит-лампроитовидов; 12 – дайки трахибазальтов и пикритбазальтов.

налов менее перспективны из-за преобладающего объема вмещающих пород, разубоживающих и без того невысокие содержания алмазов. Наиболее типичным является развитие многоярусных силлов, образующих в комбинации с подводящими дайками сложные сетчатые штокверки. В других случаях наблюдаются «базальные» субпластовые тела туффизитов, переходящих ниже в подводящий туффизитовый штокверк. По периферии кальдеры зачастую отмечается кольцевое расположение рудных туффизитовых тел с центрициальным падением. Реже упомянутые тела развиваются в центральной части кальдеры, формируя подобие чаши с большим количеством оперяющих апофиз радиально-кольцевого строения. Отдельные крупные дайки мощностью до 60 м и диаметры диаметром до 200 м при высоких содержаниях и крупности камней могут иметь самостоятельное промышленное значение. На объектах с незначительной глубиной эрозионного среза наблюдается слияние маар-штокверковых и штокверковых тел в

единую линейную вулcano-тектоническую структуру грабенового типа или в мааровое поле.

Рекомендуемый комплекс прогнозно-поисковых мероприятий базируется на анализе наиболее эффективных поисковых методов.

При *среднемасштабном прогнозировании рудных районов (ФЭС) и проведении ГМК-500, ГК-1000* наиболее эффективен анализ плотностной структуры разреза в системе трансформаций гравитационного поля. Он показывает, что алмазонасные ФЭС развиваются над глубинными структурами восходящей мантийной конвекции, генерируемыми на глубинах 120–140 км и обуславливающими высокобарическую минерализацию «вишерского» типа [40].

При *крупномасштабном прогнозировании, поисках и оценке рудных полей и месторождений* высокоэффективна гравиразведка масштаба 1:25000, так как туффизитовые объекты уверенно проявляются в физических полях локальными минимумами гравиметрического поля с интенсивностью 0.5–1.5 мГал и зонами градиентов. Методом электрораз-

ведки в сочетании с магнитометрией хорошо обнаруживаются месторождения туффизитового типа, которым отвечают высокоомные аномалии («питающие источники») с сопротивлениями, сопоставимыми с таковыми в высокоомных кимберлитовмещающих толщах [41]. На практике более рационально и эффективно применение метода ВЭЗ. Аэромагнитными методами непосредственно туффизитовые объекты не выявляются, но уверенно устанавливаются их контролирующие тектонические элементы. Хорошо зарекомендовали себя также наземные радиометрические и гамма-спектрометрические съемки (на участках с малой мощностью покровных отложений), поскольку туффизиты отличаются повышенной радиоактивностью и высоким содержанием калия.

ГДП-50 (25) в специализированном варианте – основной метод картирования туффизитовых полей по прямым поисковым признакам. Опыт показал, что породы туффизитового комплекса занимают до 25 % площади ФЭС или рудного поля, что значительно упрощает поиски по сравнению с кимберлитовыми полями, на которых площади, занимаемые диатремами, на 2–3 порядка меньше. Фрактальные структуры рудных туффизитовых полей благоприятны для оперативного прогнозирования и поисков.

Туффизиты хорошо выделяются в геохимических полях аномалиями Р, Ва, Мп, V, Pb, Zn, U, Th, кроме того, они обогащены REE. Шлихо-минералогический метод пока не проявил себя в достаточной мере возможно потому, что все еще сохраняется неопределенность в отношении минералов-спутников уральских алмазов. Но зато хорошо зарекомендовал себя метод переинтерпретации первичных геологических материалов в комплексе с рекогносцировочными маршрутами и дешифрированием аэрофотоснимков. Это позволяет уже в камеральных условиях по набору поисковых признаков выявлять объекты туффизитовой природы с вероятностью 80–90 %, завершая их впоследствии горными работами. Прекрасные результаты дал также метод геолого-петрографической диагностики пород с использованием всего комплекса разноплановой информации, позволяющий оперативно разделять пирокластиты по степени перспективности на безрудные, убого продуктивные и потенциально промышленно алмазоносные. Последнее обеспечивает возможность селективного опробования, в 10–15 раз увеличивающего результативность поисковых работ. Априорное же сплошное опробование при очень больших производственных и финансовых издержках неизбежно ведет к разубоживанию содержаний и потере запасов.

Как показали многолетние работы, прогнозный ресурсный потенциал алмазов в объектах туффизитового типа весьма значителен. На территории Республики Коми он может быть сопоставлен с ресурсами, прогнозируемыми в Пермском крае, т.е. оценен в 350–500 млн. карат [42], поскольку в силу сопоставимой фрактальной размерности количество и продуктивность потенциально алмазоносных ФЭС в ранге рудных районов на Урале и Тимане примерно одинаковы. Будь объемы финан-

совых инвестиций в поисковые и разведочные работы на Тимане сравнимы с уральскими, наш прогноз не казался бы столь уж невероятным. Однако изначально ошибочная ориентация тиманских геологов на поиски кимберлитов якутского, а затем архангельского типов, вопреки факту полного отсутствия типичных кимберлитовых алмазов в «россыпях», увлеченность утопической идеей «промежуточных коллекторов» и непонимание истинной природы источника уральских алмазов привели к неправильному выбору геолого-поисковой модели, и тем самым завели поиски в тупик. При всем этом на Тимане уже известны потенциально алмазоносные туффизитовые объекты, часть из которых нам удалось посетить, диагностировать и бегло изучить еще в 1998–1999 гг. при содействии Института геологии Коми НЦ УрО РАН и ЗАО «Тимангеология» [32].

Краткая характеристика тиманских алмазоносных объектов

В настоящее время на территории Тимана и Притиманья в число реально и потенциально алмазоносных объектов можно отнести туффизитовое поле Ичетью и туффизитовмещающие ФЭС Умбинской структуры, Четласского Камня и Вычегодского прогиба.

Алмазоносное туффизитовое поле Ичетью имеет сетчато-клавишное строение и характеризуется развитием многоэтажных систем ксенотуффизитовых силлов с сериями подводящих даек и единичных диатрем [43]. Оно перспективно на выявление маар-штокверков и штокверков алмазоносных ксенотуффизитов. Штокверки могут развиваться в малоамплитудно опущенных клавишных блоках, испытывающих линейное растяжение, проявленное в сгущении сети субпараллельных разрывов более высоких порядков. Штокверки контролируются сдвиго-сбросами северо-западного 310° и северо-восточного 45° простираний. Данные системы тектонических разрывов стандартны как для уральских ФЭС, так и для Восточно-Европейской платформы в целом [16, 38, 44]. Поисковые участки – Золотокаменный, Сидоровский, Савельевский – формируют цепочку северо-западного простирания из опущенных клавишных блоков терригенных пород среднего девона, контролируемую сдвиго-сбросами северо-восточного и северо-западного простирания. Каждый из поисковых участков размером 4.5×4.5 км разбит разломами, параллельными вышеуказанным диагональным системам, на клавишные блоки более высоких порядков с шагом 1.5 км. В результате этого на каждом из участков, в местах пересечения опущенных блоков, может сформироваться по четыре зоны повышенной проницаемости сетчатого типа с размером ячеек 1.5×1.5 км.

Шаг в 1.5 (1.8) км выбран в соответствии с фрактальной размерностью тектонической делимости литосферы. Расстояния между разломами по-существу утриваются с увеличением или уменьшением амплитуды и порядка разломов. Величина шага между разломами отвечает средним размерам алмазоносных маар-штокверков Красновишерского района и величине шага между разло-

мами в сетчато-клавишной системе ФЭС Урала в целом [33, 40]. К сведению, данная величина равна среднему расстоянию между кимберлитовыми трубками на месторождении им. Ломоносова [45], диаметрам диатремы Мвадуи и золоторудного штокверка Мурунтау, средней ширине грабенов в осевой части системы срединных океанических хребтов [38].

Ресурсный потенциал каждого из штокверков на рассматриваемой территории при минимальном промышленном содержании алмазов в 5 мг/м^3 может быть оценен по аналогии с Красновишерским районом в 50–150 тыс. карат. Прогнозные ресурсы всего поля Ичетью могут варьировать от 600 тыс. до 1.8 млн. карат (категории P_2 – P_3).

Поскольку распределение штокверков в туффузифицированных полях контролируется исключительно тектоническими факторами, привязанность поисков алмазов к «промежуточному коллектору» представляется глубоко ошибочной. Уже известно, что литология вмещающих пород и их возраст не являются определяющими для локализации алмазоносных туффузитов. Справедливость отождествления конгломератовидного «коллектора» в пижемской свите с силлом ксенотуффузитов подтверждается целым рядом признаков, а именно активными интрузивными контактами с заливообразными контурами, развитием апофиз, осветлением и слабым окварцеванием контактов вмещающих пород, присутствием «зависших» обломков выше- и нижележащих песчаников, их эксплозивной раздробленностью и интенсивной коррозией (рис. 3, 4).



Рис. 3. Интрузивный контакт силла ксенотуффузитов (темное) с песчаниками пижемской свиты (светлое). Интенсивная коррозия и осветление песчаников, коррозионные «желоба» – реликты каналов апофиз, оперяющих силл. Здесь и далее на рис. 4–6 – урочище Золотой Камень, 1998 г.

Микроскопические исследования показали, что породы силла являются ксенотуффузитами с характерной флюидальной текстурой, выраженной чередованием струй ксеногенного кварца, флюидогенного кварц-гидрослюдистого агрегата и магматогенного пеплового материала, представленного кристаллокластами гидратированного флогопита (рис. 5, 6). Для обломков гравийно-псаммитовой размерности характерны высокая степень сферичности, микровзрывная раздробленность «in situ» с



Рис. 4. Ксенолиты вмещающих песчаников пижемской свиты в ксенотуффузитовом силле. Зависание и коррозия обломков.

центробежным разлетом осколков, прогрессирующее микробрекчирование и резорбция поверхности, наблюдаемая макроскопически как «леденцовость», присутствие планарных и деформационных структур в зернах кварца. Ксенотуффузитам свойственны повышенное содержание когерентных и некогерентных элементов, кимберлитовый тренд распределения REE, присутствие экзотических минеральных фаз с магматогенной резорбцией [46, 47].

Кластические породы, вмещающие силл ксенотуффузитов, осветлены и часто дезинтегрированы. Причиной последнего является удаление цемента из кварцевых песчаников вследствие их флюид-

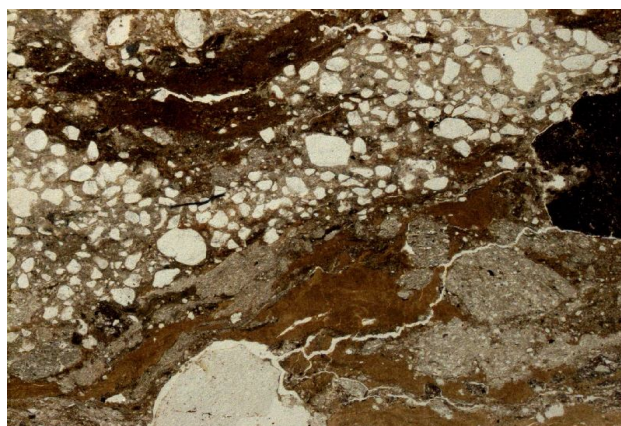


Рис. 5. Ксенотуффузит с потоковой текстурой, образованной чередованием струй ксеногенного кварца, флюидогенного кварц-гидрослюдистого и магматогенного пеплового материала. Шлиф, увеличение $\times 10$, николи||.

ной «продувки», предваряющей внедрение пород туффузифицированного комплекса. В процессе дальнейшей флюидизации песчаная масса приобретает текучесть и внедряется во вмещающие породы в виде жил, силлов и грибообразных тел флюидизитов, сопровождающих ксенотуффузитовый силл, что вполне доступно наблюдению на обрабатываемых карьерах Ичетью.

Очевидно, что внедрение силла ксенотуффузитов произошло вдоль межслоевого надвига, раз-

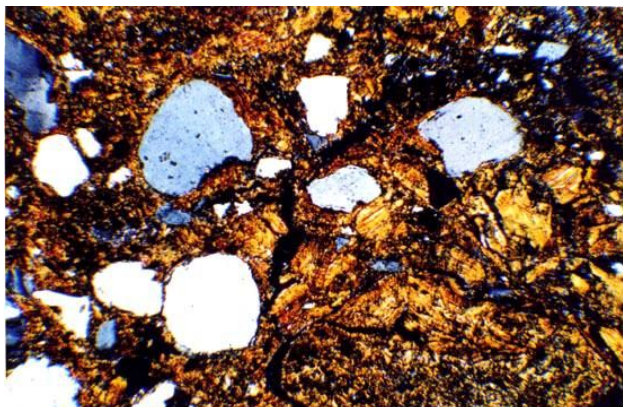


Рис. 6. Пепловая кристаллокластическая связующая масса ксенотуффизита. Корродированный ксеногенный кварц, кристаллокласты флогопита. Шлиф, увеличение $\times 70$, николи $\times$.

вившегося по прослою конгломератов. Это сопровождалось брекчированием, образованием трещин отрыва, насыщением внедряющихся пирокластиков ксеногенным песчано-галечным материалом пижемских кластитов, что обеспечило эффект конвергентного сходства ксенотуффизитов с типичными осадочными конгломератами. Именно высокая степень внешнего сходства и породила ошибки в генетической диагностике кластитов на рассматриваемом объекте. Однако, достаточно было проследить ксенотуффизитовый силл по простираю на 0.7–1.5 км, чтобы найти место его интрузивного выклинивания с развитием апофиз, подводных жил и даек, и убедиться, что за пределами выклинивания силл сменяется типичными сероцветными пижемскими конгломератами и гравелитами, совершенно «пустыми» в отношении алмазов, но с классическим набором признаков осадочной толщи: истинной слоистостью, хорошей сортировкой обломков, высокой степенью литификации, регенерационным цементом. Но самое главное состоит в том, что в связующей массе этих нормальных осадочных пород отсутствует пепловый материал и не наблюдается расцементации ни конгломератов, ни песчаников.

Таким образом, по своему строению и составу алмазоносная «россыпь» Ичетью не отвечает ни морским, аллювиальным или пролювиальным отложениям, ни корам выветривания. Трактование породы алмазоносных пород на проявлении Ичетью как туффизитов открывает новые перспективы для поисков алмазов на Тимане. Однако пока геологи не станут детально изучать алмазоносные породы в шлифах, особенно разности со слабой литификацией, не научатся отличать измененные пирокластические породы от осадочных, пока они не освоят методы картирования интрузивных образований, применяя адекватные породам и процессам аналитические методы, ошибки отождествления туффизитов с осадочными «промежуточными коллекторами» будут продолжаться, а время открытия на Тимане новых алмазных месторождений все более отдаляться.

В качестве рекомендации для потенциальных предпринимателей на туффизитовом поле

Ичетью выдвигается следующее. Алмазоносные силлы с содержанием алмазов 5–10 мг/м³, имеющие здесь относительно малую мощность, могут быть рентабельными только при их близповерхностном залегании под кровлей рыхлых или скальных пород. В последнем случае мощность кровли не должна превышать 2–3 м. Необходимо обратить внимание на рельефообразующий силл долеритов на участке Сидоровском, а также на разрывы сплошности силла и наличие в нем эрозионных окон. Этот силл играет роль экрана для Сидоровской диатремы, обуславливая образование грибообразного раструба. Из сказанного следует, что эрозионные окна при наличии в них округлых обломков и глыб долеритов или иных экзотических пород, погруженных в характерный рыхлый пирокластический базис, могут указывать на присутствие под долеритовым силлом туффизитовых диатрем или штокверков, в том числе алмазоносных. По нашим данным, участок Ичетью может быть оценен как высокоперспективный. В случае возобновления на нем работ необходимо осуществить следующее: 1) ревизию и переинтерпретацию всей геолого-геофизической информации; 2) гравиразведочные работы масштаба 1:25000 и электроразведочные работы в профильном варианте на площади 250 км²; 3) ГДП-25 в специализированном варианте на площади 250–500 км²; 4) поисковые и поисково-оценочные работы на выявленных перспективных участках.

Умбинская туффизитовмещающая ФЭС расположена на северо-западном окончании Вольско-Вымской гряды и является аналогом Красновишерской и Яйвинской алмазоносных ФЭС. Она имеет дискретно-кольцевое и сетчато-клавишное строение, будучи перспективной на выявление нескольких десятков крупных штокверков и маарштокверков размером от 1.5×0.7 до 1.5×1.5 км, из которых 5–10 % могут быть промышленно алмазоносными. Умбинская ФЭС включает базальтоидные и кимальнеитовые диатремы Умбинского поля (Умбинская, Средневонская, Водораздельная), месторасположение которых подчинено клавишно-сетчатой системе [20].

У умбинских кимальнеитов есть одна интересная особенность, совершенно не характерная для типичных кимберлитовых диатрем. Это ореол эксплозивных брекчий, превосходящий в три раза диаметр самой диатремы. Строение и состав брекчиевого ореола кимальнеитовых диатрем находят свое объяснение в Сидоровской диатреме, представляющей собой уникальный для изучения многофазный объект, фактически «диатрему в диатреме», при образовании которой интервал между внедрениями щелочных базальтоидов и туффизитов был весьма значителен. На первом этапе извержения (Т-Ж, возможно позже) произошло внедрение миндалекаменных ультракалиевых щелочных базальтоидов, формирующих жерловую часть диатремы. Затем внедрились вспененные лавы щелочных базальтоидов, сохранившиеся в виде фрагментов оболочки жерловой части диатремы и мелких апофиз, отходящих от жерла на участке западного контакта. После значительного перерыва

в неоген-квартере произошло выполнение того же диатремового канала туффизитами кимберлит-лампроитоидов. Внедрение шести фаз пирокластитов, включая и жилы псевдогалечных ксенотуффизитов, аналогичных алмазоносным ксенотуффизитам пижемской свиты, происходило пульсационно, сохраняя последовательность и закономерности, характерные для Уральского региона. Туффизиты, внедряясь по системам трещин, нарушающих сплошность диатремы, дробили ее на блоки, подвергали абразии фрагменты щелочных базальтоидов до приобретения последними шарообразной и эллипсоидной формы. Основным объемом туффизитов был интродуцирован по периферии диатремы, существенно увеличив ее размеры. Внедрение туффизитов происходило под «экран» силла долеритов (D_{2-3}), что способствовало рассредоточению материала в направлении наименьшего сопротивления и формированию грибообразного раструба диатремы. В последнюю стадию в центральную часть жерла диатремы внедрились черные углеродсодержащие лейкоксенизированные туффизиты лавового облика, которые окончательно обработали обломки щелочных базальтоидов, туффизитов и ксенотуффизитов предыдущих стадий внедрения.

Подобные факты наследования туффизитами одних и тех же подводящих каналов зафиксированы нами и в кимальнеитовых диатремах Талицко-Благodatского и Малопорожнинского участков Пермского края. Установлено, что туффизиты данных участков алмазоносны. Таким образом, мы констатируем, что высокореактивные туффизитовые фации кимберлит-лампроитоидов, в том числе и алмазоносных, могут наследовать каналы щелочно-базальтоидных и кимальнеитовых диатрем и формировать структуры типа «диатрема в диатреме». Это же с большой вероятностью можно ожидать и в ореоле эксплозивных брекчий кимальнеитовых диатрем в Умбинской ФЭС. Кимальнеитовые диатремы Умбинского поля необходимо опробовать не в их жерловой (неалмазоносной кимальнеитовой) части, а в периферийной раструбовой, возможно, сложенной потенциально алмазоносными ксенотуффизитами. Непонимание этого факта и является основной ошибкой предыдущих исследователей (и не только на Тимане).

В Сидоровской диатреме, не подвергнутой, к сожалению, крупнообъемному опробованию, третья и шестая фазы ксенотуффизитов могут тоже оказаться алмазоносными. При анализе минералогии туффизитов этой диатремы (ЦНИГРИ, ВСЕГЕИ, ИГЕМ, ВНИИОкеангеология, ИГ Коми НЦ УрО РАН, ООО «Вита») был выявлен спектр высокобарических минералов (хромшпинелидов алмазного парагенезиса, хромдиопсидов, пикроильменитов). Изученные породы являются аналогом ксенотуффизитов третьей фазы Рассольнинской диатремы (Красновишерский район), содержание алмазов в которых на отдельных участках превышает 1 кар/м³. Углеродистые туффизиты седьмой фазы, выполняющие в Сидоровской диатреме ядерную часть, являются однофазным аналогом туффизитов Рассольнинской диатремы. При обогащении из назван-

ных пород сначала был извлечен один ромбододекаэдрон весом 25 мг, а затем с использованием метода автоклавного термохимического разложения нашли еще 83 мелких алмазных обломка. В аналогичных углеродистых туффизитах на Малопорожнинском участке зафиксированы повышенные содержания самородной платины (до 2 г/т) и золота. Последний факт указывает на вероятную перспективность Сидоровской диатремы не только на алмазы, но и на благороднометалльную минерализацию нового генетического типа, связанную с углеродистыми туффизитами. Кроме того, этот факт может способствовать объяснению промышленной концентрации золота и в ксенотуффизитах конглобрективного облика на участке Ичетью.

Учитывая глубину зарождения кимберлит-лампроитовых магм, можно обоснованно считать, что экзотическая минералогия ксенотуффизитов обусловлена, во-первых, мантийными магмами (алмазы, хромшпинелиды), а во-вторых, породами континентальной коры, захваченными в процессе извержения флюидизированного пирокластического материала к земной поверхности (золото, платиноиды, колумбит, монацит, ильменит и др.). Эта модель нам кажется гораздо более правдоподобной, чем практически ничем не обоснованные идеи, например, транспортировки минералов в Ичетьюскую «россыпь» с Кольского п-ова или из Архангельской алмазоносной провинции. Все доказательства первичности и автохтонности алмазов представлены в их кристалломорфологических особенностях. Частое отсутствие пиропса и пикроильменита в туффизитах, возможно, объясняется тем, что первый из этих минералов при аргиллизации практически полностью замещается хлоритом, а второй лейкоксенизируется и сохраняется лишь в центральных частях некоторых псевдоморфоз. Впрочем, нельзя исключить и вероятность того, что в условиях Урала и Тимана вообще следует искать в качестве спутников алмазов не пироповые гранаты и пикроильменит, а какие-то другие минералы [48]. Все это совершенно не учтено при построениях карт шлиховых ореолов минералов-спутников алмазов и свидетельствует не в пользу мнения о высокой степени надежности современных оценок алмазоносности Тимана.

Примерно такую информацию о Сидоровской диатреме пермские геологи надеялись получить от специалистов лаборатории алмаза в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН. Увы, эталонный объект был практически загублен, а туффизитовое направление исследований приостановлено на длительный срок. А ведь Сидоровская диатрема могла бы стать основой для нескольких диссертаций по геологии, петрологии, петрографии, петрохимии, геохимии, минералогии туффизитов с алмазами и благороднометалльной минерализацией, флюидодинамике, метасоматозу, поисковой геологии, геофизике и нефтяной геологии (алмазоносные углеродсодержащие лейкоксенизированные туффизиты с графитом и антраксолитом-керитом нефтяной природы). Не исключено, что такие исследования могли бы послужить мостиком и к новому пониманию генезиса Ярегского нефтетитанового месторождения.

Согласно нашим предварительным оценкам, территория Умбинской ФЭС является высокоперспективной. Ресурсный потенциал Умбинской туфизитовой ФЭС площадью 2500 км² с уже выявленными и прослеженными на глубину до 300 м и более тремя кималънеит-туфизитовыми диатремами и предпосылками обнаружения здесь до 200 туфизитовых маар-штокверков может быть оценен в 10–15 млн. карат алмазов (категория Р₃). Правда, для рассматриваемой территории пока не получены конкретные данные о содержаниях алмазов. Но из опыта известно, что ксенотуфизиты каналов центрального типа обычно более алмазодонны, чем иные морфологические типы рудных тел. Для проверки наших предположений мы рекомендуем провести ревизию и переинтерпретацию имеющихся геологических материалов, ГДП-50 (25) в специализированном варианте, реализовать комплекс геофизических, поисковых и поисково-оценочных работ на перспективных рудных полях.

Туфизитомещающая ФЭС Четласского Камня является структурным аналогом Красновишерской алмазодонной ФЭС. В ее периферийной восточной части выделяются восемь крупных туфизитовых объектов размером 1.5×0.7 км предположительно маар-штокверкового типа, контролируемых глубинными кольцевыми разломами и являющихся фрагментом стандартной рудодонной туфизитовой структуры типа «ожерелье». Упомянутые объекты были закартированы при ГДП-50, но при этом ошибочно интерпретированы как депрессионные образования. Ресурсный потенциал выявленных здесь восьми маар-штокверков (категория Р₃) оценивается с использованием метода аналогии в 400–800 тыс. карат. Потенциал всей площади ФЭС 2500–3500 км² может составить 8–20 млн. карат. Для этой территории также рекомендуются ревизия и переинтерпретация геологических данных, постановка поисковых и поисково-оценочных работ.

Зимнебережно-Тимано-Красновишерская пологоса развития туфизитов перспективна на выявление единой фрактальной системы ФЭС с цепочно-равношаговым расположением объектов, приуроченных к возвышенностям и горст-антиклинальным структурам (Джежимпарминской, Немской и др.). Последние являются продолжением цепи поднятий, расположенных на территории Пермского края, на которых уже выявлены алмазодонные ФЭС. Заложение системы гармонических поднятий, их тектоническое воздымание произошло в неогене-квартере и сопровождалось локальной разгрузкой флюидо-магматических колонн, продуцировавших высокоэксплозивный вулканизм туфизитового типа. Образование поднятий обусловило возникновение кольцевых и клавишных линейных зон растяжения, в которые были интродуцированы туфизиты. Все прогнозируемые на Тиманском кряже ФЭС перспективны на выявление потенциально алмазодонных туфизитовых полей дискретно-кольцевого и клавишно-сетчатого строения. Отдельные туфизитовые тела (дайки, штокверки) были обнаружены нами при рекогносцировочных исследованиях

еще в 1998 г. и в ходе поисковых работ, проведенных ЗАО «Тимангеология» [32].

С целью закрепления успеха на рассматриваемой территории рекомендуются проведение рекогносцировочных работ с разбровкой ФЭС по степени перспективности, ревизия и переинтерпретация геолого-геофизических данных, постановка ГДП-200, ГДП-50, осуществление поисков на перспективных структурах.

На северном борту *Вычегодского прогиба* также возможно выявление туфизитовых ФЭС, полей дискретно-кольцевого и клавишно-сетчатого типов, многоярусных силлов. Обширные площади полей туфизитов и флюидизитов, в том числе в покровных фациях, были обнаружены нами при проведении ГДП-200 на Верхнекамской площади, на южном борту Вычегодского прогиба и на восточном борту Казанско-Кажимского авлакогена, а затем прослежены до границ с Республикой Коми. Здесь наиболее перспективными представляются клавишные блоки шириной до 50 км, ограниченные разломами северо-северо-восточного простирания. Сделанный вывод уже подтвержден находками мелких алмазов в ксенотуфизитах [22, 23, 49].

Кроме охарактеризованных выше туфизитовых полей и ФЭС в ранге рудных районов, на территории Республики Коми могут быть выявлены алмазодонные объекты в местах двух-трехлучевого сочленения активизированных в Т-Ж и N-Q палеорифтов и рифтогенных структур, в зонах региональных надвигов и покровов (фронтальных частях аллохтонов), на участках валлообразного коробления фундамента и над локальными поднятиями поверхности Мохо. Бесспорный приоритет здесь имеют ФЭС с проявлениями щелочно-основного и щелочно-ультраосновного магматизма.

Заключение

В конце концов важно понять, по какой причине в сознании геологов на всех континентах так укоренилась ветхозаветная идея «отсадочной машины» для минерала, который в силу своих специфических свойств более склонен к рассеянию, нежели к концентрации и россыпеобразованию в условиях как палеорек, так и современных водотоков. Хотелось бы также надеяться, что российским геологам не придется еще 40 лет бродить по интеллектуальной пустыне, пока не вымрут последние представители догматической школы и не сотрется память о трагичном для алмазной геологии времени господства теории «промежуточных коллекторов», а новое поколение отечественных специалистов воспримет, наконец, новую парадигму и начнет осознанно изучать алмазодонные месторождения «уральского» типа адекватными геологическими и аналитическими методами. Основанием для наших надежд служат, прежде всего, уже достигнутые результаты.

Приобретенный опыт свидетельствует о том, что выявленные и предполагаемые алмазодонные туфизитовые объекты ввиду высокой их рентабельности при отработке (карьерный способ, легкая

обогатимость, эффективная извлекаемость алмазов, высокая ликвидность минерального сырья) при достаточных ассигнованиях могут быстро занять достойное место в отечественной алмазодобывающей отрасли и составить серьезную конкуренцию традиционным типам алмазных месторождений. Серьезным препятствием для прогресса в рассматриваемой области являются все еще низкий уровень научных исследований алмазоносных объектов, теоретический разброд и шатание в научных кругах, по преимуществу негативное отношение научных специалистов к гипотезе туффизитов, уже подтвержденной, между прочим, открытием коренных источников алмазов и первых месторождений. Тем не менее, анализ показывает, что возобновление на новой теоретической основе поисков алмазов в пределах многих территорий Тимана, может обеспечить занятость геологических служб и научных организаций Республики Коми весьма интересной, реально необходимой и экономически перспективной работой на многие десятилетия. Вопрос состоит лишь в том, сколько еще потребуются времени на «дозревание» научных специалистов, геологов-производственников и венчурных инвесторов в лице как государства, так и цивилизованных предпринимателей.

Исследования были проведены при финансовой поддержке Программы №09-Т-5-1015 фундаментальных исследований РАН.

Литература

1. Прокопчук Б. И. Алмазные россыпи и методика их прогнозирования и поисков. М.: Недра, 1979. 248 с.
2. Соколов Б. Н. Образование россыпей алмазов. Основные проблемы. М.: Наука, 1982. 96 с.
3. Рыбальченко А. Я., Колбянин В. Я., Рыбальченко Т. М. О новом типе магматизма как возможном источнике уральских алмазов // Моделирование геологических систем и процессов: Материалы региональной конференции. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1996. С. 111-113.
4. Рыбальченко А. Я., Колбянин В. Я., Лукьянова Л. И. и др. О новом типе коренных источников алмазов на Урале // Доклады РАН, 1997. Т. 353. № 1. С. 90-93.
5. Беккер Ю. Р., Бекасова И. Б., Ишков А. А. Алмазоносные россыпи в девонских отложениях Северного Урала // Литология и полезные ископаемые, 1970. № 4. С. 65-70.
6. Битков П. П., Шаметко В. Г. Девонская полиминеральная палеороссыпь Ичетью на Среднем Тимане // Наследие А. Я. Кремса в трудах ухтинских геологов. Сыктывкар: Геопринт, 1992. С. 136-140.
7. Гаранин В. К., Гонзага Г. М., Камиров Дж. Е. Г. Новая гипотеза гляциального формирования алмазоносных россыпей Урала // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология, 2000. № 5. С. 18-23.
8. Голубев Ю. К., Щербакова Т. Е. О ледниковой природе «туффизитов», вскрываемых в карьерах по добыче алмазов в Красновишерском районе Пермской области // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 81-82.
9. Ваганов В. И., Голубев Ю. К., Захарченко О. Д., Голубева Ю. Ю. Современное состояние проблемы коренных первоисточников алмазных россыпей Западного склона Урала // Руды и металлы, 2004. № 4. С. 5-17.
10. Мальков Б. А., Холопова Е. Б. Трубки взрыва и алмазоносные россыпи Среднего Тимана. Сыктывкар: Геопринт, 1995. 50 с.
11. Мальков Б. А., Холопова Е. Б. Эпохи кимберлитового вулканизма, палеороссыпи и промежуточные коллекторы алмазов на Восточно-Европейской платформе, Тимане и Урале // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 194-196.
12. Хенни А., Афанасьев В., Каминский Ф. В. и др. Пиропы и алмазы Алжирской Сахары // Доклады РАН, 1994. Т. 326. № 7. С. 151-157.
13. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов из пород Рассольнинской депрессии (Урал) в связи с проблемой их первоисточников // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 146-147.
14. Мусихин Г. Д., Зобачев В. А. Отчет о результатах поисковых работ на алмазы в долине р. Акчим Красновишерского района Пермской области за 1969-1972 гг. Пос. Волюнка, 1973. Фонды Пермгеолкома.
15. Робинсон Д. Н. Характеристики алмазов из трех Северо-Уральских месторождений России – исследования от имени Де Бирс Консолидейтед Майнс Лимитед // Уральский геологический журнал, 2006, № 3. С. 152-165.
16. Рыбальченко А. Я., Рыбальченко Т. М. Эмбриональный рифтогенез восточной окраины Восточно-Европейской платформы и проблемы алмазоносности // Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI в.: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. СПб., 2000. С. 149-154.
17. Рыбальченко Т. М., Рыбальченко Ю. А. Типоморфизм алмазов Рыбьяковского месторождения (Средний Урал) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 10. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2007. С. 4-14.
18. Силаев В. И., Шанина С. Н., Ракин В. И. и др. Алмазы из туффизитов Урала (кристалломорфология и флюидные включения) металлогении // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 13. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2010. С. 3-22.
19. Рыбальченко А. Я., Тетерин И. П., Кириллов В. А. и др. Алмазы Урала – реальная минерально-сырьевая база России // Эффектив-

- ность прогнозирования и поисков месторождений алмазов: прошлое, настоящее и будущее (Алмазы-50). СПб., 2004. С. 282-285.
20. Рыбальченко А. Я., Рыбальченко Т. М., Силаев В. И. Комментарии к некоторым традиционным заблуждениям в генетических оценках алмазных месторождений уральского типа в Урало-Тиманском регионе // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Петрографический сборник № 6. Сыктывкар, 2010. С. 92-113. (Труды Института геологии Коми НЦ УрО РАН; №125).
21. Рыбальченко А. Я. Закономерности локализации и алмазонасность интрузивных пирокластитов Талицко-Благодатского туффизитового поля // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 147-150.
22. Рыбальченко А. Я. Перспективы возрождения алмазодобывающей отрасли Пермского края // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 29-30.
23. Рыбальченко А. Я., Рыбальченко Т. М., Накарякова И. Р., Морозов Г. Г. Мезокайнозойская активизация Приуральской окраины Восточно-Европейской платформы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 10. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2007. С. 222-230.
24. Рыбальченко Т. М. О специфическом характере алмазонасного вулканизма Полюдова Кряжа // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений: Материалы Международной научно-практической конференции. Симферополь. Судак, 1999. С. 163-165.
25. Рыбальченко Т. М. Петрографическая характеристика алмазонасных магматитов Полюдова Кряжа // Вестник Пермского ун-та. Геология, 1997. Вып. 4. С. 43-52.
26. Рыбальченко Т. М., Рыбальченко Ю. А. Типохимическая характеристика минералов-спутников алмаза из туффизитов Чикманского рудного узла (Средний Урал) // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 150-152.
27. Чайковский И. И. Петрология и минералогия интрузивных алмазонасных пирокластитов Вишерского Урала. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2001. 324 с.
28. Мусихин Г. Д., Ветчанинов В. А. Россыпи ближайшего сноса – новый тип месторождений алмазов в Вишерском районе // Вишерские алмазы: Тезисы докладов научно-практической конференции. Пермь, 1973. С. 20-22.
29. Кириллов В. А., Ситдилов И. С. и др. Отчет о детальном разведочных работах на участке «Волынка» в Красновишерском районе Пермской области за 1981–1988 гг. Пермь, 1988. (Фонды Пермгеолкома).
30. Тетерин И. П., Пактовский Ю. Г., Еськин А. Г. Ефимовское месторождение алмазов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 12. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2009. С. 219-230.
31. Лукьянова Л. И., Жуков В. В., Кириллов В. А. и др. Субвулканические эксплозивные породы Урала – возможные источники алмазных россыпей // Региональная геология и металлогения, 2000. № 12. С. 134-157.
32. Макеев А. Б., Рыбальченко А. Я., Дудар В. А., Шаметко В. Г. Новые перспективы алмазонасности Тимана // Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России. Новые результаты и новые перспективы: Материалы XIII Геологического съезда Республики Коми. Т. IV. Сыктывкар: Геопринт, 1999. С. 63-66.
33. Рыбальченко А. Я. Геологическая модель алмазонасных флюидизитно-эксплозивных структур уральского типа // Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России. Новые результаты и новые перспективы: Материалы XIII Геологического съезда Республики Коми. Т. IV. Сыктывкар: Геопринт, 1999. С. 109-111.
34. Петровский В. А., Силаев В. И., Голубева И. И. и др. О вероятно эндогенной природе мезопротерозойских алмазонасных «метаконгломератов» в Бразилии // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2010. № 8. С. 23-32.
35. Петровский В. А., Силаев В. И., Голубева И. И. и др. Восточная Бразилия: россыпеобразующие алмазонасные породы и алмазы // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 14. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2011. С. 12-36.
36. Голубева И. И., Махлаев Л. В. Интрузивные пирокластиты Севера Урала. Сыктывкар, 1994. 98 с.
37. Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 430 с.
38. Грачев А. Ф. Рифтовые зоны земли. М.: Недра, 1987. 285 с.
39. Mandelbrot B.B., Freeman W.H. The fractal geometry of Nature. San-Francisco, 1983. 165 p.
40. Макушин А. А. Геодинамика и минерагения Татарского кратона и Камско-Бельского перикратонного прогиба // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар, 2006. С. 95-98.
41. Качай О. А., Качай О. Ю., Кононов А. В. Результаты использования новой геофизической технологии при изучении взаимосвязи коренного источника и россыпи платины и алмазов // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар, 2006. С. 37-38.

42. Рыбальченко А. Я., Рыбальченко Т. М. Предварительная модель локализации и формирования коренных алмазоносных объектов уральского типа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы региональной конференции. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1997. С. 100-101.
43. Рыбальченко А. Я., Рыбальченко Т. М. Геологическое строение Ичетьинского алмазоносного туффизитового поля Ичетьинско-Умбинской флюидизатно-эксплозивной структуры (Средний Тиман) // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 211-214.
44. Рыбальченко Т. М. Характеристика алмазоносных туффизитов Полюдова Кряжа // Золото, платина, алмазы Республики Коми и сопредельных регионов: Материалы Всероссийского совещания. Сыктывкар: Геопринт, 1998. С. 144-146.
45. Барышев А. Н. Периодическое размещение алмазоносных систем и смежные проблемы геологии алмазов // Отечественная геология, 2006. № 6. С. 23-24.
46. Макеев А. Б., Дудар В. А., Лютое В. П. и др. Алмазы Среднего Тимана. Сыктывкар: Геопринт, 1999. 80 с.
47. Рыбальченко А. Я., Наумов В. А. Тороидальное золото как индикатор флюидизатного процесса // Уральский геологический журнал, 1999. № 4. С. 83-95.
48. Силаев В. И., Чайковский И. И., Харитонов Т. В. и др. К проблеме атипичных и нетрадиционных минералов-спутников алмаза (на примере Урала). Сыктывкар: Геопринт, 2009. 65 с.
49. Морозов Г. Г., Осовецкий Б. М., Накарякова И. Р., Рыбальченко А. Я. и др. Первые находки алмазов на территории платформенной части Пермского края // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы региональной конференции. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2006. С. 3-4.

Статья поступила в редакцию 21.07.2010.

УДК 539.374

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКИМ МЕХАНОЦИКЛИРОВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

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

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

Экспериментально показано, что при изотермическом механоциклировании сплошных цилиндрических образцов из никелида титана в условиях сложного напряженного состояния наблюдается обратимое формоизменение – свойство мартенситной неупругости, проявляющееся при термоциклировании через интервалы мартенситных превращений. По результатам эксперимента оценивается влияние соотношения между статической и циклической составляющих напряжения на изменение сдвиговой деформации в сложном напряженном состоянии при механоциклировании осевой нагрузкой.

Ключевые слова: никелид титана, механоциклирование, цилиндрические образцы, сложное напряженное состояние, ортогональное нагружение

I.N. ANDRONOV, N.P. BOGDANOV, N.A. SEVEROVA. THE DEFORMATION EFFECTS CAUSED BY THE ISOTHERMAL MECHANICAL CYCLING UNDER COMPLEX INTENSE CONDITION

It is experimentally shown that at isothermal mechanical cycling of continuous cylindrical samples from alloy NiTi under complex intense condition we can see a reversible form change – a property of martensite anelasticity shown at thermocycling through intervals of martensite transformations. According to the results of the experiment we estimated the influence of ratio between static and cyclic components of pressure on change of shift deformation in the complex intense condition at mechanical cycling axial loading.

Key words: nickeline of titanium, mechanical cycling, cylindrical samples, complex intense condition, orthogonal loading

Элементы исполнительных силовых механизмов разнообразного функционального назначения (в технике и медицине), выполненные из материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ), часто находятся под одновременным воздействием осевых и касательных напряжений, поэтому, подбирая оптимально подходящий для этих элементов металл или сплав, необходимо опираться на знания о механических характеристиках и деформационном поведении материалов при различных температурно-силовых воздействиях. В настоящее время в литературе сведения о механическом поведении сплавов на основе никелида титана и других материалов с памятью формы в условиях сложного напряженного состояния представлены незначительным количеством публикаций и это позволяет говорить об актуальности исследований в данном направлении.

Для материалов с ЭПФ достаточно подробно изучены такие явления мартенситной неупругости, как эффекты многократно обратимой памяти формы, пластичности превращения, реверсивной памяти формы, деформации ориентированного пре-

вращения и другие [1]. Перечисленные выше явления, как правило, инициированы мартенситными реакциями, связанными с термоциклированием материала. Работы по механоциклированию материала с ЭПФ в сложном напряженном состоянии в большинстве случаев посвящены определению длительной прочности, реже изучению структуры материала при подобного рода воздействиях [2]. Зафиксировано [3], что при изотермическом механоциклировании в двухфазном состоянии материал более пластичен и хуже приспосабливается к изменению амплитуды интенсивности напряжений. В работах [4,5] показано, что активное деформирование материала с ЭПФ в изотермических условиях может сопровождаться явлениями мартенситной неупругости, подобными тем, что обусловлены изменением температуры. Значит, можно говорить о явлениях мартенситной неупругости, инициированных изотермическим механоциклированием.

В данной статье представлена методика эксперимента и, частично, результаты систематической исследовательской работы, посвященной изучению

деформационного поведения материала с эффектом памяти формы, находящегося в сложном напряженном состоянии в условиях активного деформирования при постоянной температуре. В последующих публикациях авторы надеются продолжить исследования и провести анализ полученных результатов.

Материал и методы

В научной лаборатории при Ухтинском государственном техническом университете сконструирована установка [6], позволяющая в условиях переменной или постоянной температуры сообщать образцу по отдельности или одновременно растягивающие или сжимающие усилия до 5000 Н и крутящий момент до 5 Н·м.

В процессе выполнения эксперимента определяли угол закручивания образца и осевое перемещение торца вала, соосно с которым закреплен образец. Это позволяет подсчитать сдвиговую и продольную деформацию образца. Нагрев производился электропечью. Температуру в процессе эксперимента регистрировали при помощи милливольтметра М 253, подключенного к хромель-капельной (хромель-алюмелевой) термопаре, спай которой подсоединен к рабочей части образца. Для контроля однородности нагрева образца использовали две термопары, которые установлены в различных точках рабочей части.

При определении осевой деформации учитывали также "инструментальную" погрешность, связанную с тепловым эффектом установки, которую предварительно находили по следующей методике. В установку закрепляли эталонный образец, выполненный из Ст. 3 с хорошо известным коэффициентом теплового линейного расширения $\alpha = 1,06 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ и определяли дилатодиаграмму от совместного теплового эффекта эталонного образца и установки. Из полученной суммарной дилатодиаграммы вычитали дилатодиаграмму эталонного образца, выделяя тепловой эффект собственно установки. В дальнейшем тепловой эффект установки учитывали путем добавления его к обратимым составляющим деформации при растяжении и вычитании при сжатии. Ошибка в измерении осевой деформации составляла $\pm 0,005 \%$, а температуры $\pm 1 \text{ K}$.

Установка дает возможность получения и фиксирования в изотермических условиях значительных неупругих осевых деформаций при кручении и сдвиговых – при осевом деформировании. Результаты систематического исследования представлены в работе [7].

Образцы были изготовлены из одной партии прутков сплава ТН-1 и имели форму сплошных цилиндрических стержней диаметром 4 мм. Длина рабочей части одной серии составляла 30 мм, второй серии – 18 мм, полная длина 66 и 50 мм соответственно. Последние использовались при механоциклировании в условиях действия постоянного или переменного сжимающего усилия. Значения характеристических температур фазовых переходов составили $M_s = 326 \text{ K}$, $M_f = 298 \text{ K}$, $A_s = 390 \text{ K}$, $A_f = 488 \text{ K}$. Образцы подвергались предварительной термообработке, при которой производился отжиг – 550° C в течение 30 мин. с последующим охлаждением на воздухе.

В первом виде испытаний (режимы I–III) образцы закручивали постоянным крутящим моментом, сообщая им статические касательные напряжения τ_0 , а затем механоциклировали осевым напряжением. Во втором (режимы IV–VII) – образец растягивали или сжимали, создавая статическое нормальное напряжение σ , после чего механоциклировали кручением.

Образцы подвергались изотермическому механоциклированию по нормальным или касательным напряжениям в условиях пульсационного (рис.1, режимы: I и II – статическое кручение; IV – статическое осевое деформирование растяжением, V – то же сжатием) или симметричного (рис.1, режимы: III – статическое кручение; VI – статическое осевое деформирование растяжением, VII – то же сжатием) циклов в присутствии постоянно действующей ортогональной составляющей деформации. Период пульсационного или полупериод симметричного механоциклов – 120 с.

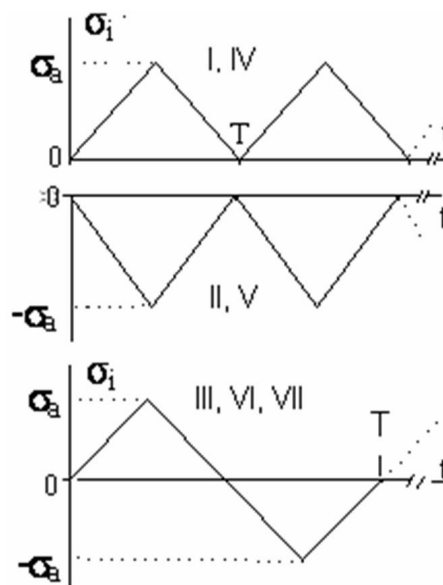


Рис.1. Режимы нагружения.

Интенсивность напряжений, обусловленная статической составляющей напряженного состояния $\sigma_i = \sqrt{3} \tau_0$ (где τ_0 – касательное напряжение, возникающее за счет действия статической нагрузки), и максимальная интенсивность, обусловленная циклической составляющей напряженного состояния $\sigma_i^{\max} = \sigma_a$ (где σ_a – амплитуда циклических напряжений), принимали значения 50 МПа, 100 МПа, 150 МПа, 200 МПа по обоим составляющим.

От образца к образцу интенсивность постоянной составляющей напряжения (σ_i) была одной из перечисленных: 50 МПа, 100 МПа, 150 МПа, 200 МПа. Амплитуда циклических напряжений $\sigma_i^{\max} = \sigma_a$ у конкретного образца увеличивалась через каждые 10–15 механоциклов и последовательно принимала все указанные выше значения. При этом у каждого из исследуемых образцов соотношение $\sigma_i / \sigma_i^{\max}$ по отношению к начальному соотношению изменялось одинаковым образом, т.е. последовательно уменьшалось в 2, 3, 4 раза. Данное исследование было выполнено при трех температурах,

соответствующих мартенситному ($T_M = 290$ K), двухфазному ($T_0 = 350$ K) и аустенитному ($T_A = 510$ K) состояниям образца.

При каждой температуре пройдено по 16 соотношений $K = \sigma_i / \sigma_i^{\max}$ (таблица). Фиксировали сдвиговые и осевые деформации, обусловленные статической составляющей напряжения или циклически меняющейся составляющей напряжения. После циклирования в сложном напряженном состоянии убрали статическую нагрузку и выполняли один-два механоцикла без нее. Затем каждый образец термоциклировали в свободном состоянии.

Соотношения между статическими нагрузками и амплитудами циклических нагрузок

$K = \sigma_i / \sigma_i^{\max}$		$\sigma_i^{\max}$, МПа			
		50	100	150	200
σ_i , МПа	50	1	0,5	0,33	0,25
	100	2	1	0,67	0,5
	150	3	1,5	1	0,75
	200	4	2	1,33	1

Результаты и обсуждение

Наиболее типичные результаты экспериментов представлены на рис.2–5. Показано, что деформирование по одной составляющей деформации всегда вызывает изменение ортогональной составляющей деформации, но для различных режимов и температур деформирования данные зависимости неоднозначны. Для некоторых режимов характерные кривые, иллюстрирующие изменение ортогональной составляющей деформации от числа механоциклов, приведены на рис.6–8. В первых механоциклах для всех режимов деформирования, как правило, наблюдали одностороннее накопление деформации по ортогональной составляющей деформации, обусловленной статическим нагружением. В режимах I и II в мартенситном состоянии (рис.6а) при осевом механоциклировании наблюдается необратимое накопление деформации в направлении крутящего момента (механоциклическая ползучесть), которое практически прекращается к седьмому-восьмому циклам. Максимальные сдвиговые деформации зафиксированы в условиях механоциклирования растяжением при амплитудах $\sigma_i^{\max} = 200$ МПа. На рис.6б представлена зависимость величины сдвиговой деформации, установившейся к 10 циклу, от соотношения $\sigma_i / \sigma_i^{\max}$ (на рисунке это связано с τ_0 – величиной статического напряжения и σ – ам-

плитудой пульсирующего осевого напряжения). Наблюдается резкое увеличение сдвиговой деформации при увеличении амплитуды нормального напряжения до $\sigma_i^{\max} = 200$ МПа при постоянном $\tau_0 = 100/\sqrt{3}$ МПа (т.е. $\sigma_i = 100$ МПа). Значительно меньший всплеск деформации отличается при нормальном напряжении противоположного знака. Оба рисунка демонстрируют, что растяжение и сжатие поразному влияют на ортогональную составляющую деформации в условиях механоциклирования в режиме пульсационного цикла в сложном напряженном состоянии.

В III режиме нагружения материал демонстрирует необычное поведение (рис.5), где после третьего цикла накопление деформации «в сторону силы» прекращается и переходит в явление механоциклического возврата, т.е. к уменьшению общей деформации по ортогональной составляющей деформации от цикла к циклу (кривая 6 на рис.7). Очевидно, такое явление можно отнести к отрицательной механоциклической ползучести.

В режимах I, II, III, VI, VII после достижения некоторого числа циклов ($N = 6 \div 10$) наблюдали обратимое изменение деформации (кривые 10, рис. 2; 3а; 4; 5), величина которой в отдельных опытах достигала 0,35% за один такт нагружения (кривая 10 на рис. 2б). При минимальных уровнях статических напряжений, как правило, зафиксировали накопление деформации в сторону фиксированного напряжения на этапе активного деформирования и ее возврат при разгрузке материала (кривые 10 на рис.2а, на рис.3а). При переходе к более высоким уровням статических напряжений картина меняется. В этом случае активному деформированию материала по одной из компонент тензора напряжения отвечает возврат деформации по другой и, наоборот, разгрузке материала соответствует накопление деформации в сторону заданного фиксированного напряжения (кривая 10 на рис.2б, 5). Следует отметить, что чаще всего обратимые деформации наблюдали в режиме III (кривая 15 на рис.5). В процессе осевого механоциклирования в условиях симмет-

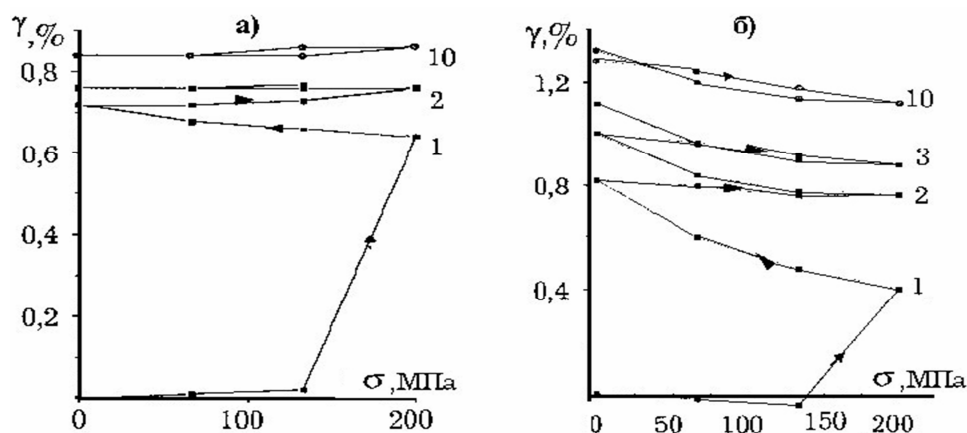


Рис.2. Зависимость сдвиговой деформации от нормального напряжения σ в I режиме нагружения при $\tau_0 = 50/\sqrt{3}$ (а), $200/\sqrt{3}$ МПа (б) и $T = 290$ K. Цифры на графиках отвечают номерам механоциклов.

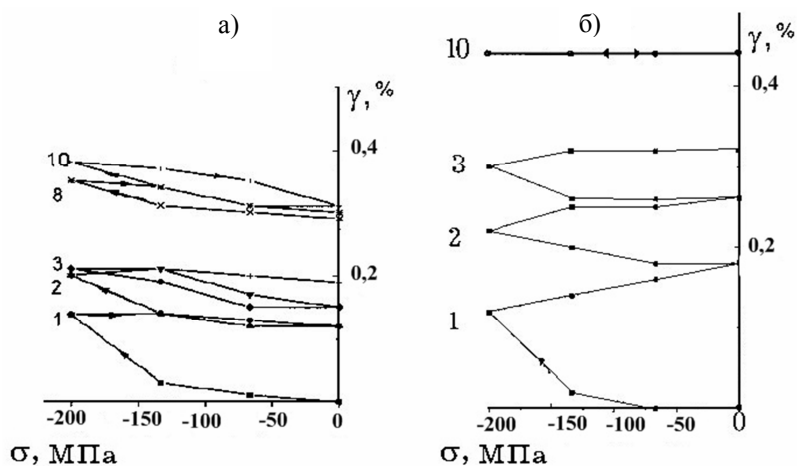


Рис.3. Зависимость сдвиговой деформации от нормального напряжения σ во II режиме нагружения при $\tau_0 = 50/\sqrt{3}$ (а), $200/\sqrt{3}$ МПа (б) и $T = 290$ К.

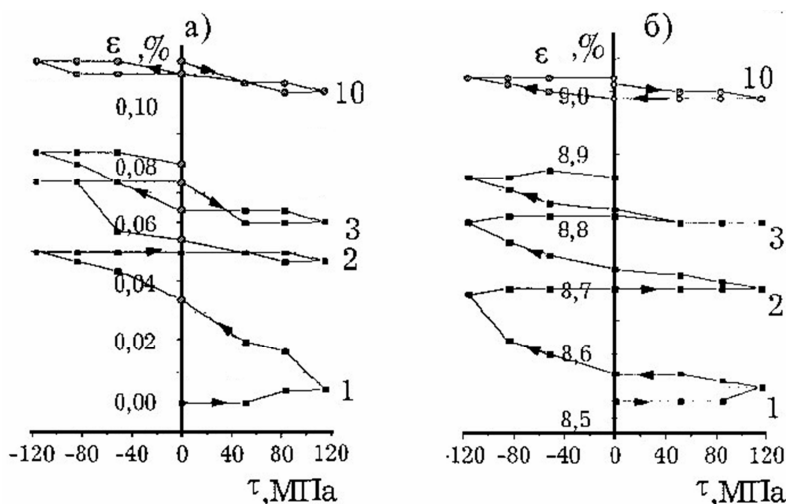


Рис.4. Зависимости осевой деформации от касательного напряжения при механоциклировании в VI режиме нагружения, при растягивающих напряжениях $\sigma_i = 50$ МПа (а) и 200 (б) МПа и температуре $T = 290$ К.

ричного цикла проявляются типичные свойства мартенситной неупругости, такие как: эффект памяти формы при активном сжатии (участки кривых 1 - 1'; 2 - 2'; 3 - 3', 15 - 15'); пластичность прямого превращения при последующей разгрузке (участки кривых 1' - 2; 2' - 3; 3' - 3'', 15' - 15''). Эти явления можно рассматривать как эффекты мартенситной неупругости, которые в данном случае инициированы изотермическим механоциклированием.

При анализе опытных данных для режима III зафиксировано, что к пятому и десятому механоциклам при увеличении амплитуды нормального напряжения $\sigma_i^{\max}$, для $\sigma_i = 50, 100, 150, 200$ МПа изменение сдвиговой деформации в зависимости от соотношения напряжений $\sigma_i / \sigma_i^{\max}$ и температур T имеет три принципиально разные тенденции: а) сдвиговая деформация растет с числом циклов; б) сдвиговая деформация в процессе механоциклирования демонстрирует реверсивное изменение; в) сдвиговая деформация монотонно убывает с числом циклов.

На рис.8. представлена зависимость ортогональной сдвиговой деформации от числа циклов при знакопеременном осевом деформировании в режиме III в условиях ступенчатого изменения амплитуды нормального напряжения для различных соотношений $K = \sigma_i / \sigma_i^{\max}$ между статическим напряжением и амплитудой циклически меняющегося напряжения.

При наименьшем $\sigma_i = 50$ МПа (рис.8а) величина механоциклического возврата достигает максимального значения при температуре, соответствующей двухфазному состоянию (кривая 2а). При $\sigma_i = 100$ МПа (рис.8б) наблюдается монотонное, практически синхронное, увеличение, а затем уменьшение сдвиговой деформации при всех температурах, т.е образец при увеличении амплитуды осевого напряжения в итоге «раскручивается». Для $\sigma_i = 150$ МПа (рис.8в) в мартенситном состоянии (кривая 1в) с увеличением числа механоциклов сдвиговая деформация, накопленная в сторону действия постоянного касательного напряжения, растет, а при температуре 370 К после некоторого возрастания деформации, имеет место отрицательная механоциклическая ползучесть, приводящая к первоначальному уровню сдвиговой деформации при больших значениях $\sigma_i^{\max} = 200$ МПа. При температуре, соответствующей аустенитному состоянию материала, наблюдается монотонный механоциклический возврат. Для всех температур при $\sigma_i = 200$ МПа (рис.8г) наблюдаются самые незначительные изменения сдвиговой деформации.

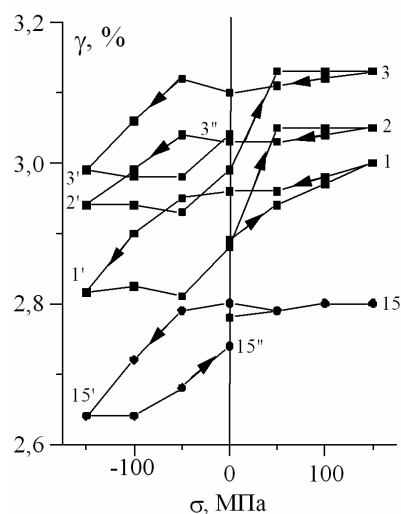


Рис.5. Зависимость сдвиговой деформации от σ в режиме III при $\tau_0 = 115,5$ МПа и $T = 290$ К.

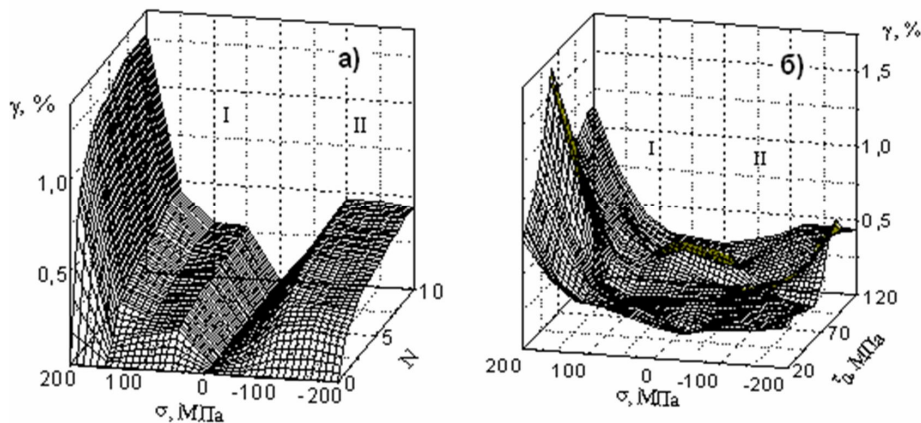


Рис.6. Зависимости сдвиговой деформации в режимах I, II при $T = 290$ К: а) от числа циклов N и амплитуды механоциклирования σ при $\tau_0 = 200/\sqrt{3}$ МПа; б) от величины статического касательного напряжения и амплитуды механоциклирования σ .

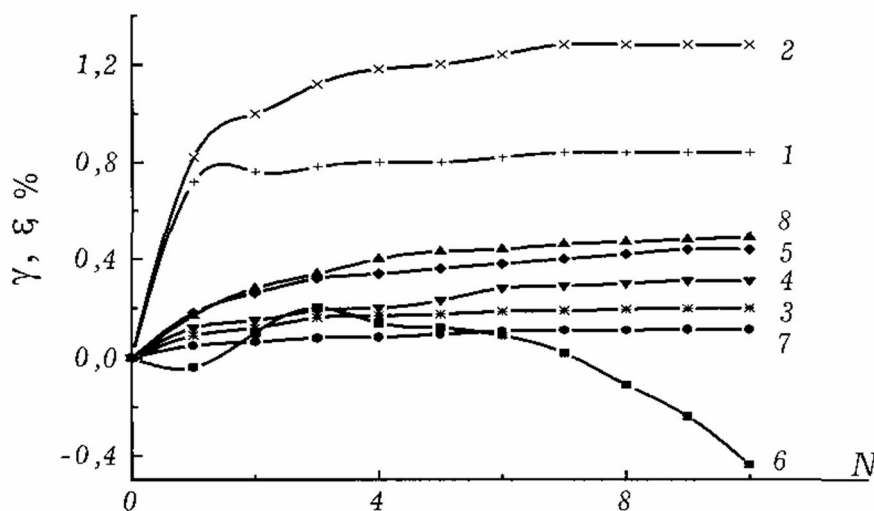


Рис.7. Зависимости сдвиговых (1÷6) и осевых (7÷8) деформаций, накапливаемых в процессе механоциклирования, от числа циклов для режимов: I (1,2) при $\sigma_i = 50$ МПа и $\sigma_a = 200$ МПа (1), $\sigma_i = 200$ МПа и $\sigma_a = 200$ МПа (2); II (3÷5) при $\sigma_i = 50$ МПа и $\sigma_a = 100$ МПа (3), $\sigma_a = 200$ МПа (4), $\sigma_i = 200$ МПа и $\sigma_a = 200$ МПа (5); III (6) при $\sigma_i = 50$ МПа и $\sigma_a = 150$ МПа (6); VI (7,8) при $\sigma_i = 200$ МПа и $\sigma_a = 50$ МПа (7), $\sigma_a = 200$ МПа (8) при $T = 290$ К.

Таким образом, зафиксировано, что в мартенситном состоянии нельзя однозначно определить с изменением сдвиговой деформации (ее возрастанием или уменьшением) в процессе механоциклирования по осевой составляющей напряжения, т.е. нет определенной зависимости ее от параметра $K = \sigma_i / \sigma_i^{\max}$. В двухфазном состоянии ортогональная составляющая деформации увеличивается только при $K > 1$, т.е. образец «закручивается» в сторону действия статического вращающего момента, в случае $K \leq 1$ образец начинает «раскручиваться». В аустенитном состоянии нельзя однозначно связать изменение сдвиговой деформации с параметром K , однако, можно отметить, что она практически не изменяется при минимальном и максимальном значениях σ_i , а именно, при 50 и 200 МПа.

Анализируя весь массив данных по изотермическому механоциклированию сплошных цилин-

дрических образцов из никелида титана в режиме III в мартенситном состоянии, в 56% случаев различных соотношений $K = \sigma_i / \sigma_i^{\max}$ отмечается только накопление сдвиговой деформации, т.е. ее увеличение в сторону действия постоянного крутящего момента. Механоциклический возврат преимущественно наблюдается после 5-7 циклов, причем, при условии совпадения величины интенсивности статической и динамической составляющих нагрузки при $K = 1$. Отмечается, что в двухфазном состоянии при $K > 1$ прослеживается только накопление деформации, а при $K \leq 1$ только возврат деформации (на первом этапе с 5-7 циклов, на втором и последующих с первого механоцикла). В аустенитном состоянии обнаружено либо накопление деформации (50% случаев), либо возврат с первого механоцикла. При амплитуде циклических напряжений $\sigma_a = 50$ МПа при всех температурах в 83 % всех опытов отмечается накопление сдвиговой составляющей деформации.

Выводы. При интерпретации описанных результатов можно использовать следующие представления. В целом, явления мартенситной неупругости при механоциклиро-

вании сводимы к нескольким эффектам. Во-первых, к механоциклической ползучести, которая, как правило, приводит к необратимости накопления деформации в сторону фиксированного напряжения. Это может быть связано с текстурированием материала в процессе механоциклирования, а также с эволюцией ориентированных и неориентированных внутренних микронапряжений. По мере повторения циклов происходит механический наклеп, что существенно уменьшает интенсивность накопления деформации, и приводит к ее насыщению. Во-вторых, наряду с необратимым деформированием механоциклирование, в соответствии с соотношением Клаузиуса – Клапейрона, может сопровождаться прямыми и обратными мартенситными реакциями и приводить к обратимому формоизменению материала. Сказанное относится главным образом к режимам IV и V, а также и к некоторым схемам на-

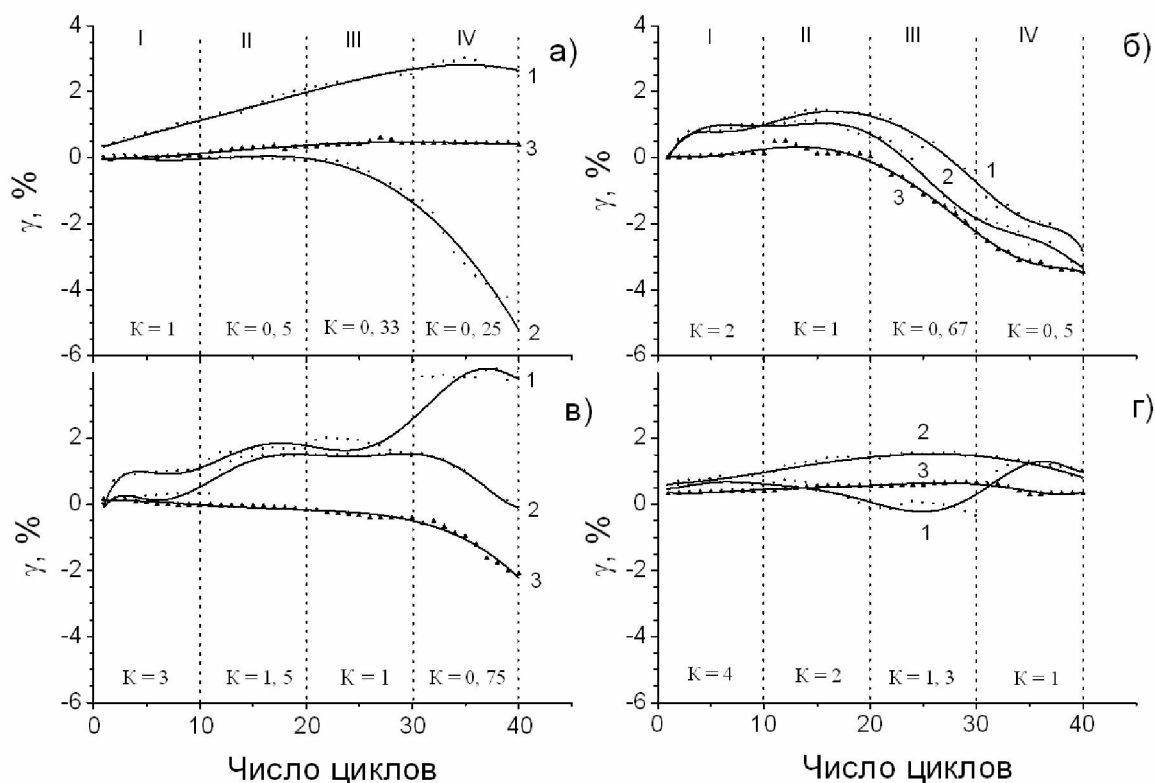


Рис.8. Зависимость сдвиговой деформации от числа циклов при знакопеременном осевом деформировании (режим III) в условиях ступенчатого изменения амплитуды нормального напряжения $\sigma_a = 50$ (область I), 100 (II), 150 (III), 200 МПа (IV) при $T = 290$ К (1), 370 К (2), 510 К (3), для значений $\sigma_i = 50$ (а), 100 (б), 150 (в), 200 МПа (г).

гружения режима II. Наибольший интерес представляет случай, когда наряду с обратимым формоизменением в процессе механоциклирования наблюдается также механоциклический возврат ортогональной составляющей деформации или же отрицательная механоциклическая ползучесть. Это явление, по-видимому, связано с тем, что на начальной стадии механоциклирования накопление необратимой деформации реализуется больше за счет каналов мартенситной неупругости, по истечении некоторого числа циклов необратимые составляющие деформации практически полностью подавляются за счет механического накопления, вследствие чего начинает проявляться восстановление деформации от цикла к циклу, т.е. явление механоциклического возврата.

Анализируя результаты исследований, можно сделать следующие выводы:

- Механоциклирование по одной составляющей деформации всегда вызывает изменение ортогональных составляющих деформаций. В первых циклах, во всех режимах нагружения, отмечается монотонное накопление последних в сторону нагрузки.
- При достижении определенного числа циклов начинает проявляться обратимое формоизменение или полная независимость деформации от числа циклов.
- Наиболее сильный эффект обратимого формоизменения обнаруживается, если циклирование осуществлять в симметричном цикле «растяжение – разгрузка – сжатие – разгрузка» (режим III).

Для режима III характерно явление механоциклического возврата, которое достигает наибольшей величины при малых значениях $\tau_0 = 50$ МПа при температуре, соответствующей двухфазному состоянию.

Зафиксировано различное влияние на сдвиговую деформацию полуциклов сжатия и растяжения. В двухфазном состоянии при увеличении числа циклов преобладающее влияние на сдвиговую деформацию оказывает полуцикл сжатия и именно в этом состоянии при $\sigma_i / \sigma_i^{\max} = 1$ наблюдается четкая смена знака у приращения сдвиговой деформации, в аустенитном состоянии – преобладающее влияние оказывает полуцикл растяжения, в мартенситном состоянии отличий влияния полуциклов растяжения и сжатия не выявлено.

Очевидно, что некоторые из указанных явлений можно объяснить наличием мартенситных реакций, имеющих место при механоциклировании [3].

Литература

1. *Никелид титана. Медицинский материал нового поколения* / В.Э.Гюнтер, В.Н. Ходоренко и др. Томск: МИЦ, 2006. 296 с.
2. *Чекалкин Т.Л.* Исследование знакопеременной деформации, внутреннего трения и демпфирующих свойств сплавов на основе никелида титана: автореферат диссертации к.ф.-м.н. Томск, 2007. 23 с.

3. *Малинин В.Г., Маничева И.Н., Арендатель И.Г. и др.* Исследование деформационных свойств материалов с эффектом памяти формы при циклических режимах изотермического нагружения // Материалы с эффектом памяти формы: I Российско-Американский семинар и XXXI семинар «Актуальные проблемы прочности». СПб., 1995. С.29-33.
4. *Андронов И.Н., Власов В.П., Какулия Ю.Б., Лихачев В.А.* Эффекты мартенситной неупругости при механоциклировании сплава CuAlMn // Функционально-механические свойства сплавов с мартенситным механизмом неупругости: XXVII Межреспубликанский семинар «Актуальные проблемы прочности». Ухта, 1992. С. 170-177.
5. *Андронов И.Н., Власов В.П., Какулия Ю.Б., Лихачев В.А.* Эффекты мартенситной неупругости при механоциклировании (механический эффект памяти формы) // Прогнозирование механического поведения материалов: XXV Всесоюзный семинар «Актуальные проблемы прочности». Новгород, 1991. Т.1. С. 72-77.
6. *Власов В.П., Андронов И.Н., Какулия Ю.Б.* А.С. 1809356 СССР. Установка для испытания образцов материалов при сложном напряженном состоянии // Открытия. Изобретения. 1993. №14.
7. *Андронов И.Н., Богданов Н.П., Северова Н.А.* Мартенситная неупругость никелида титана при механоциклировании // Научные труды I Международного семинара «Актуальные проблемы прочности» и XXXIII семинара «Актуальные проблемы прочности». Новгород, 1997. Т.2. Ч.1. С.40-47.

Статья поступила в редакцию 17.12.2010.

КООПЕРАЦИЯ ЖЕНСКОГО КРУЖЕВНОГО ПРОМЫСЛА СЕВЕРНОГО КРАЯ (ПЕРВАЯ ТРЕТЬ XX в.)

Е.В. ДИАНОВА

*Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск
dianowa@yandex.ru*

Статья посвящена истории и развитию кустарных кружевных промыслов Северного края, начиная с последней четверти XIX в. до 30-х гг. XX в. Проанализированы материалы по промысловым занятиям северного крестьянства, о развитии кооперативного движения в области кружевоплетения. Изучено влияние кооперации на промыслы в условиях гражданской войны, военного коммунизма и НЭПа.

Ключевые слова: кружевоплетение, народные промыслы, кооперация

E.V.DIANOVA. COOPERATION OF FEMALE LACY CRAFT OF NORTHERN TERRITORY (FIRST HALF OF XX-TH CENTURY)

The paper is devoted to history and development of lacy handicrafts of Northern territory since last quarter of XIX till the 30-s of XX century. Materials on trade employment of northern peasantry, on development of co-operative movement in the field of lace-weaving are analyzed. Influence of cooperation on crafts in conditions of Civil war, military communism and the New Economic Policy is studied.

Key words: lace-weaving, national crafts, cooperation

Промысловые занятия северного крестьянства всегда вызывали интерес историков, экономистов, исследователей декоративного прикладного искусства и народной культуры. Первые работы по изучению северных народных промыслов, в том числе женских, появились еще в конце XIX – начале XX в. [1,2]. В 1920-е гг. о вологодских кружевных артелях печатались статьи в экономических журналах Русского Севера [3-5]. В настоящее время исследователи уделяют внимание организации деятельности кустарей, значению кустарных промыслов в крестьянских хозяйствах [6-8]. Немало работ посвящено традиционному женскому промыслу Вологодского края – кружевоплетению [9-11]. Данная статья пополняет список публикаций о вологодских кружевницах, в ней говорится о кооперации кружевного промысла в первые десятилетия XX в.

Возникновение кружевного промысла в Вологодском крае относится к 20-м гг. XIX в. В это время недалеко от Вологды в имениях помещиков крепостные девушки стали плести кружевные отделки к платьям, рубашкам и сорочкам. Кружевоплетение было быстро освоено женским населением Вологодской губернии. Началом распространения кружевного промысла считается 1874 год. За десять лет он охватил территорию с радиусом 50 верст от Вологды. В 1893 г. в Вологодской губернии кружевным промыслом занимались 4 тыс. мастериц. В 1900 г. число кружевниц составляло 20 тыс. чел. По

земским дворовым записям в 1901-1910 гг. была зарегистрирована 35 181 кружевница, а в 1912 г. – уже 40 тыс. женщин и девушек занималось кружевоплетением [4, с. 46; 9, с. 62].

На деревенских посиделках девушки и женщины с пением и шутками проводили за плетением кружев долгие зимние вечера, мерно и четко побрякивая своими коклюшками. Оборудование кружевного промысла было несложным: пальцы, круглая подушка, на которую накладывается кружево; коклюшки, булавки, нитки. Пальцы делались из тонких деревянных брусков, сколоченных наподобие лотков. Коклюшки вологодских кружевниц отличались особым изяществом и легкостью, их вырезали из прутьев жимолости. Орудия производства кружев были очень просты и сравнительно недороги, они могли быть изготовлены в любом крестьянском хозяйстве. Одни мастерицы наладили производство кружев из льняной фабричной или катушечной нитки, другие занимались изготовлением косынок и шарфов из черного и кремового шелка.

Причинами столь быстрого развития кружевоплетения были «растущий спрос на русские кружева и проведение Вологодско-Ярославской железной дороги, облегчившей их доставку в Россию», которые «дали громадный толчок развитию кружевного промысла. Крестьянки охотно переходили к этому занятию ввиду того, что плохие урожаи льна и проникнувшие в деревню дешевые

фабричные материи сильно понижали заработки по обработке льна и приготовлению холста».

На первых порах развития промысла накладки, покрывала, салфетки, дорожки, занавески, передники, сахарницы, воротники и другие кружевные изделия крестьянки продавали на сельских базарах и ярмарках или на Вологодском базаре. Однако в начале XX в. «торговля кружевами на Вологодском базаре потеряла характер покупки от производителя». Это произошло потому, что деревенские кружевницы продавали свои кружева скупщикам. Как правило, скупщики принимали кружева «по безобразно низкой расценке», но перепродавали их «с некоторой пользой для себя». Рост оборотов по купле – продаже кружев вызвал к жизни новый вид скупщиков-капиталистов. Иногда кружево последовательно проходило через руки шести-семи лиц, прежде чем украсить платье петербургской дамы. Это занятие давало перекупщикам значительную прибыль, при этом сами кружевницы за свой труд получали довольно малое вознаграждение или терпели убытки.

Земские деятели обратили внимание на то, что перекупщики полностью подчинили своему влиянию кружевниц, поставив их в кабальную зависимость в деле снабжения их сырьем, нитками и полотном. Кроме того, зачастую кружевницы вынуждены были брать деньги в долг для покупки продуктов питания. «Мало-помалу, скупщик устанавливает меновую торговлю на кружево, уплачивая за него хлебом, мануфактурными и колониальными товарами и необходимыми для производства кружева сырыми материалами; долг за кружевницей растет, и она все более и более запутывается в сетях, расставленных ей». Находясь в полной зависимости от своего «благодетеля», кружевница была вынуждена переносить это терпеливо, иначе на другой же день ей пришлось бы оставить промысел и пойти по миру. Это стало результатом «страшной эксплуатации женского и детского труда, свившей себе прочное гнездо в кружевном промысле Вологодской губернии» [12].

В начале XX в. организация кружевного промысла находилась в ведении промыслового бюро Вологодского губернского земства, которое предприняло некоторые меры для исправления тяжелого положения мастериц. Такой выход земцы видели в кооперации кружевного промысла. Первые попытки внедрения кооперативных начал в промысел были предприняты земскими деятелями. В 1912 г. Вологодское общество сельского хозяйства открыло кружевной отдел, объединяя сбыт кружевных изделий, которые собирали на местах потребительские общества [4, с. 46-47]. Так был сделан первый шаг по защите кружевного промысла от грабежа скупщиков и перекупщиков.

В 1918 г. кооперация «подошла к решению практических вопросов на справедливых началах», и началось целенаправленное кооперирование кружевного и косыночного промыслов. В это время Вологодский кредитный союз при кредитных товариществах организовал кружевные отделы. 20 кредитных товариществ Вологодской губернии стали выполнять работы по снабжению мастериц нитками и другими материалами, они же организовывали

сбыт готовых кружевных изделий. Более 10 тыс. кружевниц получали материалы и сбывали свою продукцию через кредитные кооперативы. Такая же работа началась в Вологодском губсоюзе потребительских обществ и маслодельных артелях. В 1917-1919 гг. стали появляться кооперативные кружевные артели. К 1920 г. в Вологодской и Северодвинской губерниях было зарегистрировано 16 кружевных артелей [13, 14].

В 1920 г. кружевным промыслом занималось до 50 тыс. женщин, из них в члены кружевных артелей входило 42 107 чел., т.е. 84 % кружевниц было кооперировано. Кружевные артели входили в Северосоюз, Вологодский кредитный союз. Именно они осуществляли сбыт готовых изделий, которые сдавались заготовителям в первичных кооперативах. По подсчетам работников кооперации, «в 1919 г. было сдано кружевных изделий на сумму 6.671.337 руб., в 1920 г. – на 50.873.309 руб. Эти цифры, в связи с падением курса рубля, покажутся весьма незначительными. Но если мы возьмем цифры довоенного времени, то увидим, что кружевной промысел составлял большую часть в бюджете не только женщины, но и всего населения Вологодской губернии. Средний заработок женщины от кружевного промысла до войны равнялся 35 руб. золотом. При наличии материалов эти 50 тыс. кружевниц производили кружев на 2,7 млн. руб. золотом. Цифра довольно внушительная, пожалуй, не много уступающая сумме выработанного и проданного через Северосоюз масла всей Вологодской губернии» [15].

Сбыт кружев осуществлялся на комиссионных началах. В кооперативной практике обычно крестьянину по приемке выдают ссуду под заклад товара до 75 % его стоимости. Когда товар будет продан, кооператив из вырученных денег покрывал выданную сумму и весь излишек выручки за вычетом выданной вперед суммы также передавался крестьянину, удерживая небольшой комиссионный процент. Особенно в кооперативном сбыте был успешным союз Лыноцентр, который объединял сельскохозяйственные товарищества и Северного края. Кооперация по сбыту не только увеличивала доход крестьянства, продавая продукты по более высоким ценам, но и оказывала большое влияние на его производство. Поэтому кооперация кружевного промысла мастерицам была выгодна [16].

В 1920 г. кустарно-промысловая кооперация была объединена с потребительской. После декрета о слиянии всех видов кооперации (1920 г.) кружевницы объединялись в кустарных отделах ЕПО. В Вологодском губернном союзе потребительских обществ была образована кустарно-промысловая секция. В годы распределительной политики военного коммунизма производительность труда кружевниц была низкой, так как свои изделия они сдавали заготовителям Наркомпрода.

В 1921 г. с переходом к НЭПу и с принятием декретов о восстановлении кустарно-промысловой и сельскохозяйственной кооперации кружевные артели получили новые возможности для своего развития. С введением сдельной оплаты выросла

производительность труда мастериц, их доходы стали больше, увеличилось количество кружевных артелей. В 1921 г. насчитывалось 114 артелей, которые объединяли 38 тыс. членов. В связи с широким кооперированием кружевного промысла возникла потребность самостоятельного кооперативного союза кружевных артелей. В октябре 1921 г. был создан Вологодский союз кустарно-промысловых кооперативов, или «Артельсоюз». На 1 октября 1921 г. «Артельсоюз» объединял 58 кооперативов, в том числе 42 кружевных артели. В «Артельсоюз» также вошли роговые, валяльные, сапожные, трикотажные и кузнечно-слесарные артели [4, с. 48, 52; 15].

Одной из самых крупных кружевных артелей губернии была Заднесельская артель кружевниц Кадниковского уезда. В этой артели на 1 октября 1923 г. баланс составлял 7 454 золотых руб., из них 5 435 золотых руб. – собственные средства. «Артельсоюз» способствовал объединению разрозненных кустарей в артели. Так, в 1923 г. с его помощью были открыты артели кружевниц на разъезде Лумба и Кихтенская кружевная артель в Кадниковском уезде. В артелях были отмечены «хорошо налаженная работа, положительный баланс, запасы ниток». Они имели при себе лавки, в которых кружевницы могли приобрести рожь, муку, пшено, мануфактуру и другие товары [17, с. 56; 18, с. 15].

В середине 1920-х гг. в Вологодской губернии до 40% женщин-кустарок занималось кружевным промыслом. Вологодская губерния по числу кружевниц занимала первое место из девяти губерний СССР, в которых был развит кружевной промысел. Летом 1925 г. проведен сплошной учет сельских кустарей и ремесленников. В Вологодской губернии в это время действовало 48 кружевных артелей, в которые объединялись около 14 тыс. мастериц [3, с. 143].

В декабре 1926 г. во время проведения переписи населения также происходил учет кустарей. В этот период кружевным промыслом занимались 22 192 чел., или 38,1 % всех кустарей. Перепись показала, что в Вологодской губернии подавляющая часть кустарей проживала в Вологодском и Кадниковском уездах, причем более половины из них были заняты кружевным промыслом. При этом в Кадниковском уезде промысел был сосредоточен в Заднесельской и Устьянской волостях, где кружевоплетением занимались 4 157 чел. В Вологодском уезде кружевной промысел преобладал в Шепяковской и Пригородной волостях, здесь было 3 552 кружевницы [19]. В середине 1920-х гг. кружевные артели входили в Вологодский союз кустарно-промысловых кооперативов «Артельсоюз» и Вологодский союз сельскохозяйственных кооперативов.

Кооперация много внимания уделяла культурно-просветительской работе. Одной из форм приобщения кооперированного крестьянства к культуре и просвещению были курсы, которые организовывали Вологодское центральное общество сельского хозяйства, Северосоюз и «Артельсоюз». За период с 1912 по 1922 г. были проведены курсы, на которых за 10 лет обучилось 4 019 чел., из них 1 428 женщин, т.е. 35,5% всех курсантов. В дорево-

люционный период программа курсов была направлена на получение элементарных знаний, расширение кругозора крестьянства и приобщение его к лучшим образцам мировой и отечественной художественной культуры. В 1920-е гг. программа курсов была политизирована и подчинена идеологической задаче НЭПа: превратить кооперацию в «столбовую дорожку к социализму». Поэтому в программы кооперативных курсов были включены такие вопросы, как: В.И. Ленин о кооперации; Кооперация в эпоху военного коммунизма; Развитие НЭПа в деревне и задачи кооперации. Эти вопросы изучались в первую очередь, затем шли специальные темы: Кооперация в области закупки и сбыта; Кооперативный кредит; Кооперативы в области коллективного земледелия; Кустарно-промысловая кооперация; Потребительская кооперация и др. [20].

Во время НЭПа широко обсуждалась проблема участия женщин в кооперативном движении. Было высказано мнение, что кооперация является наиболее доступной формой приобщения женщины к общественной работе, «той школой и горнилом общественности, через которую наиболее легко выкуется женщина – гражданка, женщина – строительница лучшего будущего». В понимании кооперативных работников 1920-х гг. кооперация была «единственным источником» иного, нового деревенского быта, который обеспечит «духовное равноправие женщины» и сможет «помочь ей воспитать своих детей в новом духе» и «вывести в люди будущее «цветы жизни» [17, с. 11-12; 21, с. 35].

Следует отметить, что усилия кооператоров не пропали даром. Под воздействием кооперативной пропаганды менялось сознание крестьянок. Женщины, объединенные в кооперативы, для блага своих детей оказывали помощь школе и просвещению. Так, Заднесельская артель кружевниц, одна из самых крупных кружевных артелей Вологодской губернии, в 1923 г. выделила более 200 руб. на культурно-просветительские цели, из них 127,5 руб. было направлено на содержание трех местных школ [18, с. 15]. Такую же помощь школам оказывали и другие кружевные артели Северного края.

Кооперация «своей социализирующей ролью» не только гарантировала «общественное воспитание женщины в духе социалистических идей», но и способствовала росту материального благосостояния, появлению чувства социальной защищенности. Кооперирование женских кружевных промыслов углублялось, что нашло свое отражение в развитии кружевного промысла. В 1928 г. в Вологде была создана профессионально-техническая школа кружевниц, а в 1930 г. – Вологодский кружевной союз [9, с.62].

Подводя итог, можно сказать, что кооперация оказала положительное влияние на крестьянские промыслы Северного края, в том числе на кружевоплетение. До революции кооперативные товарищества спасали кружевниц от кабальной зависимости и эксплуатации со стороны скупщиков. В годы гражданской войны и политики военного коммунизма кооперация смогла сберечь этот уникальный промысел от тотального разорения и уничтожения. В годы НЭПа кооперация поддерживала

развитие мелкой кустарной промышленности в крае и обеспечивала занятость женского населения. Кооперация способствовала развитию и совершенствованию самого кружевоплетения, создавая условия для сбыта готовой продукции на внутренний и внешний рынок.

Литература

1. *Вологодская губерния. Очерк кустарных промыслов по изделиям, собранным Вологодским Губернским Земством* / Сост. по поручению губ. земства, чл.-секретарем Вологод. стат. ком. Ф. А. Арсеньевым. Вологда, 1882.
2. *Внеземледельческие промыслы Вологодской губернии* / Под редакцией А.Н. Масленикова. Издание Вологодского Губернского Земства. Вологда, 1903.
3. *Вологодские кружевницы* // Северное хозяйство, 1925. № 3.
4. *Вологодский Артельсоюз на Всероссийской выставке (по выставочным материалам о состоянии кружевного промысла)* // Кооперация Севера, 1923. № 14.
5. *Смекалов В.* Вологодская женщина и кооперация // Кооперация Севера, 1923. № 2-3.
6. *Долинин В.М.* Промыслы сельского и городского населения Вологодской губернии в конце XIX – начале XX века // История СССР, 1985. № 2. С. 154.
7. *Куценко Н.А.* Из истории организации кустарных промыслов в Вологодской губернии // Русская культура на рубеже веков: Русское поселение как социокультурный феномен. Сборник статей. Вологда, 2002.
8. *Саблин В.А.* Промыслы и их роль в крестьянском хозяйстве Европейского Севера в 1910-1920-е годы // Русская культура нового столетия: Проблемы изучения, сохранения и использования историко-культурного наследия: Сборник статей. Вологда, 2007.
9. *Попова О.С., Каплан Н.И.* Русские художественные промыслы. М.: Знание, 1984. 144 с.
10. *Рехачев М.* Вологодские кружева. Вологда, Областная книжная редакция, 1955. 80 с.
11. *Фалеева В.А.* Русское народное кружево. Л., 1983.
12. *Внеземледельческие промыслы Вологодской губернии* / Под редакцией А. Н. Масленикова. Издание Вологодского Губернского Земства. Вологда, 1903. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.booksite.ru/fulltext/vne/zem/led/elc/hat/iy/index.htm> - Заглавие с экрана. – На русском языке.
13. *Кооперация Вологодской и Северо-Двинской губерний к началу 1919 г.* Вологда, 1919. С. 24.
14. *Кооперация Вологодской и Северо-Двинской губерний к началу 1920 года.* Вологда, 1920. С.7.
15. *Северное хозяйство*, 1925. № 3. С.143.
16. *Чаянов А.В.* Краткий курс кооперации. М., 1925. С.62-63.
17. *Кооперация Севера*, 1923. № 17-18.
18. *Кооперация Севера*, 1923. № 21.
19. *Котляров Г.М.* Мелкая и кустарная промышленность // Статистический сборник по Вологодской губернии за 1925-1927 годы. Вологда, 1929. С.170.
20. *Кооперация Севера*, 1922. № 17-18; 1923. № 2-3. С.24.

Статья поступила в редакцию 06.09.2010.

УДК 800

СРЕДСТВА СУБЪЕКТИВНОГО ВЫРАЖЕНИЯ В АНГЛИЙСКОМ И РУССКОМ ИНТЕРНЕТ-ЯЗЫКАХ: ОПЫТ СОПОСТАВИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

О.В. ГОХ

Коми государственный педагогический институт, г.Сыктывкар
olliely4011@mail.ru

В статье рассматриваются различные средства выражения эмоций англоязычных и русскоязычных пользователей сети интернет с учетом фонетических и орфографических норм русского и английского языков. Автор приходит к выводу, что английский и русский интернет-языки обладают значительным сходством, причиной которого является определяющее влияние английского интернет-языка на язык рунета.

Ключевые слова: интернет-язык, русский язык, английский язык, средства субъективного выражения

O.V.GOKH. MEANS OF SUBJECTIVE EXPRESSION IN THE ENGLISH AND RUSSIAN INTERNET LANGUAGES: EXPERIENCE OF COMPARATIVE STUDY

The article covers different means of expressing emotions in the environment of Russian and English Internet speakers considering phonetic and orthographic standards of the Russian and English languages. The author comes to the conclusion that there is substantial similarity between the English and Russian Internet languages, which is the result of forming influence of the English Internet language on the Russian one.

Key words: Internet language, the Russian language, the English language, means of subjective expression

Интернет как средство массового неформального общения вызвал к жизни множество проблем, связанных с модификацией письменной речи в условиях полилога и оперативной коммуникации. Эти проблемы еще не получили достаточного освещения, хотя уже привлекают все большее число исследователей.

Интернет-язык формируется коммуникативными ситуациями, существующими только в виртуальном пространстве. В настоящий момент происходит формирование термина, обозначающего это новое лингвистическое явление. В работах различных авторов, посвященных компьютерному дискурсу, встречаются такие названия, как язык Интернета [1]; Интернет-язык, язык Рунета [2]; Интернет-стиль [3]; язык Интернет-дискурса [4]; компьютерное арго [5]; компьютерный сленг [6]; компьютерный жаргон [7]. Эти номинации не являются полными синонимами, поскольку обозначают различные формы существования языка. Понятия 'язык Интернета', 'Интернет-язык' и 'Интернет стиль' включают в себя все текстовые сообщения Всемирной паутины; 'язык Рунета' охватывает все русскоязычное пространство Интернета; в 'компьютерном арго', 'компьютерном сленге', 'компьютерном жаргоне' решающее значение имеет прикладная, техническая тематика. В данной статье мы будем использовать термин 'интернет-язык' для обозначения

языка, на котором происходит общение русскоязычных и англоязычных интернет-пользователей.

Наиболее остро стоит проблема сближения письменной речи в интернет общении с разговорной, что наблюдается не только в изменении функциональной нагрузки, но и в использовании стилистических, в том числе и новых для письменного языка коммуникативных средств.

В данной статье мы попытаемся выявить основные графические средства выражения эмоционального состояния пользователей интернет и сопоставить их значимость в русско- и англоязычных интернет аудиториях. В качестве материала исследования используются высказывания пользователей следующих Интернет-ресурсов: <http://teenslang.su/content/&sstr=C>, <http://denofangels.com/forums/>, <http://justplay.com.ua/content/view/170/38/>, <http://www.trolli.org/>, <http://forum.mmosite.com/>, <http://bjd-club.ru/>, <https://forum.4game.ru>.

Надо сказать, что за последние десятилетия в интернет сообществе сложились особые языковые разновидности письменной речи, которые пока не получили однозначной интерпретации. Обычно их называют интернет-жаргонами, среди которых можно выделить жаргон хакеров (высококвалифицированных компьютерных специалистов), жаргон геймеров (пользователей компьютерных игр), жаргон фидошников (пользователей сети FIDO). От-

дельного внимания заслуживает интернет-жаргон широко известный в интернет-среде под самоназваниями 'олбанский язык', 'язык падонкафф', 'падонкаффский язык' и 'язык аффторов'. Характерной особенностью этого жаргона является нарушение орфографических норм русского языка, максимально приближающееся к транскрипционному письму. «'Язык аффторов' нельзя считать простым и случайным 'ляпанием орфографических ошибок' безграмотными пользователями Интернета – напротив, это своего рода альтернативная орфография» [8]. Подобная нарочитая безграмотность, как правило, предает высказыванию пользователя юмористическую, ироническую окраску.

Эти жаргоны представлены как сети рунет, так и в англоязычном интернете.

Существующий в англоязычном Интернете жаргон LOLspeak или LOLcat является предшественником русского языка аффтараф и падонкафф или олбанского языка. Однако сфера употребления этих жаргонов существенно различается. LOLspeak употребляется главным образом в надписях на юмористических картинках с изображением кошек, реже других домашних животных и еще реже людей [9].

Средства выражения субъективных переживаний интернет пользователей в LOLspeak и Рунете имеют сходства и различия, которые мы и рассмотрим в данной статье.

I. Наиболее характерным способом выражения эмоций в интернет-языке является эрратическое письмо – намеренное искажение существующей орфографии с целью придать высказыванию пользователя комическую окраску или выразить негативные эмоции: неодобрение, раздражение, презрение.

Иногда демонстративное пренебрежение правилами орфографии превращает текст в подобие фонетической транскрипции. Формируемый в настоящее время стиль интернет-сообщения переносит черты разговорности и сниженности, характерные для чата, в тексты более 'высоких' интернет-жанров: информационных и научных [10]. Сам по себе язык аффтараф, падонкафф или олбанский язык не несет какого-либо эмоционального значения, но, если отдельные 'падонкаффские славечки' употребляются в приближенной к литературной норме речи пользователей, они, как правило, приобретают эмоциональную окраску и выражают иронично-негативное отношение к тому или иному лицу, предмету или явлению.

Аффтараф выпей йаду и никогда больше ничего не пиши, а, если вдруг напишешь, то не показывай никому, чтоб не пугать народ [11].

Травите водкой свой моск, может быть, поможет [12].

В метро какое-то гнусное животнае сперло мой кошелек из сумки [13].

Искажение орфографии не всегда соответствует транскрипции слова. Так, в современном языке Рунета существует тенденция озвончения глухих согласных и замены букв 'и', 'е' на 'ы'. Как правило, подобной трансформации подвергаются эмоционально-значимые слова с негативной окраской.

Ты как Йожиг в тумане вечно ничего не знаешь. [11]

Шыдєвральный ацтой! [14]

Красавчег пысаний! [14]

В английском интернет-языке нарушение орфографии обычно имеет целью упрощение письма для экономии времени пользователя на набор текста. Подобные орфографические искажения в английском языке не содержат эмоциональной окраски.

Love = luv, to you = 2U, forever = 4ever, Congratulations! = Congrats!

Язык падонкафф не имеет такого ограничения и в современном Рунете чаще встречается в свободном общении пользователей на форумах и в блогах, а не в комментариях к иллюстративным материалам комического характера. Другим отличием является большое количество грамматических ошибок в LOLspeak, приближающее этот жаргон к безграмотной, простонародной английской речи [15], и почти полное отсутствие таковых в языке падонкафф, где комический эффект достигается за счет орфографических и фонетических искажений и использования сниженной лексики.

I can haz a cheezburger? [16] Искаженное от *Can I have a cheeseburger?* На грамматическом уровне можно отметить нарушение вопросной инверсии, использование несоответствующей формы глагола 'to have'.

Lemme chex mah mailz. [16] Искаженное от *Let me check my mail.* Грамматические нарушения выражаются в употреблении несоответствующей глагольной формы (*chex = checks*) и использовании формы множественного числа существительного вместо единственного.

Замачи sibя веслом ф сартуре!! Твая музыка полный ацтой!! [17]

Ктонть тода есессно прикольеца? [11]

Нуасилил, патамушта слишхам многа букафф!!! [11]

Приведенные выше примеры падонкаффского языка характеризуются большим количеством орфографических и фонетических эрративов [18] при сохранении грамматических норм русского языка.

Эрративация – наиболее часто употребляемый прием передачи эмоций, но далеко не единственный. Можно привести целый ряд фонетических средств устной речи, которые используются с помощью графической системы для передачи эмоционального состояния на письме. Это пролонгация, скандирование, словесное и фразовое ударение.

II. Под пролонгацией в интернет-языке мы понимаем письменно выраженное удлинение звуков с целью эмфатически выделить отдельное слово, фразу или предложение. Явления пролонгации чаще всего отмечаются в восклицательных предложениях. В эмоционально значимых словах интернет-языка пролонгация может осуществляться и в русском и английском языках как с использованием дефиса, так и без него.

Наши рууууляят фореєєєєєєєє!!!!!! [17]

Приве-е-ед, Пушистый! Откуда такой ко-ошєрный аватар надыбал? [12]

She is soooo cuuute!!! [19]

Lo-o-o-o-v-v-v-e-e-e them aaaa!!!!!! [19]

В литературном языке эмоциональной пролонгации чаще всего подвергаются гласные звуки и сонорные согласные звуки ([л], [м], [н], [р], [л], [м], [н], [р]), реже шумные длительные согласные ([з], [ж], [ш], [с], [щ], [ф], [х], [в], [з], [с], [ф], [ж]) и никогда – шумные мгновенные согласные ([б], [г], [д], [к], [п], [т], [б], [г], [д], [к], [п], [т]), что отражает артикуляционные возможности речевого аппарата человека. В интернет-языке, который не предполагает артикуляции, многократно повторяться могут любые звуки без учета особенностей их произношения. Пользователь посредством пролонгации звуков стремится графически придать эмоциональную значимость своему сообщению, фонетические особенности языка при этом часто не учитываются.

Дддуууббб ты тпрууушный!!! [14]

Gggeeettt it fffaaasssttteerrrr!!!! [16]

III. Скандирование – четкое произношение в устной речи слогов, в интернет речи имеет графическое выражение – четкое деление слова на слоги различными способами. В интернет-среде скандирование является распространенным средством выражения как негативных, так и положительных эмоций пользователей.

Поз-дра-вл-яю! Мо-ло-дец!!! [17]; *У-бо-жи-ще га-ли-мое!* [13]; *Can't stop being so pa-the-tic!* [16]; *I love that won-der-ful color!* [19]

В литературном русском и английском языках принято разбивать слова на слоги исключительно посредством дефиса. В интернет-языке деление лексических единиц на слоги может происходить по-разному:

– Членение точками:

Ко.пец.все.му! [11]

– Членение символом ‘/’ (слэш) или ‘\’ (обратный слэш)

Аццкий СА/ТА/НА!!! [14]

После Висты Виндец 7 рулит кра/сиво!!! [17]

– Членение чередованием заглавных и строчных букв

ПоМоGuTe!!!! [14]

– Членение символом ‘*’ (звездочка)

*Кра*со*та не*пи*сан*ная!* [13]

– Членение двоеточием

Бес:пре:дель:но мил!!! [13]

В английском языке скандирование как фонетическое средство выражения эмоций пользователя встречается значительно реже, чем в русском, поскольку преобладают односложные и двусложные слова.

В английском языке существует внеслоговое деление эмоционально подчеркиваемого слова или фразы на отдельные фрагменты различными способами. Однако подобное явление не является скандированием, поскольку подвергающееся членению слово не предполагает прочтения по слогам.

Oooh they are go.rg.eo.us!!! [19]

They do make a very ha/nd/so/me couple! [19]

You did a great job with the OuTfft! [19]

IV. Словесное ударение, т.е. выделение в слове отдельного слога играет важную роль в выражении эмоций пользователя. Словесное ударение в Интернет-пространстве выполняет две функ-

ции: смысловозначительную и стилистическую и чаще всего демонстрируется посредством заглавной гласной буквы.

Ученые признают значимость словесного ударения как фонетического средства языка, имеющего стилистическое значение, при этом они указывают на то, что «словесное ударение в художественной речи используется в формировании ритмической структуры русского стиха, основанного на чередовании ударных и безударных слогов, <...> усиливает ее эмоциональность и художественную выразительность» [20]. В Интернет-общении акцент на ударении в слове ставится исключительно с целью выделить его эмфатически, если, конечно, речь не идет о любительском поэтическом творчестве, где искажение ударения происходит ради создания рифмы и стихотворного ритма. Выражение эмоций пользователя осуществляется при осознанной неправильной постановке словесного ударения [1]. Как правило, таким способом передаются негативные эмоции: ирония, раздражение, презрение, отвращение.

КрасавЕц! Ничего не скажешь! Лысый, толстый и морда красная! [17]

Он еще тот пИсатель. Я думал, что напи-сать что-то хуже его прошлой графоманки невозможно, но он все-таки смог это сделать! [11]

Пальто с круглыми накладными карманАми на груди – что они хотели этим сказать?! [13]

И все кафе против вас свидетельствовать будет, потому что нефиг выпендриваться, когда люДям пить не на что! [13]

Эмфатический перенос словесного ударения в английском языке невозможен. Это объясняется преобладанием в языке односложных и двусложных слов, причем частотность употребления односложных слов значительно выше. Кроме того, в большинстве многосложных слов ударение падает на начальный слог, что характерно для германских языков. Перенос ударения на другой слог в устной речи ассоциируется с иностранным акцентом (например, с французским). В английском интернет-языке перенос ударения отсутствует.

Продемонстрируем смысловозначительную функцию ударения, не выражающую эмоции.

Смотри не перепутай! КОРзина, а не КорЗИ-на. КОРзина Елена Сергеевна.

V. Фразовое ударение, выделение отдельного слова в синтагме или фразе в русском и английском литературных языках производится, как правило, курсивом или заглавными буквами. Средства выражения фразового ударения в интернет-языке значительно разнообразней. Приведем основные из них.

Логический центр высказывания выделяется заглавными буквами.

“Сумерки” меня ТАК УБИЛИ, что я теперь все вампирские книжки стороной обхожу [14].

He has even more expression on his face because of all the DETAIL you gave him [3].

Фразовое ударение обозначается жирным шрифтом.

*Хочу **много** денег. **Очень** много* [13].

*Oh my god that is so **fantastic**!!!* [19]

Также фразовое ударение демонстрируется подчеркиванием.

Вы должны там быть не позже 12! [14]

Wow you put a lot of work into him! [16]

Встречается выделение эмоционально подчеркиваемого слова или словосочетания другим цветом.

Ну, это же очевидная провокация! (слово 'очевидная' выделено красным шрифтом) [17]

The faceup you've done is amazing and very lifelike (слово 'lifelike' выделено красным шрифтом) [19].

Подчеркивание эмоционально значимого слова или словосочетания может осуществляться с помощью знаков '*' (звездочка), '#' (решетка), '\$' (доллар) '+' (плюс) '!' (восклицательный знак) '?' (вопросительный знак) и других.

Господи...у меня пошла !глобальная! сбыва мечт!!! [13]

Your !skill! with the camera is so incredible [16].

Иногда для демонстрации фразового ударения используется написание латиницей отдельных букв в русских словах или целых слов и словосочетаний. В английском языке подобный способ выражения фразового ударения не существует.

Этот кабак такой glaturnyi, что там даже фейсконтроль есть [11].

Их суперцена для нас все равно не realna [13].

VI. Интонационная окраска интернет-сообщений соответствует общим правилам письменной речи русского и английского языков, т.е. в интернет-пространстве также существуют утвердительные, восклицательные, вопросительные предложения. Однако следует отметить то, что для большей эмоциональной выразительности интонационные знаки препинания могут повторяться пользователем неограниченное число раз.

О, МАЙН ГАТ!!!!!! Обожаю кошек!!!!!! А тут ТАКОЕ!

Пойду валерьянки выпью..... [13]

Откуда ты это взял????? Кинь ссылку, плиз!!!! [17]

So incredible!!!! Fantastic shots!!!!!!! [16]

The best I've ever seen!!!!!! How did you do it????? [16]

Можно говорить о том, что интонационно литературный язык богаче интернет-языка, потому что «писатели часто комментируют приводимые ими фразы действующих лиц, отмечая ту или иную особенность движения голоса, поскольку в системе графики нет специальных знаков, которые показывали бы характер того или иного интонационного рисунка. <...> Комментарий автора усиливает воздействие на читателя реплик действующих лиц, способствует более полному представлению происходящих событий» [21]. Интернет-язык по большому счету представляет собой полилог множества пользователей, об интонационной окраске речи которых можно составить слабое представление лишь по пунктуационным знакам. Впрочем, иногда пользователи описывают собственную интонацию, создавая своего рода ремарки.

Можно мне тоже этот файл скинуть? Скриненько так попрошу [14].

Не устану громогласно повторять: НЕ ФЛУДИМ!!! [17]

I cry loud STOP THAT STUPIDITY! [16]

Высказывания пользователей, характеризующие интонацию их сообщений, могут выделяться знаком '*' (звездочка).

*Нет у меня ни времени, ни денег. Да и зачем оно мне надо?*уговариваю себя из последних сил** [14]

**severely* I won't stop trying!!!* [16]

Для этой цели также используются круглые скобки.

Иииии!!! Какая прелесть!!!! (Восторженно визжу!) [13]

A gorgeous idea!!! (I'm so excited!) [19]

Таким образом, в интернет-среде язык не только выполняет функции коммуникации и передачи информации, но и становится средством выражения самых разнообразных эмоций пользователей, характерных для устной речи. Поскольку форма существования интернет-общения письменная, предназначенная для визуального восприятия, выражение чувств и отношения индивида к предмету речи требуются дополнительные средства коннотации. В условиях письменного полилога и оперативности обмена мнениями фонетика нивелируется, ее место, по существу, занимает графика.

Проанализировав собранный материал, можно прийти к выводу, что субъективные графические средства выражения эмоций в интернет-среде разнообразней и частотность их использования и в русском и в английском интернет-языках несравненно выше, чем в литературных формах рассматриваемых языков. Отмечается ряд стилистических приемов, характерных для интернет-языка, но не существующих в литературном языке или нетипичных для него: чрезмерная пролонгация звуков в эмоционально-значимых словах, чрезмерное скандирование, иногда с использованием атипичной разбивки на слоги, намеренное нарушение орфографии, выделение логического ударения всеми доступными пользователю способами, обильное употребление интонационных знаков препинания. Интернет-язык отличается выраженной эмоциональностью и максимально приближен к фонетике устной речи. Сравнительный анализ русского и английского интернет-языков позволяет сделать вывод об их значительном сходстве в сфере использования графических средств выражения эмоций. Причиной тому является определяющее влияние английского языка на язык рунета. Русский язык заимствует из английского интернет-языка не только лексику, но и графические средства выражения фонетических явлений.

Графические средства, отсутствующие в английском языке, а именно, эмфатический перенос словесного ударения и выделение латиницей логического центра высказывания объясняются многосложностью русских слов и использованием кириллицы, что говорит лишь о характерных особенностях русского языка, и не может указывать на большую эмоциональность языка рунета в сравнении с английским интернет-языком.

Литература

1. *Иванов Л.Ю.* Язык Интернета: заметки лингвиста // Словарь и культура русской речи / Под ред. Н.Ю. Шведовой, В.Г. Костомарова. М.: Индрик, 2001. 358 с.
2. *Свинцов В.В.* Язык рунета: к вопросу о содержании термина // Литература в Интернете. 2006. [Электронный ресурс]. URL: <http://sem115.rocit.ru/files/russianlangintern.et.doc>.
3. *Виноградова Н.В.* Контактостанавливающая функция русского компьютерного жаргона // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: электронный журнал по материалам Международной конференции по компьютерной лингвистике «Диалог». 2006 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dialog-21.ru/dialog2006/materials/html/Vinogradova.htm>
4. *Компанцева Л.Ф.* Специфика нормы и узуса в Интернет-дискурсе // Сайт: Текстология.ru. 2004 [Электронный ресурс]. URL: <http://textology.ru/article.aspx?aid=151>
5. *Котова О.Е.* Структура и семантика англоязычного компьютерного жаргона // Антропологический подход к исследованию социума: лингвистические, социолингвистические, культурологические аспекты: научно-практическая телеконференция. 2001 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isuct.ru/etc/antropos/section/3/kotova.htm>
6. *Карасева А.И.* Субкультура Интернет-сленга // Энергия: экономика, техника, экология. 2009. № 6. Т.25. С. 73-79.
7. *Асмус Н.Г.* Лингвистические особенности виртуального коммуникативного пространства: Дис. канд. филол. наук. Челябинск: Челябинский государственный университет, 2005. 266 с.
8. *Касумова М.Ю.* Компьютерный дискурс как полиаспектная разновидность речи // Информационный Интернет-портал «Русистика.ру». – 2008. – 6 сентября [Электронный ресурс]. URL: http://rusistica.ru/articles.php?article_id=5&rowstart=1
9. *Agger, Michael* Cat power. You can't resist lolcats //: Slate magazine – 2007 – 21 мая. Раздел: The browser: culture and technology. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.slate.com/id/2166338/>
10. *Буторина Е.А.* Поговорить? Интернет как лингвистический феномен // Справочно-информационный портал ГРАМОТА.РУ: русский язык для всех. – 2001. – 26 января. – Раздел: Журналы: Журнал ГРАМОТЫ.РУ [Электронный ресурс]. URL: http://www.gramota.ru/biblio/magazines/gramota/net/28_11
11. *Все о троллях.* Тролли – кто они? // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trolli.org/>
12. *Словарь молодежного сленга* // [Электронный ресурс]. URL: <http://teenslang.su/>
13. *BJD-club* // [Электронный ресурс]. URL: <http://bjdclub.ru/index.php>
14. *4 Game.* Служба поддержки пользователей // [Электронный ресурс]. URL: <https://forum.4game.ru>
15. *Sali A. Tagliamonte, Derek Denis.* Linguistic ruin? LOL! Instant messaging and teen language. // American Speech, 2008. Vol.83. №1. P. 3-34.
16. *Форум сайта MMORPG Portal* // [Электронный ресурс]. URL: <http://forum.mmosite.com>
17. *Форум JustPlay* Вопросы и ответы о компьютерных играх // [Электронный ресурс]. URL: <http://forum.justplay.com.ua/>
18. *Гусейнов Г.Ч.* Берлога веблога. Введение в эрратическую семантику // Архивы форума «Говорим по-русски»: – 2005. Раздел: Статьи [Электронный ресурс]. URL: http://www.speakrus.ru/gg/microprosa_erratica-1.htm
19. *Den of angels* // [Электронный ресурс]. URL: <http://denofangels.com/forums/>
20. *Голуб И.Б.* Стилистика русского языка. М.: Айрис-пресс, 2003. 448 с.
21. *Максимов В.И.* Стилистика и литературное редактирование. М.: Гардарики, 2007. 274 с.

Статья поступила в редакцию 15.12.2010.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 338.26

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ФАКТОРА НА ОСВОЕНИЕ РЕСУРСОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ АЗИАТСКОЙ РОССИИ

О.В. АЛЕШИНА

*Институт экономики и организации промышленного производства СО
РАН, г. Новосибирск*

O_alyoshina@inbox.ru

Рассматривается транспортная доступность крупных и уникальных месторождений, перспективных для развития нефтегазовой отрасли и цветной металлургии и обосновывается решающая роль Северного морского пути (СМП) в их освоении. Отмечается, что транспорт не лимитирует освоение северных месторождений газа, в то время как привлечение инвесторов к проектам месторождений цветных металлов Арктической зоны Азиатской России возможно лишь при государственном патронаже возрождения СМП и комплекса иных мер поддержки. Предлагается «привязка» развития ресурсных ареалов к интенсивному развитию соответствующих портов СМП и формирование системы аква-территориальных производственных комплексов.

Ключевые слова: Арктическая зона, природно-ресурсный потенциал, транспортная доступность, СМП, аква-территориальные производственные комплексы

**O.V. ALESHINA. EVALUATION OF TRANSPORT FACTOR IMPACT ON
DEVELOPMENT OF RESOURCES IN THE ARCTIC ZONE OF ASIAN
RUSSIA**

Transport availability of large and unique deposits perspective for development of oil and gas industry and nonferrous metallurgy is considered. The decisive role of Northern Sea Route (NSR) in their development is proved. It is noticed that transport doesn't limit development of northern gas fields while attraction of investors to projects of deposits of nonferrous metals of the Arctic zone of Asian Russia seems to be possible only with the state support of NSR revival and other supportive measures. "Binding" of resource areas development to that of NSR ports and formation of the system of aqua-territorial industrial complexes is suggested.

Key words: Arctic zone, natural-resources potential, transport availability, NSR, Aqua-territorial industrial complexes

Арктическая зона¹ Азиатской России слабо включена в хозяйственную жизнь страны. Мощный природно-ресурсный, геополитический и оборонно-стратегический потенциал Севера России является страховым резервом ее устойчивого развития. Однако экстремально-дискомфортные условия жизни населения и хозяйственной деятельности, практически полное отсутствие современной транспортной и производственной инфраструктуры крайне

усложняют и удорожают все проекты по освоению ресурсов прибрежной территории и акватории морей Северного Ледовитого океана [2].

При значительной геологической изученности территории (представления о минерально-сырьевом потенциале Севера получены еще 1960-е гг.) множество проектов оставались нереализованными по причинам коммерческой неэффективности. Кроме того, необходимые потребности полностью обеспечивали другие богатые ресурсами регионы, что делало возможным оставлять ресурсы Арктики в качестве резервных. В настоящее время становится ясно, что «дешевых» ресурсов хватит ненадолго – потребности отечественной и мировой экономик неуклонно растут. С учетом необходимости упрочения ресурсной обеспеченности российской экономики и/или укрепления положения на мировых рынках сырья стратегическая задача освоения Арктической зоны Азиатской России встает все острее [3,4].

¹ В состав Арктической зоны Азиатской России включены: Приуральский, Тазовский районы, территории Лабытнангской и Салехардской городских администраций Ямало-Ненецкого АО; Таймырский АО; территории Норильской городской администрации Красноярского края; Аллаиховский, Анабарский, Булунский, Нижнеколымский, Оленекский, Усть-Янский улусы Республики Саха (Якутия); Чукотский АО; Олукторский район Корякского АО [1]. Кроме того, в зону рассмотрения входят континентальный шельф и острова Северного Ледовитого океана.

Транспортно-ресурсная специфика освоения

Данные о запасах месторождений нефтегазового комплекса и цветных металлов на территории Азиатской Арктики позволяют заключить, что их эксплуатация может сформировать значительный грузопоток и потребует масштабного развития всех видов транспорта, особенно морского. В связи с этим важно уяснить, насколько транспорт лимитирует разработку местного сырья (см. таблицу). Как правило, вторые этажи переработки руд цветных металлов осуществляются в отдалении от места

издержки (как например, воздушный транспорт для Депутатского или необходимость создания новых видов транспорта для освоения Томтора), транспортная доступность характеризуется как «слабая». В этих случаях именно транспорт в большей степени лимитирует возможности освоения.

В настоящее время газ и нефть с месторождений Арктической зоны транспортируются по трубопроводу. Эксплуатацию судов ледового класса для транспортировки нефти с месторождения «Варандей» начал ОАО «Лукойл». С развитием СМП и созданием мощностей по сжижению газа на Севере

*Транспортная доступность месторождений Арктической зоны Азиатской России**

Минеральное сырье	Месторождения минеральных ресурсов	Транспортные подходы	Транспортная доступность
Марганец	Огангско-Талотинская зона, Нундерминское	ж/д Котлас-Воркута	Слабая
Хром	Рай-Изское	ж/д Чум – Лабытнанги	Достаточная
Ниобий	Томторское	новые виды транспорта, СМП (порт Хатанга, Тикси)	Слабая
	Тайкеусское	ж/д Чум – Лабытнанги	Достаточная
Вольфрам	Чурпунья, Одинокое	авиа, СМП (порт Тикси), р. Яна	Слабая
	Крутой Штокверк, Светлое	СМП (порт Певек)	Слабая
Олово	Депутатский ГОК	воздушный транспорт	Слабая
	Валькумейское, Иультинское	СМП (порт Певек)	Слабая
Газ	Бованенковское, Харасавейское	ж/д Харп – Бованенково, трубопровод Ухта – Бованенково, СМП (порт Харасавей)	Достаточная
	Шельфы восточных арктических морей, хребет Ломоносова	СМП (порт Тикси, порт Певек)	Слабая
Нефть	Ванкорское	трубопровод Ванкор – Пурпе, СМП (порт Дудинка, р. Бол. Хета)	Достаточная
Медь, никель	Талнахское, Октябрьское и др.	ж/д ветка до Дудинки, СМП (порт Дудинка), р. Енисей	Достаточная
Золото	Майское, Купол, Ревеемское, Кулар	СМП (порт Певек), автозимники	Слабая

* Составлено совместно с Л.А. Бондаренко, ИЭОПП СО РАН с использованием [5].

добычи, а зачастую продукт первичной переработки сразу экспортируется. Таким образом, на месте добычи далеко не всегда требуются дополнительная рабочая сила и дорогостоящая производственная инфраструктура. В связи с этим освоение новых месторождений в Арктической зоне зависит, в основном, от транспортных коммуникаций.

Транспортная доступность характеризуется как «достаточная», если с месторождением возможно круглогодичное сообщение: необходимые транспортные коммуникации уже созданы или же существующие железные дороги пролегают вблизи перспективного участка. Когда же существующие мощности указанных привязок недостаточны для целей нового освоения, особо велики транспортные

морской транспорт должен играть большую роль [6]. Указанные в таблице порты будут служить альтернативой или дополнением подходу с материка. При этом, если месторождения Полярного Урала лежат вблизи существующих железных дорог, либо дороги к ним спроектированы, то восточные месторождения (Красноярского края, Якутии, Чукотки) привязаны к рекам и морям, что делает развитие СМП главным фактором начала или интенсификации добычи.

Северный морской путь. Как крупная трансконтинентальная магистраль СМП был создан в СССР в середине 30-х гг. прошлого столетия и обеспечивал транспортировку грузов для обустройства Арктической зоны России и экспорт грузов в

Европу, Японию и Китай. Экономические реформы 1990-х гг. отбросили далеко назад объемы перевозок, ухудшилось состояние береговой инфраструктуры, особенно в восточном секторе. Объемы грузоперевозок по СМП сократились более чем в четыре раза (с 6,6 до 1,5 млн. т), что даже при возросших тарифах не способствует окупаемости перевозок. В рамках международной программы по Северному морскому пути (INSROP) были установлены определенное преимущество использования СМП для транспорта грузов из Европы в Азию по сравнению с морскими маршрутами через Суэцкий и Панамский каналы, а также потенциальная эффективность СМП по сравнению с железнодорожными перевозками через Сибирь и Центральную Азию [7]. Но эти же исследования выявили узкие места в функционировании СМП как международной транспортной магистрали. Многие из них могли бы быть устранены за счет multifunctionality транспортной инфраструктуры. В этом случае большинство проектов освоения северных месторождений могли бы ориентироваться на СМП², а его порты – служить базой для освоения шельфовых месторождений нефти и газа при условии инновационного обеспечения функционирования оборудования в условиях морей Севера.

Оценка перспектив освоения ресурсов Арктической зоны Азиатской России

Месторождения Арктической зоны могут приносить прибыли компаниям, доходы государству, однако их освоение и эксплуатация затруднены высокими издержками, связанными с крайне низкой степенью инфраструктурного обустройства этой территории и дискомфортом климата. Если в ближайшее время государственная политика в отношении рассматриваемых территорий не изменится, то крупные и, тем более средние и мелкие компании сырьевого сектора могут отказаться даже от идеи реализации проектов по освоению северных месторождений. Для изменения ситуации необходима заинтересованность федеральных и региональных органов власти.

Научная задача состоит в том, чтобы с помощью сценарного моделирования оценить народнохозяйственную значимость освоения ресурсов Арктической зоны Азиатской России и выявить условия, при которых возможно появление коммерческого интереса частных инвесторов. На данном этапе механизмы и институциональные условия «превращения» государственного интереса в коммерческий не рассматриваются. Произведены расчеты для наиболее перспективных с позиции ресурсного освоения газовой отрасли и добычи руд цветных металлов.

Освоение газовых месторождений. В ИЗОПП СО РАН коллективом авторов проведены экономи-

ко-математические расчеты с использованием межотраслевой межрайонной модели для обоснования целесообразности ускоренного освоения газовых месторождений п-ова Ямал и прилегающих акваторий (подробнее см. [8]). Разведанные и предварительно оцененные запасы газа (ABC_1+C_2) на территории составляют порядка 16 трлн. м³, перспективные и прогнозные ресурсы (C_3-D_3) – около 22 трлн. м³.

Ставится цель выяснить, насколько новые проекты газовой отрасли значимы для народного хозяйства страны, какие последствия нас ожидают, если разработка Ямальных месторождений будет происходить замедленно. Снизится ли при этом валовой продукт газовой отрасли, или есть возможность добыть необходимые кубометры «голубого топлива» в других регионах?

Расчеты показывают сокращение конечного продукта экономики России и выявляют различия темпов экономического роста в стране в результате запаздывания в освоении ресурсов полуострова. Изменение заданий на валовой выпуск газовой отрасли в ЯНАО дает возможность оценить два варианта развития экономики страны: *ускоренный*, предполагающий достижение уровня добычи на месторождениях Ямала к 2030 г. в объеме 300 млрд. м³ природного газа в год, и *замедленный* – 150 млрд. м³. Принимается во внимание, что в стране есть другие подготавливаемые к освоению месторождения (в Восточной Сибири, на шельфе Баренцева моря, в Якутии и на Сахалине), поэтому в модели выбирается лишь максимальное или частичное использование месторождений на Ямале.

Несмотря на то, что мировой экономический кризис 2008-2009 гг. привел к существенному снижению уровня потребления российского газа в Европе, предполагаем, что к 2030 г. потребление восстановится, а также будет увеличиваться внутрироссийское потребление. В таких условиях, по нашим расчетам, запаздывание в освоении месторождений Ямала ведет к необходимости вовлечения в активный оборот других газовых месторождений страны. По результатам расчетов «замыкающими» оказываются месторождения газа в Восточной Сибири (точнее, Эвенкии – Юрубчено-Тохомское и Собинское), а также месторождения Иркутской области (Ковыктинское).

В целом снижение темпов разработки газовых месторождений Ямала приводит к недополучению существенного объема конечного продукта (ежегодно 2,4 трлн. руб. к 2030 г., т.е. 3,9%) и замедлению роста экономики Российской Федерации на 0,27 п.п. (с 4,52% до 4,25), затрудняя достижение намеченных на перспективу экономических и социальных ориентиров. Такова цена мега-проекта «Ямал» для народного хозяйства. Каждый не добытый миллиард кубических метров газа на Ямале будет вызывать уменьшение конечного продукта страны на 16 млрд. руб. при внутренней цене 450 руб. за 1000 м³ (в ценах 2005 г.).

Таким образом, приоритетным направлением развития газовой отрасли должна стать интенсификация разработки Бованенково и других месторождений, находящихся в Арктической зоне на п-ове

² Так, например, мы считаем вариант строительства трубопровода от Ванкорского месторождения до Диксона с последующей транспортировкой по СМП более перспективным, чем по строящемуся в настоящее время трубопроводу ВСТО (Восточная Сибирь–Тихий океан).

Ямал и на шельфе Карского моря. Поскольку в *ускоренный* сценарий заложено требование к развитию арктического судоходства, можно заключить, что без значительного увеличения пропускных возможностей СМП, укрепления надежности и соответствия жестким современным требованиям этого водного маршрута, ускоренное освоение Ямала (которому соответствует рост как «снабженческих» перевозок, так и финального продукта в обратном направлении) не представляется возможным.

Освоение рудных месторождений. Сценарное моделирование использовано и при оценке проектов по освоению рудных месторождений Арктической зоны Азиатской России. В межотраслевой межрегиональной задаче народно-хозяйственного уровня СМП выделен как самостоятельная транспортная артерия, связывающая Дальний Восток, Красноярский край и Северо-Запад РФ (помимо ж/д, авиа- и трубопроводного транспорта). Предполагается, что спрос на продукцию цветной металлургии имеет устойчивую тенденцию к росту. Принимается во внимание то, что в южных регионах Сибири и Дальнего Востока также имеются подготавливаемые к освоению месторождения.

Сформированы три возможных сценария развития экономики страны:

- «рыночный» – предполагает развитие СМП только под потребности тех дополнительных мощностей хозяйственного комплекса в Арктической зоне, которые определяются без учета оборонных государственных интересов и задач по укреплению геополитического потенциала. Дополнительных финансовых средств из бюджета на развитие не предусматривается;

- «оборонный» сценарий подразумевает развитие СМП только для нужд обороны. Выполнение этого условия потребует от страны значительных затрат (трудовых, финансовых, материальных). Политика государства в этом случае выражает безразличие к возможностям хозяйственной составляющей освоения и обживания Арктической зоны Азиатской России;

- «геополитический» вариант имитирует состояние экономики с активной политикой продвижения на Север. Государство финансирует интенсивное развитие перспективного транспортного коридора, СМП, в первую очередь с целью решения оборонных и геополитических задач России в Арктической зоне, а также осуществляет меры, стимулирующие создание в ней объектов по добыче руд металлов.

Сравнение вариантов по уровню конечного потребления в народном хозяйстве в прогнозном 2030 г. выявило, что наиболее эффективным будет развитие по «рыночному» сценарию. В нем «Северные проекты» в число первоочередных не попадают, морской транспорт в водах Северного Ледовитого океана не развивается, возможности транзита Европа – Азия по СМП не реализуются. Все новые мощности по добыче руд цветных металлов создаются в южных регионах Сибири, выходя на предельные значения по масштабам возможной добычи. При этом максимально возможные темпы

развития требует транспортный комплекс Сибири и Дальнего Востока (прежде всего, Транссиб).

«Оборонный» вариант оказывается наиболее убыточным, ежегодные потери составляют 50 млрд. руб. конечного продукта. Значительная часть портовых мощностей простаивает. Компании, осуществляющие добычу полезных ископаемых, не получив поддержку со стороны государства, предпочитают реализовывать «южные проекты». Железнодорожный транспорт Юга Сибири работает на пределе своих возможностей, ограничивая развитие многих других, в т.ч. и перерабатывающих производств в Азиатской России.

Реализация «геополитического» сценария вызывает потери конечного продукта в 12 млрд. руб. (в ценах 2005 г.): часть мощностей по добыче «переместилась» на север, использовав СМП и мощности погрузочно-разгрузочного комплекса, создаваемого для оборонных целей, но частично свободных и для коммерческих нужд. В южных регионах Сибири сохраняются резервы для продолжения деятельности в горнодобывающей промышленности и за пределами 2030 г. Выигрыш в 38 млрд. руб. в уровне конечного потребления в стране по сравнению с «оборонным» сценарием, по нашему мнению, получается за счет того, что железнодорожный транспорт на Юге Сибири и Дальнего Востока, освобождаясь от грузов цветной металлургии, перестает лимитировать возможности развития здесь других обрабатывающих производств.

Сценарные оценки позволяют сделать вывод о том, что возрождение СМП при финансовой поддержке со стороны государства – необходимое, однако не достаточное условие для освоения месторождений цветных металлов Арктической зоны Азиатской России. Требуется также система преференций для компаний, собирающихся выступить инвесторами проектов на территории, как один из вариантов – финансирование геологоразведочных работ и упрощение процедуры выдачи лицензий на освоение. Достижение государством геополитических и оборонных целей с наименьшими потерями конечного продукта в экономике реализуется в случае поддержки хозяйственного освоения Арктической зоны.

Формирование АТПК как перспективный путь освоения

Государственная поддержка СМП и геологоразведки способна «подогреть» интерес инвесторов к разработке месторождений цветных металлов в Арктической зоне. Транспортная составляющая расходов компаний в результате таких мер существенно уменьшится, снизятся риски компаний, осуществляющих геологоразведку. В итоге возрастет конкурентоспособность ресурсов Арктической зоны на внутреннем и внешнем рынках.

Таким образом, процесс освоения российской Арктической зоны целесообразно начинать с формирования, а где-то с восстановления портово-промышленных узлов и центров. Усиление СМП (а также интенсификация геологоразведки) в свою очередь откроет перспективы для использования такой формы организации производительных сил,

как аква-территориальные производственные комплексы (АТПК). Подразумевается, что каждый АТПК – это отдельный проект в системе, управление которой осуществляется единой вневедомственной («надкорпоративной») организационной структурой (возможно, временной – на период выхода на заданные параметры функционирования). Суть АТПК в том, что несколько крупных и уникальных месторождений должны образовывать хозяйственный комплекс, в который со значительным весом будет входить составляющая морского транспорта. Объекты морского транспорта, судоремонта, нефте-газодобычи на шельфе и на суше, перерабатывающих отраслей и т.д. в этом случае не только сосуществуют на территории, а обязательно взаимодействуют (рисунк). И здесь проявляется преемственность с предложенным ранее «ТПК-подходом» [9].

Месторождения Арктической зоны Азиатской России в основном являются комплексными (многокомпонентными), что требует специфических технологий по добыче и обогащению различных полезных компонентов. Освоение новых перспективных месторождений должно проходить на базе единой производственной и социальной инфраструктуры, что позволяет использовать эффект масштаба. К общим объектам инфраструктуры будут «притянуты» несколько добывающих предприятий, в том числе разных компаний.

В качестве первоочередных АТПК можно выделить Ямальский, Норильско-Туруханский и Чукотский. Здесь уже разрабатываются минеральные ресурсы, налажена транспортировка, либо подготавливается для нее необходимая инфраструктура. За некоторыми объектами закреплены компании-

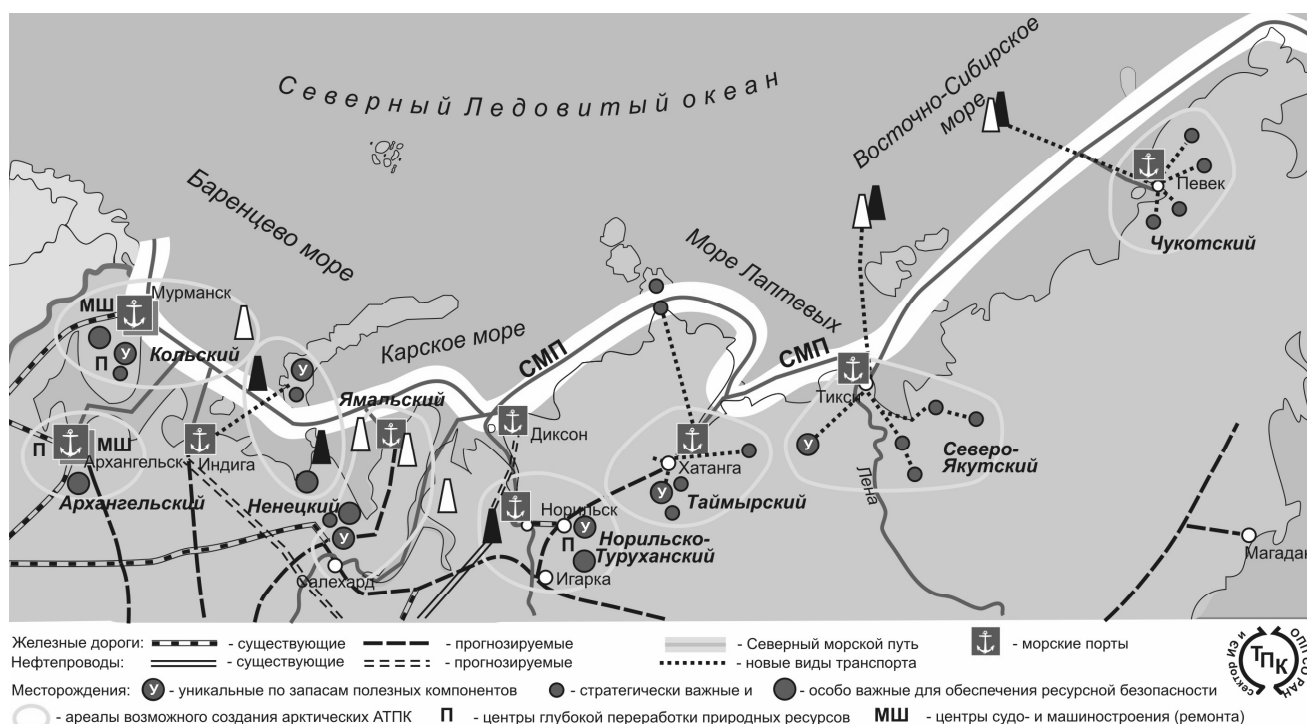


Рис. Обзорная схема прогнозируемых Арктических АТПК [10].

Все объекты добычи ресурсов объединяются базой-центром, с учетом роли транспортного фактора в условиях Арктики, им может стать соответствующий порт СМП: Харасавей на Ямале, Диксон, Дудинка и Хатанга в Красноярском крае, Тикси в Якутии, Певек на Чукотке. Отдельные месторождения целесообразно осваивать вахтовым методом, что особенно актуально в условиях малонаселенного Севера с дефицитом квалифицированной рабочей силы и экстремально дискомфортными условиями проживания. Механизм реализации предлагаемого очагового варианта освоения должен включать всесторонний учет экологических ограничений. Тогда антропогенное влияние на территории нового освоения окажется значительно меньше, чем при постоянном проживании здесь населения, и нарушения уклада хозяйственной жизни малочисленных народов Севера будут минимальными.

инвесторы. Это ОАО «Газпром» на Ямале, ГМК «Норильский никель» в Красноярском крае и местные компании на Чукотке. Однако полноценное освоение предлагаемых перспективных месторождений потребует развития СМП и стимулирования активности частного капитала.

Несмотря на то, что каждый АТПК опирается на свою минерально-сырьевую базу, все они будут предъявлять сходные требования-заказы к экономике: на специальное судостроение (ледоколы, сухогрузы, танкеры, газовозы), новые виды транспорта (дирижабли, экранопланы, струнный транспорт), малую атомную энергетику³. Также потребуются спе-

³ Более подробно о необходимости и уже имеющихся технологических прорывах в деле транспортного и энергетического освоения Севера в материалах Байкальских экономических форумов, например [11].

циальная система расселения, новый тип ЖКХ. Таким образом, экономика страны может ускорить темпы роста не только за счет экстенсивного развития минерально-сырьевого комплекса, но и за счет развития сопряженных, поддерживающих отраслей.

В заключение следует подчеркнуть, что освоение Арктической зоны России не должно происходить «набегами» на самые богатые месторождения наиболее востребованных руд. Продвижение на Север – долгосрочная стратегическая задача России, в решении которой развитие СМП является необходимым условием создания новых и восстановления ранее действующих точек опоры российской государственности на просторах Арктики [12]. Налаживание там экономической жизни очень важно, когда ясно выражены интересы многих соседних государств, претендующих на ресурсы Северного Ледовитого океана, его островов и прибрежных территорий.

Проекты нефтегазового сектора явно показали свою народнохозяйственную значимость. Их реализацию можно считать толчком в освоении Арктики. За этим должно последовать формирование новой базы цветной металлургии на Севере Азиатской части России, а СМП должен стать новой широтной транспортной магистралью России, скрепляющей единое экономическое пространство страны. Возрождение СМП при финансовой поддержке со стороны государства целесообразно сочетать с системой льгот для компаний, собирающихся выступить инвесторами на проектах территории. Организация создания предлагаемых АТПК будет способствовать ускорению экономического роста не только за счет экстенсивного развития минерально-сырьевого комплекса, но и развития сопряженных, поддерживающих и высокотехнологичных отраслей.

Литература

1. Додин Д.А. Устойчивое развитие Арктики (проблемы и перспективы). СПб.: Наука, 2005. 283 с.
2. Агранат Г.А. Возможности и реальности освоения Севера: глобальные уроки // Итоги науки и техники. Сер. Теор. и общие вопросы геогр. М.: ВИНТИ, 1992. 190 с.
3. Новая парадигма развития России в XXI веке. Комплексные исследования проблем устойчивого развития: идеи и результаты / Под ред. В.А.Коптюга, В.М.Матросова, В.К.Левашова. Изд. 2-е. М.: Academia, 2000. 416 с.
4. Медоуз, Д., Медоуз Л., Рандерс Й. За пределами роста. М.: Прогресс, Пангея, 1994. 304 с.
5. Сырьевой комплекс России, [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.mine-ral.ru/Facts/russia/index.html> (дата обращения 21.12.2009).
6. Бандман М.К. Экономическая интеграция регионов Севера с учетом новых условий ресурсообеспечения и транспортных проблем Сибири // Новые факторы регионального развития. М.: ИГ РАН, 1999. С. 141-151.
7. Yenisei – The Cargo Generation Potential of the Angaro-Yenisei Region for the Northern Sea Rout / M.K.Bandman, V.V.Vorobieva, T.N.Yesikova, V.D.Ionova, B.V.Robinson// INSROP, Working Paper, 1999. № 137. P. 5-94.
8. Малов В.Ю., Мелентьев Б.В., Алешина О.В. Комплексная оценка крупных региональных проектов // Регион: экономика и социология, 2009. № 3. С. 116-129.
9. Колосовский Н.Н. Производственно-территориальное сочетание (комплекс) в советской экономической географии // Вопросы географии, 1947. № 6. С. 133-168.
10. Бакланов П.Я. Территориально-акваториальные экономические районы // Тихоокеанский XIV научный конгресс. Комитет «Социальные и гуманитарные науки» (Хабаровск, август 1979). М., 1979. С. 108.
11. Стратегические направления долгосрочного развития транспортной инфраструктуры Сибири и Дальнего Востока. Горизонт 2030 / Коллективная монография под ред. С.Н. Васильева, С.С Гончаренко и др. Иркутск: ИРГУПС, 2009. 525 с.
12. Лаженцев В.Н. Экономика Севера и национальная безопасность России // Экономика региона, 2008. №3. С. 97-111.

Статья поступила в редакцию 21.12.2010.

УДК 331.526:330.564.2 (470.1-22)

ОПЫТ ЭМПИРИКО-СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАНЯТОСТИ И ДОХОДОВ ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРНЫХ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

А.А. МАКСИМОВ

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

Описана методика оценки занятости и доходов в локальных системах (поселениях) северного региона. Ее информационную основу составляют данные, собранные в ходе полевых исследований и социологических опросов. Разработка и применение данной методики позволили получить достоверное представление о структуре занятости и доходов как в формальных видах деятельности, так и в сфере самозанятости.

Ключевые слова: занятость, доходы, Север, сельское поселение

A.A. MAXIMOV. EXPERIENCE OF EMPIRICAL AND SOCIOLOGICAL RESEARCHES OF EMPLOYMENT AND INCOMES IN NORTHERN RURAL SETTLEMENTS

The method of estimation of employment and incomes in local systems (settlements) of the northern region is described. Its information basis consists of the data collected during field researches and sociological interrogations. Development and use of the method has allowed to receive authentic estimations of structure of employment and incomes both in formal economy and alternative sphere.

Key words: employment, incomes, North, rural settlement

Занятость и доходы населения являются интегральными экономическими параметрами. Их показатели часто используются в качестве ключевых критериев социально-экономического развития территории. В то же время на уровне локальных систем соответствующие статистические данные полностью отсутствуют. Применение же только социологических методов для таких оценок не представляется возможным из-за чрезмерно высоких временных и финансовых затрат. Поэтому социально-экономические исследования в муниципальных сельских районах Республики Коми потребовали разработки специальных методов, позволяющих получить достоверные сведения о структуре занятости, заработной плате и среднедушевых доходах в поселениях и населенных пунктах.

Оценка фактической занятости и базовых доходов

В основе разработанных методов лежат сбор и анализ информации, которой обладают администрации поселений, с использованием специальной формы, получившей название «Трудовой паспорт». Данная форма предусматривает фиксацию в каждом населенном пункте поселения численности зарегистрированных и фактически проживающих жителей, в том числе по категориям: неработающие пенсионеры, дети, школьники, студенты, лица,

призванные в армию, находящиеся в отпуске по уходу за ребенком, работающие в поселении и за его пределами. Если все указанные категории жителей учтены правильно, то разница общего числа жителей и суммарной численности данных категорий представляет количество безработных. При этом экономически активное население составляют безработные и занятые.

Несмотря на то, что во многих населенных пунктах указанные сведения содержатся в книгах хозяйственного учета, заполненные на местах трудовые паспорта обычно содержат много ошибок. Их причины: неоднозначная трактовка специалистами поселений понятия «пенсионер», трудности в определении числа студентов, лиц, фактически не проживающих в населенном пункте, а также работающих за пределами поселения и района. Масштаб неточностей меньше в небольших поселениях, насчитывающих до 1 тыс. чел., где возможен счет людей буквально «по головам». Численность и структуру наличного населения, как правило, труднее оценить в крупных райцентрах и поселениях городского типа.

В городских поселениях и городах книги хозяйственного учета не ведутся. Поэтому число лиц, фактически в них не проживающих, а также работающих за пределами поселения или района, определяется экспертно. В этом случае очень по-

лезными являются оценки специалистов, которые основываются на материалах последней переписи населения или текущей информации об уровне занятости, а также экстраполяция данных по крупным населенным пунктам муниципальных районов, где уже проводились такие исследования.

В райцентрах и поселках со значительным количеством рабочих мест обычно работают жители из других населенных пунктов района. Интервьюирование специалистов администраций и руководителей предприятий позволяет получить оценки, где и в какой сфере деятельности заняты работающие за пределами своего поселения. При сборе такого рода информации помощь руководителей предприятий является особенно ценной.

В табл.1 представлена совокупная информационная база, которая используется при оценке занятости и доходов на уровне поселений и населенных пунктов.

Таблица 1

**Информационная база
для оценки занятости и доходов**

Характер информации	Источник данных
Численность населения по группам (пенсионеры, в том числе занятые, дети, работающие, незанятые, прописанные, но не проживающие, др.)	Трудовой паспорт поселения
Численность работающих: - в поселении (по видам деятельности); - в районе (за пределами поселения); - за пределами района (с оценкой сфер и мест занятости)	Трудовой паспорт поселения, интервью в поселениях, на предприятиях и организациях
В районе: структура занятости, численность пенсионеров, значения средней заработной платы, пенсий, пособий	Статистика по району
Дифференциация заработной платы по видам экономической деятельности и по населенным пунктам разной категории	Анкетирование, интервью в администрациях, на предприятиях, статданные по предприятиям

Достоверность оценок занятости по населенным пунктам и поселениям обеспечивали следующие шаги:

1. Предварительный анализ данных трудового паспорта каждого поселения в части соответствия суммарной численности всех категорий населения (пенсионеров, детей, занятых, незанятых, непроживающих и др.) общей численности прописанных (зарегистрированных) в поселении лиц.

2. Корректировка сведений трудового паспорта поселения при обнаружении ошибок разного рода. Особое внимание уделялось достоверности данных по числу пенсионеров и незанятых.

3. Дополнительная работа с трудовыми паспортами из-за недостаточности или противоречивости информации особенно по крупным поселени-

ям. Она включала уточнение полученных ранее сведений специалистами администраций поселений, а также обязательное телефонное или письменное обращение к руководителям предприятий и учреждений (пенсионного фонда, сферы управления и обеспечения безопасности, ЖКХ, промышленности, образования, культуры, здравоохранения, социальных вопросов, транспорта) для уточнения цифр по району, райцентру и городским поселениям.

4. Агрегирование данных и их сравнение со статистическими показателями по структуре занятости и числу пенсионеров в районе.

Анализ сведений трудовых паспортов, заполненных в сельских администрациях и проверенных согласно описанному алгоритму, в том числе через непосредственный контакт с руководителями предприятий района, часто уточняет статистические показатели о занятости по ключевым видам деятельности в муниципальном районе (жилищно-коммунальное хозяйство, связь, энергетика, добыча полезных ископаемых, транспорт, управление, здравоохранение и социальное обслуживание). Уточнение обычно связано с тем, что предприятие реорганизовано и еще не учтено в полной мере статистикой, либо является филиалом крупной компании, зарегистрированной в другом районе, или учреждением республиканского подчинения, поэтому учитывается территориальным органом статистики по месту регистрации. Включение в трудовые паспорта лиц, занятых на сезонных работах без официального оформления трудовых отношений, также увеличивает общее число работающих по видам деятельности по сравнению со статданными.

Полная картина по структуре занятости и категориям жителей населенных пунктов района использовалась далее для оценки средней заработной платы и среднедушевых денежных доходов. При анализе уровня доходов населения учитывались такие факторы, как статус и людность населенного пункта, экономическое «самочувствие» градообразующих предприятий. Так численность проживающих в населенном пункте влияет на объемы предоставляемых услуг, а, значит, и уровень зарплаты в обслуживающих отраслях (связи, образовании, торговле и др.). Административный статус населенных пунктов определяет присутствие групп населения, выполняющих более высокооплачиваемые управленческие функции (не только собственно в сфере управления, но и в отраслях, например, лесном хозяйстве, энергетике).

Достоверность оценок средней заработной платы и среднедушевых доходов по населенным пунктам обеспечивалась выполнением следующих операций:

1. Населенные пункты ранжировались на категории по уровню зарплаток (пенсий) в каждой отрасли (до трех категорий). При этом использовались показатели статуса поселения (административный статус, численность населения, «самочувствие» градообразующих предприятий), сведения о заработной плате на предприятиях и организациях, анализировались также анкетные данные по дохо-

дам населения. Для выполнения расчетов строилась первичная таблица заработной платы и иных доходов для каждой отрасли с учетом трех категорий населенных пунктов (поселений).

2. По известной структуре занятости (численности пенсионеров), величине заработной платы (пенсии) рассчитывались фонды заработной платы (пенсий) в районе, а затем – значения средней заработной платы (пенсии), которые сравнивались со статистическими данными. Если значения средней заработной платы (пенсии) отличались от статистических, проводилась небольшая коррекция первичной таблицы по заработной плате. Расчеты выполнялись повторно, пока не достигалось приемлемое соответствие статистических и расчетных значений средней заработной платы.

3. Фонды заработной платы, пенсий, выплат пособий по безработице, эпизодических доходов безработных суммировались, относились к числу жителей и определялись среднедушевые доходы в населенных пунктах, поселениях и в районе в целом.

Результаты оценки среднедушевого денежного дохода и фактической безработицы по населенным пунктам муниципального района представлены на примере муниципального района «Усть-Вымский» (рис. 1).

стрируемая центрами занятости [1]. Еще большая разница между статистическими и фактическими показателями занятости наблюдается по населенным пунктам. Даже во многих периферийных муниципальных центрах безработица достигает 40-50%, а занятость обеспечивает бюджетная сфера (государственный сектор). Предпринимательство в селах и деревнях, представленное, в основном, торговлей, зависит от покупательского спроса, сформированного пенсиями, льготами и денежными доходами, генерируемыми в госсекторе.

Сравнение результатов оценок по разработанному методу и методике, основанной на проведении выборочных обследований с использованием критериев Международной организации труда, показало по данным 2004 г. совпадение численности занятых в сельской местности Республики Коми (36% общей численности сельского населения). В последующие годы в выборочные обследования (выполняемые территориальным органом статистики) стали включать в число занятых домохозяйства, содержащие крупный рогатый скот и имеющие доходы от данного вида деятельности. Это увеличило занятость до 44% от общего населения.

Преимуществом предложенного нами метода является возможность оценить структуру занятости и доходов не выборочно, а в каждом поселении и

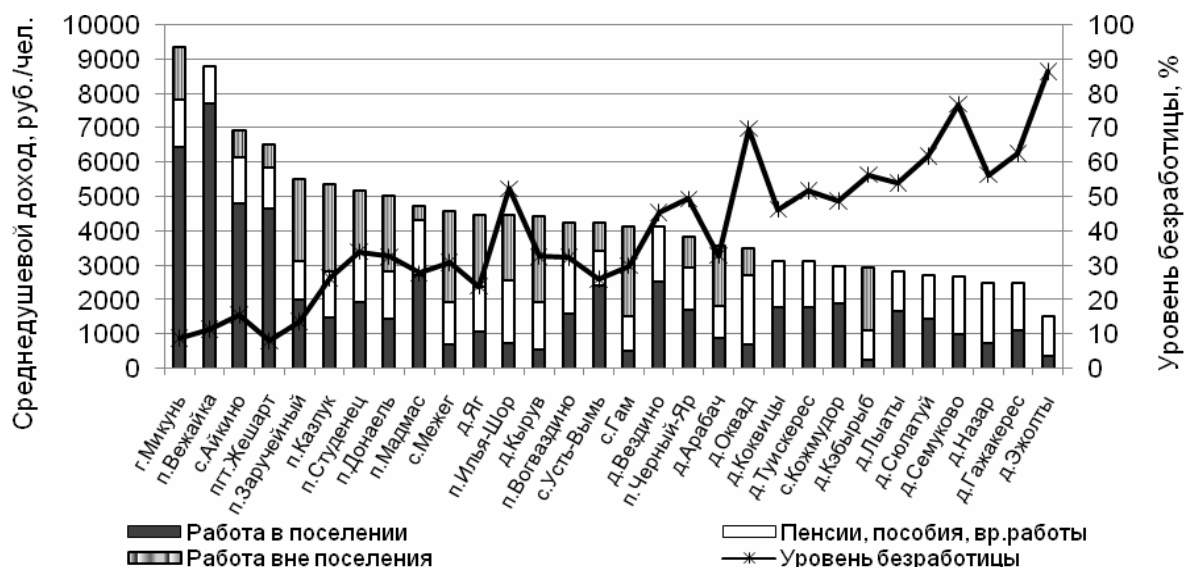


Рис. 1. Доходы и безработица в Усть-Вымском районе, 2007 г.

Из рисунка видно, что на фоне относительно благополучия районного центра, поселков городского типа и поселков с предприятиями Управления Федеральной службы исполнения наказаний значительная часть населенных пунктов района образуют глубокую периферию, отличающуюся низким уровнем жизни населения и высоким уровнем фактической безработицы.

Результаты исследований показывают, что фактическая безработица в целом по сельским районам в 3,5- 6 раз выше, чем официально реги-

населенном пункте муниципального района. Фиксируемый при этом сравнительно высокий уровень фактической безработицы в сельской местности (более 30% численности трудоспособных) отражает реальное отсутствие рабочих мест либо возможность низкооплачиваемой работы в сельскохозяйственных производственных кооперативах. Однако, если учесть, что на селе по сравнению с городскими округами работает незначительная доля пенсионеров, то проблема безработицы здесь является еще более острой.

Альтернативные виды занятости

При высокой безработице альтернативой формальной занятости являются самозанятость в личном подсобном хозяйстве (ЛПХ); использование недревесных продуктов леса (НПЛ) – дикоросов, дичи, рыбы; временные работы (изготовление срубов, «таксовка», заготовка дров и другие услуги односельчанам), а также промыслы (изготовление сувениров, саней, лодок, плетение и т.п.).

Изучение альтернативных видов занятости и связанных с ними доходов проводилось методами анкетирования домохозяйств, а также интервьюирования экспертов и экономически активных жителей. Результаты исследований, проведенных в рамках проекта Регионального некоммерческого фонда «Серебряная тайга» в 2008-2009 гг. в девяти сельских поселениях, обобщены в табл. 2.

150 руб. в месяц на одного сельского жителя. Это немногим ниже доходов от продажи продукции ЛПХ или НПЛ. Но для некоторых семей эти занятия приносят дополнительно от 10 тыс. до 50 тыс. руб. в год.

Важным занятием для селян является рыболовство и охота, которые не только решают проблему питания ценной белковой продукцией, но для коренных жителей имеют и духовную составляющую – сохраняют чувство принадлежности к родной земле и культурную непрерывность. В удаленных селах на реках Мезень и Печора на одного сельского жителя в среднем добывается около 15 кг рыбы и 10 кг дичи, в периферийных поселениях юга республики уровень добычи рыбы примерно в два раза ниже (рис. 2).

Как показали проведенные социологические исследования, личное хозяйство, использование

Таблица 2

*Вклад разных источников в совокупный среднедушевой доход, руб./чел.**

Поселение	Зарплата в поселении	Пенсии	Зарплата вне поселения	Продажа продукции ЛПХ и НПЛ	Потребление продукции ЛПХ и НПЛ	Прочее	Всего
Верхолузье	1275	1571	0	113	1014	15	3988
Черныш	2586	1021	645	411	484	30	5177
Спаспюрб	1925	978	1036	410	1263	175	5786
Кажым	2729	901	710	189	322	45	4896
Пузла	5724	1231	84	319	1098	74	8530
Пысса	1644	1803	371	181	830	145	4974
Красный Яг	2118	1958	1155	383	721	128	6462
Приуральское	3116	1263	1669	1037	1304	405	8794
Турья	2758	1318	1040	813	1024	112	7066
Всего	2738	1299	788	447	903	132	6306

* Данные социологического опроса в поселениях: ЛПХ, НПЛ, прочее – извоз, сбор металлолома, строительство срубов, лодок, народные промыслы, заготовка дров и другие услуги односельчанам.

В каждом поселении анкетировалось до 40 домохозяйств (от 10 до 30% жителей). В анкете подробно фиксировались занятость и базовые доходы семьи, условия и особенности самозанятости. Как видно из данных табл. 2, производство сельхозпродукции и использование НПЛ вносят наибольший вклад в среднедушевые доходы жителей рассматриваемых поселений.

Личное подсобное хозяйство в среднем увеличивает доходы почти на 1000 руб. за счет продуктового самообеспечения. Его вклад в денежные доходы существенно ниже и находится на уровне 250 руб.

Продажа ягод и грибов дает прибавку среднедушевых доходов также на уровне 250 руб. В урожайные годы эта часть доходов возрастает, а в селах и деревнях, расположенных вблизи богатых грибами и ягодами мест, среднедушевые доходы от сбора дикоросов могут достигать 800 руб. в месяц.

Доходы от временных работ, промыслов и ремесел по вкладу в среднедушевые доходы невелики, по совокупной выборке они составляют около

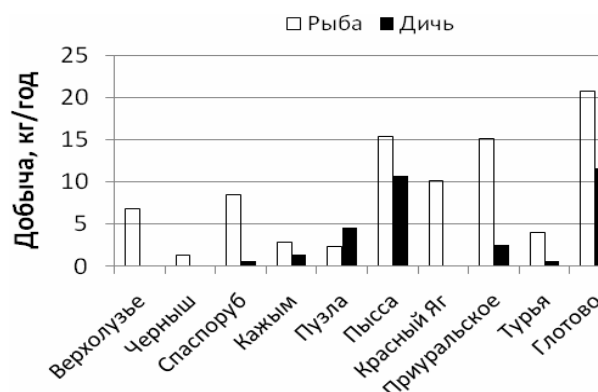


Рис. 2. Объемы добычи рыбы и дичи в поселениях.

НПЛ, ремесла и временные формы занятости смягчают последствия безработицы и низких доходов селян. В то же время, существующие виды и способы альтернативной занятости кардинально не могут решить проблему бедности на селе. Даже с

учетом продуктового самообеспечения в селах и деревнях 50% домохозяйств имеют доходы ниже прожиточного минимума, и около 20% семей по самооценке и величине среднедушевого дохода (менее $\frac{1}{2}$ прожиточного минимума) являются крайне бедными.

Производство сельхозпродукции северным домохозяйством

Анализ производства и реализации сельскохозяйственной продукции сельскими домохозяйствами показывает, что производство растет с увеличением ЧКД – человеческого капитала домохозяйства. ЧКД измеряется числом человек, способных к полноценному труду в личном подворье [2]. В общем случае ЧКД является дробным числом, а его величина зависит от численности, возраста, здоровья и образования членов семьи.

Рост производства и реализации сельхозпродукции практически пропорционален численности домохозяйства, так что среднедушевые показатели производства мало зависят от человеческого капитала (табл. 3).

Производство и реализация сельхозпродукции домохозяйствами с разным уровнем человеческого капитала

Величина человеческого капитала, ед.	Число домохозяйств	Базовый душевой доход, руб.	Отношение базового душевого дохода к с/х производству	Средние значения по хозяйствам		Среднедушевой показатель	
				Производство, руб.	Реализация, руб.	Производство, руб.	Реализация, руб.
Менее 1,75	83	4454	4,3	1449	191	1037	136
1,75-2,75	117	5519	4,4	3198	872	1247	340
2,751-3,75	109	4363	4,1	3958	1126	1065	303
Более 3,75	35	4779	3,7	6393	2174	1301	442
Всего	344	4795	4,1	3342	920	1158	319

Реализация сельхозпродукции домохозяйств составляет примерно треть от производства, а среднедушевые показатели реализации в домохозяйствах со средним и высоким человеческим капиталом практически одни и те же.

Приведенные результаты показывают, что сельские домохозяйства поселений независимо от уровня человеческого капитала производят объем сельхозпродукции на одного жителя примерно одинаковый. В группе с низким человеческим капиталом доходы от реализации сельхозпродукции ниже. Но объемы реализации в группах со средним и высоким капиталом не столь велики, чтобы говорить о сильной дифференциации домохозяйств по их товарности. Отсюда следует вывод, что высокий (выше 2 единиц), с точки зрения современного и технически хорошо вооруженного мелкотоварного сельхозпроизводителя, человеческий капитал сельских домохозяйств в Республике Коми для развития производства практически не используется. Наблюдающийся рост производства соответствует увеличению ЧКД и среднего числа членов домохо-

зяйства (росту количества рабочих рук) и потребности семьи в продуктах питания.

Отношение среднедушевого базового дохода к доходам от производства сельхозпродукции (графа 4 в табл. 3) в среднем для выборки равно 4,1. Социологические обследования показывают, что это отношение в нечерноземных регионах центральной России равно единице при равном уровне среднедушевого базового дохода [3]. Учитывая, что в выборке по исследованным поселениям число домашних животных на одного жителя в два раза больше, чем это фактически имеет место, можно сделать вывод, что сельские подворья Республики Коми производят сельхозпродукции в восемь раз меньше, чем в нечерноземной зоне центральной России.

Выводы

Проведенные эмпирико-социологические исследования занятости и доходов в муниципальных районах Республики Коми подтвердили актуальность и корректность предложенной методики оценки. Они выявили, что значительная часть сельских населенных пунктов образуют периферию с низким

Таблица 3

уровнем доходов и высоким уровнем фактической безработицы.

При существенном превышении (в три-шесть раз) фактической безработицы в сравнении с зарегистрированным уровнем, она охватывает почти треть трудоспособного населения сельских муниципальных районов и еще выше в периферийных по-

селениях. Денежные доходы в среднем по сельским районам находятся на уровне прожиточного минимума. Значительная часть селян имеет доходы ниже прожиточного минимума, выживая за счет эпизодических работ, личного подсобного хозяйства, сбора и продажи дикоросов.

Среди альтернативных форм занятости селян наибольший вклад в среднедушевые доходы вносят производство сельхозпродукции, сбор дикоросов, рыболовство и охота. Сельские подворья республики выполняют функцию продуктового самообеспечения селян, мало ориентированы на рынок и производят сельхозпродукции почти на порядок ниже, чем в нечерноземной зоне центральной России. Такой уровень сельхозпроизводства не соответствует уровню человеческого капитала на селе, не отвечает историческому опыту развития экономики Коми края [4] и современным задачам устойчивого развития сельской местности.

Необходимо подчеркнуть чрезвычайно высокий уровень социальной дезорганизации и неблагополучия коми сел и деревень, который обусловлен

длительным периодом освоения ресурсов территории колонизационными методами, без учета ключевых прав и интересов коми народа, а также сообществ русских старожилов [5]. Такое положение наглядно проявляется в показателе смертности мужчин от самоубийств: в местах компактного проживания (преобладания) коми он в три-четыре раза выше, чем в городах республики, и в два-три раза выше, чем в других сельских ареалах [6, 7].

Комплексный характер, взаимозависимость социальных и экономических проблем в местах компактного проживания коми народа определяют специфический характер практических решений. При этом ключевые решения находятся в плоскости прав коренного народа на землю, ресурсы и самоуправление, что подчеркивается и современными исследованиями, и международными правовыми документами [8, 9]. Исходя из сказанного, необходима серьезная работа по институционализации этнических территорий и поселений Республики Коми с использованием процедуры самоопределения и создания совершенно новых законодательных, организационных и иных условий их устойчивого развития.

В среднесрочной перспективе необходимы разработка и реализация целенаправленной политики государства по укреплению социального капитала села. Среди ее направлений: поддержка самоорганизации жителей сел и деревень для местного развития, укрепление самоуправления, создание необходимых структур для эффективного использования местных ресурсов (сельскохозяйственных, лесных и иных), максимальное вовлечение организованных групп селян (предприятий, артелей) в промышленные проекты района и за его пределами.

Программа фундаментальных исследований Президиума РАН № 24 «Фундаментальные проблемы пространственного развития РФ: междисциплинарный синтез». Направление 11.5. Зона Севера. Проект «Постиндустриальная трансформация как фактор снижения периферийности пространства северного региона».

Литература

1. *Потенциал развития* муниципальных образований: содержание, оценки, управление (на материалах Республики Коми) / Коллектив авторов. Сыктывкар, 2008. 344 с.
2. *Пациорковский В.В.* Сельская Россия: 1991 – 2001 гг. М.: Финансы и статистика, 2003. 368 с.
3. *Пациорковский В.В.* Сельская Россия: приоритеты развития. М.: Поколение, 2009. 192 с.
4. *Котов П.П.* Динамика уровня земледелия в Коми крае в конце XVIII – начале XX веков. Сыктывкар, 1996. 166 с.
5. *Максимов А.А.* Коренные народы Севера: политика, право, экономика // Север как объект комплексных региональных исследований / Отв. ред. В.Н. Лаженцев. Сыктывкар, 2005. С.126-150.
6. *Максимов А.А.* Проблемы самоорганизации коренных жителей северных сельских поселений // Север и Арктика в пространственном развитии России: Научно-аналитический доклад. Москва – Апатиты – Сыктывкар. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2010. 213 с.
7. *Чермных Н.А.* Этнодемографическая оценка здоровья ижемских коми в XVIII-XX веках. Сыктывкар, 2002. 88 с.
8. *Доклад о развитии человека в Арктике (ДорЧА).* Перевод с английского / Ред. А. В. Головнев. Екатеринбург, Салехард, 2007. 244 с.
9. *Декларация Организации Объединенных Наций о правах коренных народов, принята резолюцией 61/295* Генеральной Ассамблеи от 13.09.2007 г.

Статья поступила в редакцию: 14.12.2010.

ХРОНИКА

УДК 001(092)

М.В. ЛОМОНОСОВ – ВЕЛИКИЙ РУССКИЙ УЧЕНЫЙ – ЕСТЕСТВО- ИСПЫТАТЕЛЬ И ОРГАНИЗАТОР НАУКИ

А.М. АСХАБОВ

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

Доклад открывает серию сообщений, приуроченных 300-летию великого русского ученого М.В. Ломоносова. Освещены главные этапы жизни ученого. Рассмотрены основные черты его научной и научно-организационной деятельности. Показано значение наследия Ломоносова для молодой Российской науки.

Ключевые слова: М.В. Ломоносов, биография, наследие, естествоиспытатель

A.M. ASKHABOV. M.V. LOMONOSOV – THE GREAT RUSSIAN SCIENTIST-NATURALIST AND THE ORGANIZER OF SCIENCE

The report starts a series of presentations dealing with 300-th birth anniversary of the great Russian scientist Mikhail Lomonosov. The main stages in life of the scientist are given. The basic lines of scientific and organizational activity of the great Russian scientist are considered. Value of M.V. Lomonosov's heritage for young Russian science is shown.

Key words: M.V. Lomonosov, biography, heritage, naturalist

В начале XVIII в. Россия была подвергнута Петровской модернизации, которая радикально перестраивала все стороны патриархальной страны. Царь-реформатор особое значение придавал науке, поскольку он твердо верил в то, что экономика и военное могущество государства находятся в неразрывной связи с развитием научного знания. Естественные науки стали государственной необходимостью. Возникла потребность в собственной академии наук, которая и была утверждена в России в 1724 г. по инициативе Петра I. Членами Академии были исключительно приглашенные из Европы ученые. Для окончательного закрепления науки в России необходим был свой научный гений. Именно эта историческая роль и выпала на Михаила Васильевича Ломоносова – поморского мужика.

М.В. Ломоносов стремительно достиг вершин мировой науки, его труды составили целую эпоху в развитии русской науки, Петербургской Академии наук. Он реально стал основоположником отечественной науки, одним из самых выдающихся ученых энциклопедистов своего времени. Известны слова А.С. Пушкина: «Ломоносов был великий человек, соединяя необыкновенную силу воли с необыкновенною силою понятия, Ломоносов обнял все отрасли просвещения. Жажда науки была сильнее страсти сей души, исполненной страстей. Историк, ритор, механик, химик, минералог, художник и стихотворец, он все испытал и все проник Он создал первый университет; он, лучше сказать, сам был первым университетом».

Творческая деятельность Ломоносова охватывала самые разные области естественных, технических и гуманитарных наук. Как писал С. И. Вавилов: «Ломоносову по необъятности его интересов, по-видимому, нельзя противопоставить ни одной другой фигуры в культурной истории человечества». По замечанию А. Е. Ферсмана, больше десятка наук и искусств спорят у нас о том, кому принадлежит главное наследие Ломоносова: физика и химия, минералогия и кристаллография, геохимия и физическая химия, геология и горное дело, география, и астрономия и астрофизика, просвещение и экономика, история, литература, языкознание и техника?

Ломоносов родился 18 ноября 1711 г. в деревне Мишанинской Куростровской волости Двинского уезда Архангелогородской губернии у черносошного крестьянина помора Василия Дорофеевича Ломоносова и его жены Елены Ивановны, урожденной Сивковой. В 19 лет он получил паспорт в Холмогорской воеводской канцелярии и с рыбным обозом отправился в Москву. Вопреки общепринятой легенде он не был великовозрастным неучем. Юноша еще в Холмогорах получил хорошее образование, по некоторым данным даже владел несколькими иностранными языками. Приехав в Москву, он поступил в Славяно-греко-латинскую академию, где резко выделялся среди учеников. Именно в силу своей образованности М.В. Ломоносов был не очень удовлетворен учебой и порядками в академии. Порывался уходить. На некоторое

время, возможно, уезжал в Киево-Могилянскую академию. Да и жизнь была нелегкой. Как он писал «Обучаясь в Спасских школах, имел я со всех сторон отвращение от наук пресильные стремления, ... имея один алтын в день жалования, нельзя было иметь в день больше как на денежку хлеба и на денежку квасу, прочее на бумагу, на обувь и другие нужды. Таким образом, я прожил пять лет и наук не оставил ...».

Судьбоносную роль сыграло то, что М.В. Ломоносов оказался среди 12 учеников, отобранных для продолжения учебы в Академическом университете в Петербурге. Отсюда вскоре вместе с Д.И.Виноградовым и Г.У. Райзером был отправлен в Германию для обучения химии и горному делу.

Годы обучения в Марбургском университете оказались очень благотворными для становления М. В. Ломоносова как ученого-естествоиспытателя. Здесь же он написал первую свою студенческую диссертацию «Работа по физике о превращении твердого тела в жидкое в зависимости от движения предшествующей жидкости» (4 октября 1738 г.). Уже в марте 1739 г. он закончил «Физическую диссертацию о различии смешанных тел, состоящем в сцеплении корпускул». После Марбурга недолго обучался горному делу у академика И.Ф. Генкеля в Фрейберге. Однако Фрейберг его разочаровал. «Естественную историю нельзя выучить в кабинете Генкеля из его шкапов и ящиков, нужно самому посетить различные горные заводы и рудники, самому изучить на месте положение и свойство гор и отношение к друг другу находящихся в нем минералов ...». Нет худа без добра. Ссора с Генкелем сделала Ломоносова отцом практической геологии и металлургии в России.

Его исследования по минералогии, изучению руд, в других областях геологии и горного дела имели исключительное значение для становления соответствующих наук. У Ломоносова сложилось достаточно ясное понимание содержания и основных проблем геологической науки и практики. Как писал академик В.И. Вернадский: «Трактат М.В. Ломоносова «О слоях Земли» является во всей литературе XVIII в. – русской и иностранной – первым блестящим очерком геологической науки». По крайней мере, в трудах Ломоносова четко изложены принципы эволюции, историзма, адекватные представления о геологическом времени, тектонических движениях, горообразовании. Опираясь на его труды, мы с легкостью можем доказать, что Ломоносов был не только основоположником научной геологии, но и первейшим минералогом и кристаллографом. Он начинал свой путь в науку с геологических наблюдений и закончил его «известием о сочиняемой российской минералогии». В целом в годы пребывания за границей были заложены основы для успешной творческой деятельности молодого ученого в самых разных областях естествознания, произошло его знакомство с передовыми идеями своего времени.

В 1741 г. Михаил Васильевич вернулся в Россию, где в полной мере раскрылась его научная мощь и организаторские способности. Происходило

это в стенах Петербургской академии наук, где в январе 1742 г. он был определен адъюнктом физического класса АН, а уже в июле 1745 г. стал полноправным членом академии (профессором химии). В марте 1757 г. Ломоносов был назначен руководителем географического департамента АН, а с января 1770 г. он руководил Академической университетской гимназией. Четверть века Ломоносова в Академии наук ознаменовались крупнейшими научными открытиями, опередившими свое время на десятилетия и столетия. В этом плане любопытно признание нашего выдающегося почвоведом Докучаева: «... Я с удивлением узнал от проф. Вернадского, что Ломоносов давно уже изложил в своих сочинениях ту теорию, за защиту которой я получил докторскую степень, и изложил, надо признаться, шире и более обобщающим образом».

Интересно, что М.В. Ломоносов успел составить «обзор важнейших открытий, которыми постарался обогатить естественные науки Михайло Ломоносов ...» из 9 пунктов. Причем в этот список не попали многие важнейшие фундаментальные и прикладные результаты, которыми по праву, благодаря Ломоносову, гордится Российская и мировая наука. Если составить список из тех же 9 пунктов, то сюда, несомненно, должны быть включены следующие наиболее важные его достижения:

- 1) закон сохранения материи и движения;
- 2) атомно-кинетическая концепция теплоты;
- 3) обширный круг новых идей в области металлургии, горного дела и геологии;
- 4) открытие атмосферы Венеры;
- 5) теория атмосферного электричества;
- 6) основоположение новой науки – физической химии;
- 7) создание русской научной терминологии;
- 8) изобретение и изготовление различных приборов;
- 9) разработка технологии цветных стекол.

С последним пунктом связана поучительная для современности история с реализацией инновационного проекта по производству стекол. Изобретение Ломоносова было пионерским и обладало, как сказали бы сейчас, большим инновационным потенциалом. Как писал Эйлер «... Достойное вас дело есть, что вы стеклу возможные цветы дать можете. Здешние химики сие изобретение за превеликое дело почитают». И М.В. Ломоносов взялся за реализацию этого инновационного проекта. В 1753-1754 гг. недалеко от Ораниенбаума в деревне Усть-Рудицы Копрского уезда он получает для строительства стекольной фабрики земельный надел, а в 1756 г. земли были ему жалованы в вечное пользование. Ему дали более 200 крестьян. Была предоставлена 30-летняя привилегия на монопольное производство цветного стекла в России, издано правительственное распоряжение учреждениям заказывать на его фабрике мозаичные картины. Тем не менее, предпринимательского таланта великому ученому не хватило. Успешной коммерциализации знаний не произошло.

У М.В. Ломоносова были значительные достижения в разных областях, которые могли стать основой для производственных проектов. В частности, его с полным основанием можно назвать отцом отечественного приборостроения. Он автор многочисленных изобретений, перспективных приборов. Им сконструированы астронавигационные инструменты, громовая машина, водоподъемник, ночезрительная труба, вискозиметр и т.д. Михаил Васильевич оставил заметный след в метеорологии, оптике, в часовом деле. Вот, что писал С.И. Вавилов: «...по объему и оригинальности своей опико-строительной деятельности Ломоносов был ... одним из самых передовых оптиков своего времени и, безусловно, первым русским творческим опто-механиком». Интересно, что 12 декабря 1754 г. на заседании Санкт-Петербургской академии наук Ломоносов продемонстрировал действующую модель летательного аппарата – прообраз современного вертолета. Это событие признано как первое в мире документальное испытание летательного аппарата тяжелее воздуха.

Среди крупнейших организаторских достижений М.В. Ломоносова:

- создание в России химической лаборатории (первого научно-исследовательского института);
- основание Московского университета (свои предложения об организации университета сообщил в письме к И. И. Шувалову в июле 1754 г.);
- разработка ряда проектов переустройства Академии наук с целью «привести Академию в доброе состояние ...»;
- подготовка географических экспедиций, в том числе для изучения Северного морского пути.

Любое из этих великих дел обеспечило бы человеку место в истории Российской науки и благодарную память потомков, а все вместе приводят нас в восхищение русским гением.

Особо следует отметить то обстоятельство, что ученый прекрасно осознавал роль и значение

Академии наук для России. Думается, что самого Ломоносова в значительной степени сделала Академия наук, а сама Академия в не меньшей степени сохранилась в России благодаря Ломоносову. Не случайно в его прощальных словах фигурируют рядом слова «отечество», «наука», «академия»: « ... Жалею только о том, что не мог я совершить всего того, что предпринял я для пользы Отечества, для прираще-ния наук и для славы Академии!»

Научному творчеству М. В. Ломоносова присущи ряд черт, которые не теряют своей актуальности и в наши дни. К ним относятся: а) вера в силу науки («науки сами все дела человеческие приводят наверх совершенства ...»); б) единство теории и практики («из наблюдений устанавливать теорию, через теорию исправлять наблюдения – есть лучший всех способ к изысканию правды»); в) необходимость интеграции знаний («науки наукам много весьма способствуют ...»).

Нельзя не отметить и такую черту личности Ломоносова, как патриотизм, его любовь к Родине, стремление к ее благу и процветанию. Он писал: « ... от искреннего сердца желаю, чтобы по мере обширного сего государства высокие науки в нем распространялись и чтобы в сынах российских к оным охота и ревность равномерно умножилась».

Ломоносов всей своей жизнью и своим примером доказал, что «может собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов российская земля рождать». Не следует забывать слова Ломоносова: «Берегите науку, берегите естествознание, в нем залог силы и благоденствия народа». Они адресованы всем нам: властям, ученым, всем и каждому в отдельности. Этот призыв особенно актуален в наши дни, когда естественные науки пытаются изгнать из школьной программы. Нам надо почаще вспоминать (и не только в год его 300-летия) нашего великого предка, архангельского мужика, ставшего национальной гордостью России, отдавшего свою жизнь делу становления наук в России.

УДК 338.984

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИДЕИ М.В.ЛОМОНОСОВА

В.Н. ЛАЖЕНЦЕВ

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

В основу статьи положен доклад автора на расширенном заседании Президиума Коми НЦ УрО РАН 8 февраля 2011 г., посвященном 300-летию со дня рождения Михаила Васильевича Ломоносова и Дню науки. Выделены главные идеи М.В.Ломоносова в области интеграции естественных и общественных наук, что наиболее свойственно географии. Обозначено влияние учений М.В.Ломоносова на развитие экономико-географической мысли в России в связи с общими проблемами развития и размещения производительных сил.

Ключевые слова: Ломоносов, география, комплексный подход к изучению районов и городов России

V.N. LAZHENTSEV. GEOGRAPHICAL IDEAS OF M.V.LOMONOSOV

The paper is based on the report of the author at the enlarged session of the Presidium of the Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, on February 8, 2011, devoted to M.V.Lomonosov's 300th birth anniversary and to the Day of Science. The main ideas of M.V.Lomonosov in the field of integration of natural and social sciences most characteristic of geography are given. Influence of M.V.Lomonosov's doctrines on development of economic-geographical ideas on general problems of development and distribution of productive forces in Russia is shown.

Key words: Lomonosov, geography, complex approach to studying the regions and towns of Russia

К наследию М.В.Ломоносова, как ученому-энциклопедисту, обращаются представители многих наук, особенно физики, химии, геологии, истории, экономики, языкознания и литературоведения. Значительный вклад в анализ трудов ученого внесли географы. В первую очередь следует выделить книги Н.Е.Дика, а также публикации О.А.Александровской, Я.Ф.Антошко, Л.С.Берга, А.Г.Исаченко, Н.П.Никитина, Ю.Г.Саушкина, Н.Г.Фрадкина, в которых в «сюжетной» форме излагаются те или иные стороны научно-организационной деятельности М.В.Ломоносова, в том числе и на посту руководителя Географического департамента России.

Столь внимательное отношение к указанному наследию не случайно. Михаил Васильевич Ломоносов, действительно, внес огромный вклад в развитие географической науки. Именно благодаря его творчеству география стала рассматриваться не как простой набор различных сведений о странах и районах, а как наука с элементами теории и методологии. На фоне западноевропейской камеральной статистики, включенной в рамки государственного ведения, работы М.В.Ломоносова и в определенной мере некоторых других российских ученых, его современников, выделялись материалистическим

взглядом на пространственную взаимосвязь природных, социальных и экономических явлений.

Цитата: «Что полезнее есть человеческому роду к взаимному сообщению своих избытков, что безопаснее плавающим в море, что путешествующим по разным государствам нужнее, как знать положение мест, течение рек, рассмотрение городов, величину изобилия и соседство разных земель, нравы, обыкновения и правительства разных народов? Сие ясно показывает География, которая вся вселенная обширность единому взгляду подвергает» [1, с.252].

Так М.В.Ломоносов писал в Слове похвальном императрице Елизавете Петровне. В донесении же Сенату он более подробно характеризует конструктивное значение географии.

Цитата: «Сколько пользы происходит от географии человеческому роду, о том довольно известно, и славные примеры имеем в других европейских государствах... географическое описание Российского государства служить может не только к удовольствию любопытства..., но и ради всех правлений и присутственных мест в государстве весьма нужно и полезно, чтобы знать внутренние избытков сообщения, кои действительно есть, или кои вновь учреждены, либо в лучшее состояние приведены быть могут, и чтоб

вдруг видеть можно, где что взять, ежели надобность потребует» [2, с.238].

Не только то, что есть, но и то, что надо сделать!

Многие, изучающие труды М.В.Ломоносова, считают его основателем отечественной географической науки. Бесспорно, это в первую очередь относится к экономической географии. С таким названием отрасль знаний о системах «природа–население–хозяйство» М.В.Ломоносовым была обозначена впервые.

Чем выше уровень развития науки, чем значительней ее роль в материальной и духовной деятельности людей, тем сильнее потребность понять истоки того или иного научного знания. Так и роль М.В.Ломоносова, как основоположника ряда наук, включая экономическую географию, была изначально признана лишь немногими его современниками. Но позднее это признание расширилось по мере более глубокого понимания закономерностей территориальной организации общества.

Географические труды М.В.Ломоносова условно можно разделить на три группы (по числу публикаций):

- общая география и наставления по организации географических экспедиций – 30;
- физическая география с элементами геологии, метеорологии, астрофизики и геодезии – 27;
- экономическая география с элементами горного дела, металлургии, химии, экономики и демографии – 10.

Значительное число материалов, опубликованных в полном собрании сочинений М.В.Ломоносова, связано с его деятельностью в Географическом департаменте России, который он возглавлял с 1757г. Высокая государственная должность давала возможность ученому «снаряжать» экспедиции, давать поручения, делать запросы, составлять анкеты, высказывать просьбы по поводу географического изучения страны и составления карт. Но и он в свою очередь получал весьма непростые поручения, например, править и дополнять монографическую рукопись Вольтера под названием «История Российской империи при Петре Великом». Характер исполнения данного поручения обстоятельно проанализировала О.А.Александровская в статье, написанной по архивным материалам «Библиотеки Вольтера», хранящейся в Отделе древних книг и рукописей Государственной Публичной библиотеки им.М.Е.Салтыкова-Щедрина. Оказывается, дело не ограничилось замечаниями и правками, а вылилось в научный труд «Краткое описание России», авторство которого О.А.Александровская полностью сохраняет за М.В.Ломоносовым. Отсюда начинается «*русская географическая концепция*», ядром которой «...было представление, что задачей географического описания должно быть выяснение природных и людских ресурсов, необходимых для развития как страны в целом, так и отдельных ее частей, начиная с губерний и вплоть до помещичьих хозяйств. Именно здесь корень ее отличия от концепции немецкой школы государственоведения...» [3, с.123].

Взаимосвязь природы, населения и хозяйства, по мнению М.В.Ломоносова, необходимо положить в основу нового издания Атласа Российской империи. Этому посвящено много его работ. Отметим, на наш взгляд, наиболее значимую – «Мнение об употреблении нынешней ревизии в пользу географии Российской и сочиняющегося нового атласа».

Цитата: « 1) каждому офицеру сочинить перечни числа душ во всяком селе и деревне, где он ревизует, не переписывая поименно, и оные перечни подавать куда надлежит для отсылки в Академию наук; 2) означить в коих селах и деревнях есть церкви, каменные или деревянные, и как во имя, а где церквей нет, то означить, каким оные деревни принадлежат приходам; 3) показать, где какие самые большие реки или другие воды, на которую сторону и как далеке от оного места, по сказкам жителей; 4) ежели тут будет небольшая речка, то означить, в какую она именитую реку впадает и при каком урочище; 5) на каком оное село или деревня стоит положении, на горе ли, или на низком, песчаном, луговом, или лесистом месте; 6) на большой ли стоит дороге, по которой из городов и каких именно приезжают, или по проселочной только; 7) как далеке отстоит от своего присутственного города, по общей сказке жителей» [4, с.305-306].

В опись географических объектов и явлений, наносимых на карту, Михаил Васильевич включал то, что позволяло дать физико- и экономгеографические характеристики деревням, селам, городам и районам России. Все задуманные им карты мыслились как комплексные с отражением удобств и помех для развития торговли, транспорта, промыслов, заводской и фабричной промышленности.

В специальных геолого-географических исследованиях, например, «О слоях земных» [5] М.В.Ломоносов объяснил изменения в природе действием внутренних источников движения материи (теплоты, гравитации, геохимических процессов и др.) и внешних сил (ветра и воды). По его утверждению, процессы формирования земной поверхности непрерывны, бесконечны и содержат переход одних явлений в другие. Сформулированная им идея формирования рельефа путем действия экзогенных и эндогенных сил стала впоследствии «стержнем» геоморфологии. Отметим также идею ученого о взаимодействии органического и неорганического вещества, почвенного покрова и растительности.

Одна из любимых тем Михаила Васильевича – физика атмосферы. Он впервые выделил в атмосфере три слоя, показал их различную связь с солнечным светом и отражаемым теплом, создал теорию вертикальных движений воздуха, изучил характер климата и его зависимость от преобладающих ветров, а последних – от положения местности относительно морей.

В специальных экономико-географических и социальных исследованиях М.В.Ломоносова отражены тенденции индустриализации России, ее общественного развития, особенно в части народонаселения. Он обращал внимание на особенности формирования локальных хозяйственных объектов –

«земского домоустройства» и больших производственных ареалов – местах размещения обрабатывающей промышленности и добычи полезных ископаемых. На первое место он ставил европейские районы страны (вокруг Санкт-Петербурга и Москвы), но неоднократно указывал на необходимость подъема отсталых окраин.

Через многие наставления и инструкции М.В.Ломоносов доказывал, что хозяйство тесно связано с трудовыми навыками народов и одновременно с природными условиями, что совместное действие общественного и природного в разных местах происходит по-разному. В ряде публикаций прослеживается именно такой комплексный подход: это работы о «географических запросах», «об обозначении на картах судоходных рек и приречных городов и ... плодородии приречных местностей», «составлении карт продуктов российских», «экономическом лексиконе российских продуктов» [6, 7]. В этой связи важно отметить, что М.В.Ломоносов наряду с термином-понятием «экономическая география» ввел в научный оборот понятие «экономическая ландкарта».

Особого внимания и ныне заслуживает труд М.В.Ломоносова о размножении и сохранении российского народа [8], что применительно к современным условиям трансформировано А.И.Солженицыным в тезис о сбережении населения.

В свете существующих в настоящее время проблем освоения ресурсов Арктики и арктического судоходства необходимо вновь оценить работу М.В.Ломоносова «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию» [9]. Именно исследование Северного морского пути отражает энциклопедический характер его научного творчества. Он глубоко проникал в смысл многочисленных трудов зарубежных авторов по географии морей и высоко ценил научные результаты, полученные соотечественниками в ходе морских экспедиций, в том числе С.И.Дежнева, В.В.Муравьева, С.Г.Малыгина, Д.Л.Овчина, В.В.Пронищева, братьев Х.П.и Д.Я.Лаптевых, С.И.Челюскина, В.Беринга, С.П.Крашенинникова, сухопутной экспедиции Г.Ф.Миллера и др.*

Систематизация различных фактов позволила М.В.Ломоносову сделать вывод: по Северному океану плавать можно и с большой пользой для России, которая должна закрепиться на азиатских берегах Тихого океана, построить там города и организовать промышленность. Этот вывод истекал также и из личного опыта М.В.Ломоносова, как помора.

В доказательство Северо-Восточного прохода из Северного в Тихий океан он опирался на тео-

ретические и экспериментальные разработки (в большей части собственные) по тектонике, метеорологии, физике льда, навигации и др. Такой путь интеграции научных знаний ныне называется междисциплинарным синтезом и рассматривается как основа выбора исследовательских технологий.

Итоговые суждения о географических представлениях М.В.Ломоносова в свое время (1961 г.) сформулировал Н.Е.Дик: «1) признание прогрессивного развития материального мира; 2) историзм в подходе к изучению географических явлений всех циклов; 3) понимание не только генетических, но и пространственных связей в развитии материального мира; 4) понимание развития неорганического и органического мира как единого процесса, с выделением некоторых циклов географических явлений, сцепленных прямыми причинными генетическими и пространственными связями; 5) понимание пространственного развития и пространственных взаимосвязей как особого типа прямых причинных связей в развитии материального мира; 6) развитие познания от низших форм к высшим, от анализа к синтезу; 7) принцип единства теории и практики» [10, с.66].

Философско-методологические обобщения трудов М.В.Ломоносова, представленные Н.Е.Диком, целесообразно дополнить более частными – географическими, а именно:

- 1) географическое исследование лишь тогда становится целостным, когда на основе системного подхода происходит интеграция знаний и методов разных наук ради выявления региональных особенностей взаимодействия общества и природы с учетом конкретных социально-исторических условий;
- 2) география изучает в основном не внешние формы расположения объектов, а внутренние истоки и движущие силы, формирующие из этих объектов территориальные природно-общественные комплексы;
- 3) география служит народу и прививает ему культуру географического мышления и пространственного поведения.

Русская географическая концепция, идущая от М.В.Ломоносова, получила свое развитие в трудах отечественных экономико-географов. Так, исходя из идей Ломоносова, выдающийся ученый К.И.Арсеньев считал, что статистика должна не только излагать фактический материал, но и давать обобщение фактов, их анализ, политическую и экономическую оценку. В «Начертании статистики Российского государства» (СПб, 1818-1819 гг.) и «Статистических очерках России» (СПб, 1848) политическое начало статистики он провел через районирование страны, выделив десять пространств. Предметом экономической географии он считал территориальную совокупность природных и хозяйственных признаков [11].

Ломоносовская концепция прослеживается и в трудах великого русского географа П.П.Семенова-Тян-Шанского, написавшего «географо-статистический словарь Российской империи» (пять томов; СПб, 1863-1885), а также в работах других авторов [12].

* Признание заслуг других авторов и путешественников – характерная черта М.В.Ломоносова. Повсюду хорошо прослеживается его корректность относительно творческого наследия предшественников, в частности И.К.Кириллова и В.Н.Татищева. М.В.Ломоносов был очень внимателен к трудам и судьбе П.И.Рычкова, географа, первого члена-корреспондента Академии наук и В.Я.Чичагова – флотоводца и арктического мореплавателя.

Стремление М.В.Ломоносова обогатить содержание экономической географии не только за счет описательной статистики, но и инженерных знаний, наиболее ярко воплотил Д.И.Менделеев. Знаменитый химик вопросам экономической географии уделял серьезное внимание. Так, в работе «Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой» он установил торгово-промышленное значение северо-восточной границы Азии и Европы. В многочисленных последующих трудах Д.И.Менделеев показал возможности разных регионов России в развитии сельского хозяйства на основе изучения почв и применения удобрений, нефтяной промышленности по пути глубокой переработки исходного сырья, угольной промышленности с применением метода подземной газификации. Он опубликовал «Толковый тариф, или исследование о развитии промышленности в России в связи с общим таможенным тарифом 1891 года», составил общую карту фабрично-заводской промышленности Российской империи (1893 г.) с выделением 14 экономических районов и приложением к ним особой таблицы показателей из 15 наименований. Д.И.Менделеев дал весьма квалифицированный прогноз развития Урала и районов, расположенных к востоку от него, а также относительно освоения Северного Ледовитого океана [13].

Вслед за трудами М.В.Ломоносова и его последователей, в качестве ключевого произведения в области региональной экономики и экономической географии, можно поставить труд В.И.Ленина «Развитие капитализма в России» [14], в котором, с одной стороны, широко использована земская статистика с применением оригинальных группировок, с другой – показана объективная необходимость порайонного анализа процессов общественного разделения труда и формирования внутрироссийского рынка. В.И.Ленин показал, что экономико-географическое районирование и одновременное углубление статистических методов анализа массовых социально-экономических процессов и явлений есть правильный путь устойчивых тенденций в развитии капиталистических отношений в России. Указанный труд Ленина был многократно освещен в литературе с позиций экономико-географов; и это не только дань политической моде цитирования вождей, но и признание истинных научных заслуг Ленина. В настоящее время, когда в России объявлены курсы на «строительство капитализма с элементами социальной защиты населения», было бы разумно вернуться к указанному труду, хотя бы с целью уяснения теории реализации добавочной стоимости в рамках внутреннего рынка с учетом географического разделения труда и международной торговли.

Некоторые положения «Развития капитализма в России» и многих других работ прогрессивных ученых после Октября 1917 г. были реализованы в Плане ГОЭЛРО – еще одном ключевом источнике междисциплинарных исследований, послужившим отправной точкой организации научных работ в области энергетики и промышленных комплексов, интегрального географического районирования на основе энергопроизводственных циклов и регионального социально-экономического анализа.

План ГОЭЛРО является наивысшей точкой русской географической концепции, основанной на междисциплинарном подходе к решению комплексных народнохозяйственных проблем.

* * *

Памятью о высокой роли науки в развитии производительных сил нашей страны, необходимо брать пример с Михаила Васильевича Ломоносова. Свои труды он часто предварял словами: «Искренняя любовь и горячее усердие к Отечеству...». Именно высокая гражданская позиция и любовь к Отечеству, а не к собственной персоне и авторскому тщеславию, способствуют укреплению русской географической концепции.

Литература

1. *Ломоносов М.В.* Слово похвальное ея величеству государыне, императрице Елизавете Петровне, самодержице всероссийской, говоренное ноября 26 дня 1749 года. ПСС. Т.5. М.-Л., 1951. С.232-256.
2. *Ломоносов М.В.* Донесение Канцелярии АН в Сенат об оказании содействия географическим экспедициям. ПСС. Т.9. М.-Л., 1955. С.238-241.
3. *Александровская О.А.* М.В.Ломоносов и создание сочинений о географии России. Из фонда рукописей библиотеки Вольтера // Вестник АН СССР, 1987. № 5. С.116-125.
4. *Ломоносов М.В.* Мнение об употреблении нынешних ревизий в пользу географии российской и сочиняющегося нового атласа. ПСС. Т.9. М.-Л., 1955. С. 305-306.
5. *Ломоносов М.В.* О слоях земных. ПСС. Т.5. М.-Л., 1951. С. 530-631.
6. *Ломоносов М.В.* Мнение о учреждении государственной коллегии земского домостроительства. ПСС. Т.6. М.-Л., 1952. С. 409-416.
7. *Ломоносов М.В.* Краткое расположение сочиняемого экономического лексикона российских продуктов и показание внутреннего и внешнего оных сообщения с принадлежащими к тому ландкартами. ПСС. Т.9. М.-Л., 1955. С. 294-296.
8. *Ломоносов М.В.* О сохранении и размножении российского народа. ПСС. Т.6. М.-Л., 1952. С. 381-404.
9. *Ломоносов М.В.* Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию. ПСС. Т.6. М.-Л., 1952. С.417-538.
10. *Дик Н.Е.* Деятельность и труды М.В.Ломоносова в области географии. М.: Изд-во МГУ, 1961. 210 с.
11. *Перцик Е.Н.* К.И.Арсеньев и его работы по районированию России. М.: Географгиз, 1960. 120 с.
12. *Отечественные экономико-географы XVIII-XIX вв.* М.: Гос. Учебно-педагогическое изд-во Мин.просвещения РСФСР, 1957. 328 с.
13. *Менделеев Д.И.* Проблемы экономического развития России. М.: Соцэкгиз, 1960. 615 с.
14. *Ленин В.И.* Развитие капитализма в России. ПСС. 5-е изд. Т.3. М.: Изд-во ИСД. политическая лит-ра, 1967. 792 с.

УДК 811.161.1(09)

ЛОМОНОСОВ КАК ЛИНГВИСТ-РЕФОРМАТОР

Е.А.ЦЫПАНОВ

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

Рассматривается суть миссии М.В.Ломоносова как создателя основ современного русского литературного языка, на широком общественно-историческом фоне подчеркивается осознанная необходимость создания ученым «Российской грамматики» и других трудов по русской филологии.

Ключевые слова: языкознание, история изучения русского языка, вклад М.В.Ломоносова

E.A.TSYPANOV. LOMONOSOV AS THE LINGUIST-REFORMER

The essence of Lomonosov's mission as founder of the bases of modern Russian literary language is considered, on a wide socio-historical background the stress is laid on the realized necessity of creation by the scientist of "the Russian grammar" and other works on Russian philology.

Key words: linguistics, history of studying the Russian language, the contribution of M.V.Lomonosov

Изучение русского языка хотя и было для М.В.Ломоносова деятельностью побочной, не основной, тем не менее, с точки зрения его гражданских, общественных взглядов она была очень важной сферой его интересов. Всего в разной степени он знал восемь языков, переводил с латинского, немецкого, французского. Естественно, с детства он знал родной диалект, впоследствии им же названный поморским. Первоначальные знания по церковнославянскому языку, тогда культурному, официальному языку Российской Империи, он получил от крестьянина-земляка Федора Шубина, начав читать все имеющиеся в округе книги духовного содержания. Далее в Славяно-греко-латинской академии (Заиконоспасской школе) Ломоносов углубил изучение древнерусских писаний и активно изучал латинский язык, в чем преуспел: уже тогда переводил стихи древнеримских писателей. Тогда же самостоятельно изучал греческий язык. Перед отправкой в Германию с конца 1735 г. ученый начал учить немецкий язык, который раньше не знал совсем. Через десять месяцев он уже посылает письмо Президенту Российской академии наук И.-А.Корфу на немецком языке. В Германии молодой исследователь самостоятельно досконально изучил французский язык и начал изучать еврейский. Кроме того, от учителей, выходцев с Украины, он постиг тонкости украинского языка или, по словам самого Михаила Васильевича, малороссийского диалекта. Он не только учил языки для практического применения (читать, понимать научную литературу), но и много переводил на русский язык из поэзии, философии, риторики, анализировал выразительные и стилистические возможности языков. Живя в Германии, М.В.Ломоносов видел силу еди-

ного литературного немецкого языка, тонкость и изящество французского, читал высокохудожественные произведения на этих языках, естественно, проецируя свой языковой опыт на российские реалии. Здесь логично будет дать необходимые сведения о языковой и культурной ситуации, сложившейся к середине XVIII в. в России. Как правило, в исторических трудах такие «малозначительные» темы не освещаются, а отдается приоритет описанию лиц, дат, событий, скандальных фактов и т.п.

Российская элита уже семь веков до Ломоносова была двуязычна, вернее диглоссна. Здесь необходимо объяснить суть явления диглоссии. Диглоссия – это особый вид культурного двуязычия или билингвизма, когда одновременно функционируют два языка, но в разных сферах общественной жизни. В случае с Русью-Россией это церковнославянский (по происхождению это южнославянский) и русский (по происхождению восточнославянский) [1]. Церковнославянский обладал статусом престижного и употреблялся в «высоких» (небытовых) сферах: в церкви, книжно-письменной традиции, государственных документах и образовании, науке), а русский язык имел статус непрестижного языка и использовался главным образом в повседневном бытовом общении, фольклоре, низких письменных жанрах (объявления, договоры, записки). Русский язык был практически наддиалектным койне, который не имел никакого официального статуса и не преподавался в школах. На бытовом уровне элита его считала мужицко-купеческим, неотесанным, грубым и невыразительным языком. Иностранцы, бывавшие в империи, отмечали, что в России разговаривать надо по-русски, а писать – по-словенски. Письменный язык той эпохи пред-

ставляла собой мешанину из церковнославянских, простонародных, диалектных элементов, в лексике было избыточное количество заимствований, вульгаризмов, архаизмов, научная и специальная терминология практически отсутствовала. Кстати, нечто напоминающее тогдашний русский язык представляют собой литературные тексты нынешнего русского языка и особенно язык общения в Интернете. М.К.Каракулова выделяет следующие инновационные тенденции в современном русском литературном языке: демократизация (сближение с разговорным узусом), вульгаризация (активизация низких стилей), варваризация (излишнее употребление англицизмов), дискодификация и антиорфография (языковая воляница в устной речи и Интернете), карнавализация (преобладание смехового начала в ситуациях общения) [2]. Таким образом, история как бы возвращается.

В Петровскую эпоху языковая ситуация еще более усложнилась: образованные представители элиты стали многоязычными, через открытое Петром I окно в Европу быстро распространилось знание иностранных языков, немецкого, французского или голландского и как его следствие обильное и бессистемное распространение заимствований из западноевропейских языков. Многие представители элиты в интимных сферах (внутрисемейное общение, флирт на балах, чтение художественной литературы, личная переписка и т.п.) стали переходить на нерусские языки, что стало затем обычным явлением вплоть до середины XIX в. В то же время авторитет разговорного русского языка был очень низким, что хорошо видно, например, из произведений Пушкина, Толстого и других авторов. К примеру, Татьяна Ларина пишет письмо Евгению Онегину, естественно по-французски.

Шаг в сторону. Для иллюстрации вышеказанного можно привести два примера из времен Отечественной войны 1812 г. Известный общественный деятель Сергей Глинка во время войны издавал ультрапатриотический журнал «Русский вестник» и переписывался с друзьями по поводу материалов журнала. Мельком он заметил: «Мы переписывались по-французски». Будущий декабрист Никита Муравьев шестнадцатилетним юношей в порыве патриотических чувств без разрешения матери бежал в армию и был пойман крестьянами в подозрении в шпионаже, т.к. плохо говорил по-русски и сильным французским акцентом [1].

Какую же миссию выполнил М.В.Ломоносов в отношении русского языка и шире культуры? Об этом говорят названия его языковедческих работ:

- Краткое руководство к риторике (1743);
- Риторика (1748);
- Российская грамматика (1755).

Все его филологические труды сведены в один том полного собрания сочинений [3].

М.В.Ломоносов волевым методом ввел в Академию наук актуальнейшее тогда филологическое направление, изучение русского языка и составление современных словарей.

Главный труд его как лингвиста – составленная им «Российская грамматика». Кратко говоря,

грамматика М.В.Ломоносова явилась первой полной научной нормативной грамматикой русского языка, заложившей основы современному русскому языку. М.В.Ломоносов своей «Российской грамматикой» ясно определил основы и нормы языка – звукового состава и произношения, правописания, и самое главное, грамматики (учение о частях речи). Опираясь он в своей работе на московское наречие русского языка. Напомним, что ученый выделял в русском языке три наречия (группы диалектов): северное (поморское), московское и малороссийское (украинское). Михаил Васильевич осознавал значение диалектной базы литературного языка как центрального диалекта, языка географического, экономического и политического центра растущей империи, по этому поводу замечая: «Московское наречие не только для важности столичного города, но и для своей отменной красоты прочим справедливо предпочитается». М.В.Ломоносов в реальности узаконил статус «простого русского языка» и установил полную самостоятельность его от церковнославянского. Эта работа была настолько востребована обществом, что с конца 50-х гг. и до конца 80-х гг. XVIII в. она переиздавалась Академией наук пять раз и один раз на немецком языке в 1764 г. Подробнее об этом см. монографию В.Н.Макеевой [4].

М.В.Ломоносов впервые разработал далее стилистическую систему русского языка, известную теорию трех стилей: высокого, среднего и низшего. Поэзия для М.В.Ломоносова была делом практическим и служила для выражения прогрессивных стремлений в развитии русского общества. Прежде всего поэт хотел продемонстрировать большие возможности и красоту русского языка в изящной литературе в совершенно различных стилях: в одах в высоком стиле, в сатирических произведениях в низшем. В последнем случае речь идет об известном стихотворении «Гимн бороде» (1757), где автор саркастически высмеивает всю косность, реакционность, отсталость тогдашней элиты русского общества. Русский язык как объект реформации, систематизации и кодификации М.В.Ломоносов представлял в своих творениях: научных трудах, публичных лекциях, трактатах и стихотворениях, в незаконченной поэме «Петр Великий», которую автор писал уже на склоне лет и которая задумывалась как русский национальный эпос. Да, далеко не каждый вспомнит имена русских писателей времен Ломоносова, например, Кантемира, Тредиаковского. А вот после Ломоносова появились первые общенациональные русские классики Фон-визин, Карамзин, Державин, а затем и мировые классики Пушкин, Лермонтов, Гоголь и др. Тем не менее, довольно часто встречаются и в настоящее время цитаты из его стихотворений, к примеру: *Науки юношей питают, Отраду старым подают...*

Всей своей деятельностью он боролся также за расширение применения русского языка в сфере науки и высшего образования. Прежде всего, ученый стремился к тому, чтобы в стенах Академии наук звучал русский язык, чтобы там занимались также отечественной филологией. До прихода туда

Ломоносова никаких филологических проектов там не было, так как все филологи-профессора были приглашенными иностранцами. Русскими по национальности были лишь переводчики. Иностранцы не спешили заниматься ни русским языком, ни литературой. Красноречивый пример: профессор элоквенции З.-Т.Байер за 12 лет пребывания в России так и не изучил основной язык местного населения, т.е. русский [4]. Прежде всего, М.В.Ломоносов свои научные трактаты и труды писал по-русски, делая прецедент и подавая пример остальным ученым. В 1745 г. он хлопочет о высочайшем разрешении читать лекции на русском или российском (по терминологии того времени) языке, а затем уже в следующем году 20 июня впервые читает публичные лекции по физике, а далее по химии. В своих опубликованных трудах развивал также впервые научный стиль, терминологию, закладывал основы научного изложения. Естественным в этом отношении является его стремление основать Московский университет в целях полноценной подготовки специалистов в самой России и учить будущих высококвалифицированных специалистов на русском языке.

М.В.Ломоносов хорошо знал историю России и понимал, что растущая империя объединяет и многие нерусские народы и языки. Хотя до изучения финно-угорских языков у него руки не дошли, он ясно представлял понятия единства финно-угорских народов в прошлом и родства в настоящем. Ученый в своем труде «Древняя Российская история от начала российского народа до кончины великого князя Ярослава Первого, или до 1054 года» писал следующее: «Ливония, Естляндия, Ингрия, Финния, Карелия, Лаппония, Пермия, чере-

миса, мордва, вотяки, зыряне говорят языками, немало сходными между собой, которые хотя и во многом разнятся, однако довольно показывают происхождение свое от одного начала. Сверх того, сильная земля Венгерская хотя от здешних чудских областей отделена великими славенскими государствами, то есть Россиею и Польшою, однако не должно сомневаться о единоплеменстве её жителей с чудью, рассудив одно только сходство их языка с чудскими диалектами. Представив чудской народ в нынешнем его рассеянном состоянии и по большей части у других держав в подданстве, помыслить можно, что в соединении бывал некогда силён на свете» [5, 21-22]. Его «Российская грамматика» послужила образцом при написании многих грамматик тюркских и финно-угорских языков в XVIII-XIX вв. Таким образом, филологическая деятельность М.В.Ломоносова дала большой импульс не только изучению русского языка, но и многих других языков российской державы.

Литература

1. Мечковская Н.Б. Общее языкознание: Структурная и социальная типология языков. М., 2001. 312 с.
2. Каракулова М.К. Русский язык в условиях глобализации. Глазов, 2010. 164 с.
3. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений: в 10 т. Т. 7. М.-Л., 1952.
4. Макеева В.Н. История создания «Российской грамматики» М.В.Ломоносова. М.-Л., 1961. 173 с.
5. Цыпанов Е.А. Финно-угорские языки: сравнительный обзор. Сыктывкар, 2009. 288 с.

НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ МАНОВ



14 марта 2011 г. исполнилось 75 лет известному специалисту в области надежности электроэнергетических систем, заслуженному деятелю науки Коми АССР, лауреату Государственной премии Республики Коми в области науки, заслуженному энергетику Российской Федерации, ведущему научному сотруднику

Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, кандидату технических наук **Николаю Алексеевичу Манову**.

Н.А. Манов получил признание своими исследованиями в области методов количественной оценки надежности релейной защиты, научных основ изучения балансовой надежности и применения технологий искусственного интеллекта в оперативно-диспетчерском управлении электроэнергетических систем, принципов построения микропроцессорных защит электрооборудования. Николай Алексеевич одним из первых в отечественных исследованиях предложил применение вероятностных подходов для оценки балансовой надежности многозонных электроэнергетических систем с привязкой к единой временной оси процессов изменения генерации и нагрузки. Свои научные исследования он всегда стремился проверить на практике. Так, в 1980 г. на техническом совете Центрального диспетчерского управления Единой энергетической системы (ЕЭС) СССР он представил результаты своих исследований по вероятностной оценке балансовой надежности ЕЭС на перспективу 1990 г., что в то время еще не практиковалось. В 1975 г. при его непосредственном руководстве впервые в стране были апробированы цифровые алгоритмы релейной защиты на подстанции 110 кВ «Восточная» Южных электрических сетей «Комиэнерго». Вышедшая в 1986 г. монография «Микропроцессорные защиты оборудования электроэнергетических систем» с участием Н.А. Манова была одной из первых книг в этой области. Признание среди специалистов получили его работы «Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами» (2002 г.) и «Методы и модели исследования надежности электроэнергетических систем» (2010 г.).

С именем Н.А. Манова связано развитие энергетических исследований в Коми научном центре УрО РАН. Отделом энергетики и водного хозяйства, в котором он стал работать с 1968 г., были установлены тесные творческие контакты

с Сибирским энергетическим институтом СО РАН, Ленинградским политехническим институтом, отраслевыми институтами Энергосетьпроект, Севзапэнергопроект, Гипроспецгаз, районным энергетическим управлением «Комиэнерго». Благодаря его усилиям и поддержке руководства центра численность занятых энергетическими исследованиями за период с 1968 г. по 1990 г. возрастает с трех сотрудников до 32. В 1990 г. в составе Отдела энергетики создаются две лаборатории. Не менее важной для Николая Алексеевича всегда была проблема привлечения молодежи в научную среду и работа над повышением их квалификации. За 1975 – 2010 гг., в которые он руководил Отделом энергетики, его сотрудниками были защищены три докторские и 15 кандидатских диссертаций.

Николай Алексеевич всегда придавал большое значение обсуждению полученных научных результатов и возможностей их практического применения на совместных совещаниях с производственными и властными структурами. Его организаторский талант позволил небольшому коллективу исследователей организовать и достойно провести в г. Сыктывкаре достаточно крупные совещания, конференции, семинары и пленумы. В 1971 г. – семинар по внедрению ЭВМ в народное хозяйство Коми АССР. В 1974, 1989 и 1999 гг. – Всесоюзный научный семинар «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики» с сильным составом участников. В 1975 и 1983 гг. – Всесоюзную конференцию по противоаварийному управлению электроэнергетическими системами с использованием цифровой техники. В 1977, 1982, 1987 гг. – Пленумы Северо-Западного отделения Научного совета АН СССР по комплексным проблемам энергетики, посвященные развитию Тимано-Печорского ТЭК. В 2003 г. – представительный научно-технический семинар с международным участием «Оперативное управление электроэнергетическими системами – новые технологии и рынок» с использованием сети Интернет для заочных участников.

Много внимания в середине 80-х гг. прошлого столетия ученый уделил работе Секции энергетического комплекса Межведомственного координационного совета Коми филиала АН СССР, которую он возглавлял совместно с д.г.-м.н. В.А. Дедеевым. На ее заседаниях в 1985 – 1987 гг. обсуждались животрепещущие для того периода времени вопросы целевой комплексной программы развития Тимано-Печорского ТЭК, рассматривались проблемы создания системы магистральных газопроводов Ямал – Запад на территории Коми АССР, которые и сегодня достаточно актуальны. Вклад Н.А. Манова в развитие энергетического комплекса Республики Коми

выразился в разработке Энергетической стратегии республики, Энергетической программы республики, Программы энергообеспечения и топливоснабжения республики, закона Республики Коми «Об энергосбережении». Более десяти лет он являлся членом Экспертного совета Региональной энергетической Комиссии – Службы по тарифам Республики Коми.

Николай Алексеевич Манов и сегодня реализует свой научный потенциал. В декабре 2009 г. приказом министра энергетики РФ он включен в состав Комиссии по разработке Концепции обеспечения надежности в электроэнергетике. Он является членом Научных советов РАН по комплексным проблемам энергетики и по проблемам

надежности и безопасности больших систем энергетики, членом Оргбюро Международного научного семинара «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», почетным членом Президиума Коми НЦ УрО РАН. Преданность науке, его принципиальность в решении тех или иных проблем электроэнергетической отрасли, талант организатора научных исследований позволяют нам говорить о Н.А.Манове, как о крупном исследователе проблем электроэнергетики как Республики Коми, так и всей Российской Федерации.

редколлегия

ГАЛИНА ВИССАРИОНОВНА ЖЕЛЕЗНОВА



15 марта 2011 г. отметила свой юбилей известный специалист в области брйологии, лауреат Государственной премии Республики Коми в области науки, ведущий научный сотрудник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, доктор биологических наук **Галина Виссарионовна Железнова**.

Г.В. Железнова родилась в г. Куйбышев (ныне Самара). С 1964 по 1969 гг. обучалась в Ленинградском государственном университете на кафедре биогеографии географического факультета. В 1969 г. была принята на работу в Институт биологии Коми филиала Академии наук СССР в лабораторию геоботаники и систематики растений на должность старшего лаборанта. С первых же дней Галина Виссарионовна активно включилась в биологические исследования, проводимые на территории Республики Коми под руководством к.б.н. И.Д. Кильдюшевского. Вместе с Игорем Дмитриевичем она провела очень большую и кропотливую работу по созданию научного гербария споровых растений в Институте биологии. На настоящий момент в гербарии представлена самая большая коллекция печеночников и листостебельных мхов на европейской части Северо-Востока России, насчитывающая свыше 48 тыс. образцов, из которых более 15 тыс. собраны ею лично. Исследованиями, выполненными ею за годы работы в Институте биологии, охвачена практически вся территория Республики Коми.

Г.В. Железнова внесла большой научный и практический вклад в исследования флоры мохообразных европейского Северо-Востока России. Обучаясь в заочной аспирантуре Коми филиала Академии наук СССР с 1972 по 1976 г., собрала материал для кандидатской диссертации по теме «Флора мохообразных Среднего Тимана», защита которой состоялась в 1984 г. на заседании специализированного совета при Ленинградском

государственном университете. Докторская диссертация (2000 г.) Галины Виссарионовны посвящена изучению флоры листостебельных мхов обширной территории Республики Коми. В этой научной работе автором обобщены 30-летние материалы исследования брйофлоры, показаны зональные особенности ее таксономической, географической, экологической и эколого-ценотической структур, выполнено брйофлористическое районирование территории, дана оценка современного состояния, выявлены редкие виды, составлены карты распространения видов. Особое внимание в работе Г.В. Железнова уделяет вопросам охраны редких видов растений. Сведения о 55 редких видах мхов, нуждающихся в охране, послужили основой для написания раздела «Мохообразные» Красной книги Республики Коми (1998, 2009).

Материалы исследований использованы при составлении Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды Республики Коми, создании электронного кадастра «Редкие растения Республики Коми», чтении курса лекций ботанических дисциплин Сыктывкарского государственного университета.

Полученные научные результаты создают теоретическую основу для решения проблем сохранения биоразнообразия и устойчивого функционирования экосистем в изменяющихся условиях природы, вносят вклад в решение проблемы рационального использования и возобновления природных ресурсов при антропогенном освоении территории, дают материал для выяснения истории формирования флоры региона.

Творческий потенциал Г.В. Железновой реализован в многочисленных публикациях. Она автор и соавтор 123 опубликованных работ, в том числе 17 монографий. Это закономерные результаты ее неизменного трудолюбия и высокой работоспособности.

Г.В. Железнова проводит большую научно-организационную работу. Под ее руководством защищены две кандидатские диссертации. С 2001 г. является членом диссертационного совета Института биологии Коми НЦ УрО РАН по

защитам кандидатских и докторских диссертаций, с 2003 г. возглавляет экспертную комиссию института, курирует работу гербария мохообразных.

Коллеги ценят Галину Виссарионовну не только как высококлассного специалиста, но и как чуткого, отзывчивого и доброго человека. Она

обладает огромным личным обаянием. С ней всегда приятно и интересно работать. Пожелаем Галине Виссарионовне доброго здоровья, неиссякаемой энергии, успехов в работе, счастья и семейного благополучия!

редколлегия

АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЕСТАФЬЕВ



17 марта 2011 г. исполнилось 70 лет лауреату Государственной премии Республики Коми в области науки, ведущему научному сотруднику лаборатории экологии наземных позвоночных отдела экологии животных Института биологии Коми НЦ УрО РАН, доктору биологических наук **Алексее Александровичу Естафьеву**.

Более половины прожитых лет Алексей Александрович отдал бескорыстному служению науке, придя в институт в 1965 г. после службы в армии. С тех пор им пройден плодотворный научный путь, посвященный фаунистике, систематике, зоогеографии, экологии и охране птиц Европейского Севера. Из аспиранта-зоолога в стенах Института биологии Алексей Александрович вырос в крупного ученого.

А.А.Естафьев внес значительный вклад в науку: на протяжении более 45 лет им исследована фауна и население птиц на большей части таежной и тундровой зонах Европейского Севера от Уральских гор до Финляндии и Швеции. Опубликовано свыше 200 работ, в том числе 22 монографических работ, из них 12 – научных и 10 научно-информационных. Его труды известны не только зоологам в нашей стране, но и далеко за ее пределами. По материалам многолетних исследований в 1978 г. была успешно защищена кандидатская диссертация в Объединенном научном совете Ленинградского университета и Зоологического института СССР, посвященная изучению птиц таежной зоны Европейского Севера, которая стала первой крупной фаунистической сводкой столь слабо изученного тогда региона. Этот научный труд стал основой как для его последующей творческой деятельности, так и отправной точкой для многих других исследователей. В результате дальнейших целенаправленных исследований, выполненных на обширной и во многом уникальной территории, в 1999 г. ученый блестяще защитил докторскую диссертацию в Зоологическом институте РАН. Его работа стала, по существу, первым обобщением оригинальных и ранее опубликованных сведений по фауне и населению птиц равнин и горных систем европейского Северо-Востока России. Как крупное на-

учное исследование, явившееся результатом глубокого и всестороннего анализа огромного материала и обобщений на его основе, имеющее не только теоретическое, но и практическое значение, она получила высокую оценку и признательность в орнитологических кругах. Широкий кругозор и высокая квалификация позволяют Алексею Александровичу плодотворно вести научную и общественную работу.

В 1986 г. А.А.Естафьев возглавил лабораторию зоологии (экологии животных) Института биологии Коми филиала АН СССР, которой беспрерывно руководил в течение 20 лет. В этот период он осуществлял научное руководство по фауне, экологии и охране диких животных на Северо-Востоке России, глубоко вникая в научный процесс лаборатории и стимулируя к самостоятельной творческой деятельности весь интеллектуальный потенциал коллектива.

Благодаря его организаторскому таланту, целеустремленности и трудолюбию вышла в свет многотомная «Фауна европейского Северо-Востока России». Работа над ней сплотила зоологов всего Европейского Севера. В 1999 г. этот труд удостоен Государственной премии Республики Коми в области науки. Следует отметить и высокое прикладное значение этих исследований. Алексей Александрович неоднократно назначался руководителем или членом экспертной комиссии в области охраны, оценки ущерба и рационального использования ресурсов животного мира Управления Государственной экологической экспертизы Российской Федерации и Департамента по охране окружающей среды Республики Коми. Он также участвовал в экспертизах крупных народнохозяйственных проектов Российской Федерации, Республики Коми и Ненецкого АО Архангельской области по разработке и эксплуатации месторождений нефти, газа и других полезных ископаемых, а также лесных ресурсов. Результаты его исследований использованы в ТЭО крупных народнохозяйственных объектов Российской Федерации и Республики Коми. Эколого-фаунистические исследования в регионе послужили основой ряда докладных записок и рекомендаций в государственные природоохранные учреждения, в том числе в Комитет «Коммухотресурс», по состоянию и регламентации использования охотничьих ресурсов, охране редких видов и их местообитаний. Он участвовал в создании научно-обоснованной системы особо

охраняемых природных территорий в Республике Коми и Ненецком АО Архангельской области.

В 2000-2001 гг. по Приказу Министерства образования Российской Федерации был назначен Председателем Государственной аттестационной комиссии в Сыктывкарском государственном университете.

Алексей Александрович был дважды участником ВДНХ (1977, 1984 гг.), куратором по хищным птицам на Европейском Севере, членом Научно-технического совета по природоохранным проблемам Северо-Западного округа (Санкт-Петербург), членом редакционной группы Института биологии. Состоит в Совете рабочей группы по изучению журавлей Европы (Германия) и является куратором рабочей группы по журавлям Евразии.

Алексей Александрович и сегодня полон желания передать свой научный опыт молодому поколению зоологов, являясь научным руководителем аспирантских тем. Под его научным руко-

водством защищены две кандидатские, а также он был официальным оппонентом докторских и кандидатских диссертаций.

За развитие нового научного направления «экологическая география» награжден знаком «150 лет Российскому географическому обществу», Почетной грамотой и знаком Российской Федерации «За большой вклад в развитие детского и юношеского туризма в Российской Федерации», имеет медали, дипломы, грамоты и другие поощрения за научную и общественную деятельность.

Много лет проработав на посту заведующего лабораторией экологии животных, Алексей Александрович показал непростое умение руководить коллективом, знать каждого сотрудника, ставить научные задачи и добиваться их выполнения. А в «неформальной обстановке» это очень жизнерадостный и обаятельный человек, «душа компании» и интересный рассказчик.

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, рекомендуются выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение». Отдельно прилагаются подписуемые 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.

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, ка-

ждой дается тематический заголовок, и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9-10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 рix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль – 9-10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

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 (с, 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 (Σ) 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 ВИНТИ 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". Патенто-обладатель(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. T. 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 очереди, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а, следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегия не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 7-10 дней должен вернуть ее в редакционную коллегия или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и 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;

- уравнивания, 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.

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ
Коми научного центра
Уральского отделения РАН

Вып.1(5)

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 18.03.2011.
Формат бумаги 60x84¹/₈. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 14. Уч.-изд.л. 14. Тираж 300. Заказ № 14.

Редакционно-издательский отдел
Коми научного центра УрО РАН.
167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.