Научный журнал

Основан в 2010 г. Выходит 4 раза в год

Учредитель Коми научный центр УрО РАН



#### КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

**№**1(9) 2012

#### Главный редактор:

академик А.М. Асхабов

#### Редакционная коллегия:

д.т.н. И.Н. Андронов, д.м.н. Е.Р. Бойко, д.э.н. Н.М. Большаков, к.г.-м.н. И.Н. Бурцев, к.и.н. И.О. Васкул, к.т.н. И.И. Волкова, д.б.н. В.В. Володин, д.б.н. М.В. Гецен (зам. главного редактора), д.ф.-м.н. Н.А. Громов, д.б.н. С.В. Дегтева, к.геогр.н. Т.Е. Дмитриева, д.и.н. И.Л. Жеребцов, чл.-корр. РАН А.В. Кучин, д.г.-м.н. О.Б. Котова, д.б.н. Н.В. Ладанова (отв. секретарь), чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев (зам. главного редактора), чл.-корр. РАН И.М. Рощевская, к.х.н. С.А. Рубцова, к.и.н. А.В. Самарин (помощник главного редактора), д.филол.н. Г.В. Федюнева, д.т.н. Ю.Я. Чукреев, д.б.н. Д.Н. Шмаков, акад. Н.П. Юшкин

#### Редакционный совет:

акад. В.В. Алексеев, чл.-корр. РАН В.Н. Анфилогов, чл.-корр. РАН В.И. Бердышев, акад. В.Н. Большаков, д.э.н. В.Н. Задорожный, д.э.н. В.А. Ильин, акад. В.Т. Калинников, акад. В.А. Коротеев, к.т.н. Н.А. Манов, акад. В.П. Матвеенко, акад. Г.А. Месяц, акад. Ю.С. Оводов, чл.-корр. РАН Е.В. Пименов, акад. М.П. Рощевский, чл.-корр. РАН А.Ф. Титов, акад. В.Н. Чарушин, д.т.н. Н.Д. Цхадая

Адрес редакции:

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

ISSN 1994-5655

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

### СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-MATEMATNYECKNE HAYKN
И.В. Костяков, В.В. Куратов. Калибровочные симметрии Кэли-Клейна
XNMNYECKNE HAYKN
Л.Л. Фролова, Л.В. Безуглая, А.В. Попов, А.В. Кучин, Н.В. Вендило.         Бициклические монотерпеноиды в синтезе феромонов насекомых         как экологически безопасных средств защиты растений       17         М.С. Королева, И.В. Пийр, В.Э. Грасс, В.А. Белый, Д.А. Королев, Н.В. Чежина.         Синтез и свойства хромсодержащих твердых растворов титаната висмута         со структурой типа слоистого перовскита       24
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
И.Б. Арчегова, И.А. Лиханова. Проблема биологической рекультивации и ее решение на европейском Северо-Востоке на примере Республики Коми       29         И.С. Боднарь, В.Г. Зайнуллин. Эколого-медицинская оценка заболеваемости населения Республики Коми       36         Н.В. Матистов, О.Е. Валуйских, Т.И. Ширшова. Химический состав и содержание микронутриентов в плодах морошки (Rubus chamaemorus L.)       4         на европейском Северо-Востоке России       4         А.Г. Ивонин, Е.В. Пименов, В.А. Оборин, Д.А. Девришов, С.Н. Копылов.       4         Направленный транспорт лекарственных препаратов: современное состояние вопроса и перспективы       46
ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
В.П. Лютоев. Фотоиндуцированная перезарядка примесных ионов в ультрадисперсном оксиде магния
TEXHNUECKNE HAYKN
С.О. Смирнов, М.И. Успенский. Причины возникновения и меры противодействия крупным авариям в электроэнергетических системах
ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
И.Л. Жеребцов, А.Е. Загребин, В.Э. Шарапов, А.Ю. Юрпалов. Этнографический музей и идентичность: к предыстории формирования музейных коллекций пермских народов (коми и удмуртов)
ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
Н.Д. Цхадая, И.Н. Андронов, И.Е. Задорожнюк. Идеи М.В. Ломоносова и Н.Ф. Федорова о формировании Северо-Сибирского транспортного кольца применительно к евроазиатской социодинамике и высшему образованию
XPOHNKA
NAMINAVPHIN ULVEV (HUENVEN)

### CONTENTS

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES
I.V. Kostyakov, V.V. Kuratov. Gauge Cayley-Klein symmetries
CHEMICAL SCIENCES
L.L. Frolova, L.V. Bezuglaya, A.V. Popov, A.V. Kutchin, N.V. Vendilo. Bicyclic monoterpenoids in the synthesis of insect pheromones as environmentally safe products for plant protection11 M.S. Koroleva, I.V. Piir, V.E. Grass, B.A. Beliy, D.A. Korolev, N.V. Chezhina.  Synthesis and properties of chromium-containing bismuth titanate solid solutions with the layered perovskite type structure
BIOLOGICAL SCIENCES
I.B. Archegova, I.A. Likhanova. Biological recultivation problem and its solution in the European Northeast, the Komi Republic as an example
GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES
V.P. Lutoev. Photoinduced recharge of impurity ions in ultradisperse Magnesia oxide
TECHNICAL SCIENCES
S.O. Smirnov, M.I. Uspensky. The occurrence reasons and countermeasures to power system blackouts
HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES
I.L. Zherebtsov, A.E. Zagrebin, V.E. Sharapov, A.Yu. Yurpalov. The Museum of Ethnography and identity: to the prehistory of museum collections formation of Permian peoples (Komi and Udmurts)
SOCIAL SCIENCES
N.D. Tskhadaya. I.N. Andronov, I.E. Zadorozhnyuk. Ideas of M.V.Lomonosov and N.F.Fedorov on formation of the North Siberian transport ring with reference to the EuroAsian socio-dynamics and higher education
CHRONICLE
OFFICIAL (ANNIVERSARIES)

#### **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УДК 530.24

#### КАЛИБРОВОЧНЫЕ СИММЕТРИИ КЭЛИ-КЛЕЙНА

И.В. КОСТЯКОВ, В.В. КУРАТОВ

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

Рассмотрены предельные переходы и аналитические продолжения калибровочной группы SO(3) в модели Джорджи-Глэшоу. Получен набор лагранжианов полей материи, локально инвариантных при преобразованиях группами Кэли-Клейна. Орбитами калибровочно эквивалентных полей материи при этом являются двумерные пространства постоянной кривизны Кэли-Клейна. Использована унитарная калибровка, в которой явно видна массивность некоторой части калибровочных полей без использования хиггсова потенциала и концепции спонтанного нарушения симметрии. Показано, что, если все-таки использовать спонтанное нарушение симметрии и потенциал, набор массивных полей оказывается аналогичным. Предложены лагранжианы Янга-Миллса для калибровочных полей Кэли-Клейна.

Ключевые слова: калибровочные теории, неполупростые группы, контракции, механизм Хиггса

#### I.V. KOSTYAKOV, V.V. KURATOV, GAUGE CAYLEY-KLEIN SYMMETRIES

The limit transitions and analytic continuations of the SO(3) gauge group in the Georgi-Glashow model are considered. A set of Lagrangian with Cayley-Klein symmetries was obtained. In this case, two-dimensional Cayley-Klein spaces of constant curvature are the orbits of gauge equivalent fields of matter. We used a unitary gauge, where the massiveness of some of the gauge fields is obvious without using the Higgs potential and the concept of spontaneous symmetry breaking. It is shown that if all the same to use spontaneous symmetry breaking and the potential then the set of massive fields is similar. The Yang-Mills Lagrangians for gauge Cayley-Klein fields are proposed.

Key words: gauge theories, nonsemisimple groups, contractions, Higgs mechanism

#### 1. Введение

Теории с неполупростыми калибровочными группами, являющимися симметриями пространства-времени, используются в гравитации и механике сплошных сред достаточно давно [1]. Калибровочная теория гравитации основывается на группе Пуанкаре, являющейся полупрямым произведением группы Лоренца SO(3,1) и пространственно-временных трансляций T(4) [2]. В механике сплошных сред калибровочными полями описываются дислокации, дисклинации, точечные дефекты [3]. В качестве калибровочных групп используются группы афинных преобразований  $GL(3) \otimes T(3)$ , а также полупрямое произведение группы вращений SO(3) и группы трансляций T(3),  $SO(3) \propto T(3)$ . В физике частиц нам известно лишь одно направление, где изучаются возможности неполупростых симметрий [4]. Важную роль в конформной теории поля и теории струн играет модель Наппи-Виттена, использующая центрально расширенную группу Пуанкаре [5]. В работе [6] изучаются полевые теории Черна-Саймонса с неполупростыми калибровочными группами симметрии. Особенности калибровочных полей с неполупростой группой симметрии, а также способы построения их лагранжианов изучались в статьях [7]- [9]. В работе [10] калибровочные модели с неполупростыми группами, в том числе и с группами Кэли-Клейна SO(3, j), рассматривались с использованием нильпотентных образующих. Предлагаемый подход к описанию неполупростых калибровочных моделей существенно опирается на выбор сферических координат и позволяет обеспечивать массивность калибровочным полям посредством изменения метрики в изопространстве, что оказалось эквивалентно добавлению еще одного инварианта. Идея использовать сферическую геометрию в пространстве полей материи для формулировки бозонного сектора электрослабой модели воплощена в работах [11]. Здесь же показано, что это позволяет обойтись без хиггсовского бозона. Важные аспекты калибровочных теорий в сферических координатах и интерпретация хиггсова поля как конформного пространственного-временного метрического фактора обсуждались в [12].

Цель данной работы - построение калибровочной теории с неполупростой группой симметрии. Известно, что предельные переходы или контракции [13, 14] позволяют связывать простые группы и алгебры Ли с неполупростыми. Поэтому представляется естественным использовать контракции для получения и изучения теорий с симметриями неполупростых групп. Ранее, в работе [15], мы предложили систематический метод контракции лагранжианов с калибровочной симметрией. Были получены теории с галилеевой и евклидовой калибровочными группами. Их неожиданным и привлекательным свойством оказалась массивность некоторых компонент калибровочных полей. В данной работе мы рассмотрим контракции векторной SO(3) модели Джорджи-Глэшоу (ДГ). Эта модель, в свое время, предлагалась как вариант описания электрослабого взаимодействия. Кроме того, она интересна тем, что обладает монопольными решениями. Мы рассмотрим модификацию ДГ-модели, обобщив метрику внутреннего изопространства. Записав ее в деформированных специальными параметрами  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  сферических координатах и полагая квадраты этих параметров равными  $0, \pm 1$ , получим теории с калибровочными группами Кэли-Клейна. Эти группы действуют транзитивно на соответствующих внутренних двумерных пространствах постоянной кривизны. В радиальных переменных угловые поля можно интерпретировать как координаты на этих пространствах. Далее мы рассмотрим теорему Голдстоуна и механизм Хиггса для изучаемой модели, а также построение лагранжианов для калибровочных полей Кэли-Клейна.

### 2. Модель Джорджи-Глэшоу в сферических координатах

Модель ДГ возникает из глобально SO(3) симметричного лагранжиана

$$L_0 = \left(\partial_{\mu}\vec{\phi}, \partial_{\mu}\vec{\phi}\right) - V\left((\vec{\phi}, \vec{\phi})\right) =$$

$$= (\partial_{\mu}\phi_1)^2 + (\partial_{\mu}\phi_2)^2 + (\partial_{\mu}\phi_3)^2 - V(\phi_1^2 + \phi_2^2 + \phi_3^2), \quad (1)$$

инвариантного при преобразованиях

$$\vec{\phi} \longrightarrow G\vec{\phi} = exp(\alpha_i T_i)\vec{\phi},$$
 (2)

где  $\vec{\phi}=(\phi_1,\phi_2,\phi_3)$ ,  $T_i$  – генераторы инфинитезимальных поворотов группы вращений G=SO(3)

$$T_{1} = \begin{pmatrix} \cdot & 1 & \cdot \\ -1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix},$$

$$T_{2} = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 1 \\ \cdot & -1 & \cdot \end{pmatrix},$$

$$T_{3} = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ -1 & \cdot & \cdot \end{pmatrix},$$

$$(3)$$

удовлетворяющие коммутационным соотношениям

$$[T_i, T_j] = \epsilon_{ijk} T_k. \tag{4}$$

Здесь  $\epsilon_{ijk}$  абсолютно антисимметричный единичный тензор.

Преобразования (2) во внутреннем изопространстве  $\mathbb{R}^3$  с параметрами  $\alpha_i$ , зависящими от точки пространства-времени  $x_\mu$ , называются локальными. Требование инвариантности относительно локальных или калибровочных преобразований является основным принципом современной теории взаимодействия элементарных частиц [16]—[18]

$$\vec{\phi} \longrightarrow G(x_{\mu})\vec{\phi} = exp(\alpha_i(x_{\mu})T_i)\vec{\phi}.$$
 (5)

Для инвариантности лагранжиана (1) относительно локальных преобразований необходимо изменить производную

$$\partial_{\mu} \longrightarrow D_{\mu} = \partial_{\mu} + A_{\mu},$$
 (6)

где калибровочные векторные поля  $A_\mu$  лежат в алгебре Ли so(3),  $A_\mu = A_\mu^i T_i$ . Из полей  $A_\mu^i$  и их производных  $\partial_\mu A_\nu^i$  можно построить лагранжиан калибровочных полей  $L_{YM}$  (для нашей модели мы строим его в секции 8, см. также [16]— [18]) и добавить его к исходному

$$L = \left(D_{\mu}\vec{\phi}, D_{\mu}\vec{\phi}\right) - V\left((\vec{\phi}, \vec{\phi})\right) + L_{YM} = \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{1}^{2} + \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{2}^{2} + \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{3}^{2} - V(\phi_{1}^{2} + \phi_{2}^{2} + \phi_{3}^{2}) + L_{YM}.$$
 (7)

Формула  $\left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{i}$  обозначает i-ю компоненту вектора  $D_{\mu}\vec{\phi}$ , а ее квадрат понимается как суммирование по пространственно-временным индексам  $\mu$ 

$$\left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{i}^{2} = \left(D_{0}\vec{\phi}\right)_{i}^{2} - \left(D_{1}\vec{\phi}\right)_{i}^{2} - \left(D_{2}\vec{\phi}\right)_{i}^{2} - \left(D_{3}\vec{\phi}\right)_{i}^{2}.$$

Закон преобразования калибровочных полей  $A_{\mu}$  при локальных преобразованиях полей материи  $\vec{\phi}$  (5)

$$A'_{\mu} = GA_{\mu}G^{-1} + G\partial_{\mu}G^{-1}.$$
 (8)

Нам понадобятся выражения (1),(7) в сферических координатах. Представим вектор  $\vec{\phi}$  в виде  $\rho \vec{n}(\theta,\varphi)$ , где  $\rho = \sqrt{\phi_1^2 + \phi_2^2 + \phi_3^2}$  есть радиус сферы, а единичный вектор  $\vec{n}(\theta,\varphi)$  на поверхности сферы может быть записан в терминах вращений  $\Omega \in SO(3)$  следующим образом:  $\vec{n}(\theta,\varphi) = \Omega \vec{e}_1$ , где  $\vec{e}_1 = (1,0,0)$ . Тогда

$$\partial_{\mu}\vec{\phi} = \Omega \left(\partial_{\mu}\rho + \rho\Omega^{-1}\partial_{\mu}\Omega\right)\vec{e}_{1} = \Omega \left(\partial_{\mu}\rho + \rho b_{\mu}\right)\vec{e}_{1},$$
 (9)

где

$$b_{\mu} = \Omega^{-1} \partial_{\mu} \Omega = \begin{pmatrix} \cdot & b_{\mu}^{1} & b_{\mu}^{3} \\ -b_{\mu}^{1} & \cdot & b_{\mu}^{2} \\ -b_{\mu}^{3} & -b_{\mu}^{2} & \cdot \end{pmatrix}$$
(10)

лежит в алгебре Ли so(3).

В координатах  $ho, b^i_\mu$  лагранжиан (1) выглядит так

$$\begin{split} L_{0} &= \left(\partial_{\mu}\vec{\phi},\partial_{\mu}\vec{\phi}\right) - V\left((\vec{\phi},\vec{\phi})\right) = \\ &= \left(\Omega\left(\partial_{\mu}\rho + \rho b_{\mu}\right)\vec{e}_{1},\Omega\left(\partial_{\mu}\rho + \rho b_{\mu}\right)\vec{e}_{1}\right) - V(\rho^{2}) = \\ &= \left(\left(\partial_{\mu}\rho + \rho b_{\mu}\right)\vec{e}_{1},\left(\partial_{\mu}\rho + \rho b_{\mu}\right)\vec{e}_{1}\right) - V(\rho^{2}) = \\ &= \left(\partial_{\mu}\rho\right)^{2} + \rho^{2}\left(\left(b_{\mu}^{1}\right)^{2} + \left(b_{\mu}^{3}\right)^{2}\right) - V(\rho^{2}), \end{split} \tag{11}$$

причем  $\rho$  и  $b_\mu$  не меняются при глобальных вращениях (2). При локализации лагранжиана (11), учитывая (6), получаем

$$\partial_{\mu}\vec{\phi} \to D_{\mu}\vec{\phi} = \Omega \left( \partial_{\mu}\rho + \rho\Omega^{-1}(\partial_{\mu} + A_{\mu})\Omega \right) \vec{e}_{1} =$$

$$= \Omega \left( \partial_{\mu}\rho + \rho\Omega^{-1}D_{\mu}\Omega \right) \vec{e}_{1} = \Omega \left( \partial_{\mu}\rho + \rho B_{\mu} \right) \vec{e}_{1}, \quad (12)$$

где

$$B_{\mu} = \Omega^{-1} \partial_{\mu} \Omega + \Omega^{-1} A_{\mu} \Omega = \Omega^{-1} D_{\mu} \Omega. \tag{13}$$

После вычислений, аналогичных (11), лагранжиан переходит в

$$L = (\partial_{\mu}\rho)^{2} + \rho^{2} \left[ \left( B_{\mu}^{1} \right)^{2} + \left( B_{\mu}^{3} \right)^{2} \right] - V(\rho^{2}) + L_{YM}$$
 (14)

и является записью формулы (7) в радиальных переменных. Заметим, что в случае перехода к переменным, часть из которых не меняется при действии группы  $G(x_{\mu})$  (в нашем случае это  $\rho$ ), введение компенсирующих полей  $A_{\mu}$  для удлинения производной (6) при действии на эти переменные не требуется, т.е.  $D_{\mu}\rho = \partial_{\mu}\rho$ . Поля  $B_{\mu}$  остаются инвариантными  $B'_{\mu} = B_{\mu}$ , поскольку они состоят из калибровочных полей  $A_{\mu}$ , преобразующихся по закону (8) и полей материи  $\Omega(\theta, \phi)$ , принимающих значение в группе SO(3) и преобразующихся как  $\Omega' = G\Omega$ . Преобразования калибровочных полей и полей материи компенсируют друг друга. Выражение (13) использовалось в [19] в контексте получения массивных теорий Янга-Миллса при нелинейной реализации калибровочной группы.

Мы обобщаем (11) с помощью функции  $F(\rho)$  с сохранением глобальной вращательной симметрии и будем рассматривать лагранжиан

$$L = (\partial_{\mu}\rho)^{2} + F(\rho)\rho^{2} \left[ (b_{\mu}^{1})^{2} + (b_{\mu}^{3})^{2} \right] - V(\rho^{2}).$$
 (15)

В декартовых координатах это обобщение выглядит как добавление к (1) нового слагаемого

$$L = (\partial_{\mu}\phi_{1})^{2} + (\partial_{\mu}\phi_{2})^{2} + (\partial_{\mu}\phi_{3})^{2} - V(\phi_{1}^{2} + \phi_{2}^{2} + \phi_{3}^{2}) + (\mathcal{F} - 1) \left[ (\phi_{2}\partial_{\mu}\phi_{1} - \phi_{1}\partial_{\mu}\phi_{2})^{2} + (\phi_{2}\partial_{\mu}\phi_{3} - \phi_{3}\partial_{\mu}\phi_{2})^{2} + (\phi_{3}\partial_{\mu}\phi_{1} - \phi_{1}\partial_{\mu}\phi_{3})^{2} \right] = L_{0} + f(\rho)L_{\sigma}.$$
(16)

Функции  $F(\rho)$  и  $\mathcal{F}(\rho)$  связаны равенством  $(F-1)\rho^{-2}=\mathcal{F}-1$ . Интересно отметить, что выражение в квадратных скобках пропорционально лагранжиану нелинейной  $\sigma$ -модели [16]—[17]

$$L_{\sigma} = \left(\partial_{\mu}\vec{\phi}, \partial_{\mu}\vec{\phi}\right), \qquad \left(\vec{\phi}, \vec{\phi}\right) = 1.$$
 (17)

То же выражение можно интерпретировать и как инвариант, связанный с углом  $\mathrm{d}\alpha$ , между векторами  $(\phi_1,\phi_2,\phi_3)$  и  $(\phi_1+\mathrm{d}\phi_1,\phi_2+\mathrm{d}\phi_2,\phi_3+\mathrm{d}\phi_3)$ :

$$d\alpha^{2} = \left[ (\phi_{1}d\phi_{2} - \phi_{2}d\phi_{1})^{2} + (\phi_{2}d\phi_{3} - \phi_{3}d\phi_{2})^{2} + (\phi_{3}d\phi_{1} - \phi_{1}d\phi_{3})^{2} \right] \left[ \phi_{1}^{2} + \phi_{2}^{2} + \phi_{3}^{2} \right]^{-2}.$$
 (18)

Еще одна возможная интерпретация связана с объемом, построенным на векторах  $(\phi_1,\phi_2,\phi_3)$ ,  $(\phi_1+\phi_2,\phi_3)$ 

 $\mathrm{d}\phi_1,\phi_2+\mathrm{d}\phi_2,\phi_3+\mathrm{d}\phi_3)$  и их векторном произведении, который, как нетрудно убедиться, также является инвариантом относительно действия группы SO(3)

$$dV = \begin{vmatrix} \phi_1 & \phi_1 + d\phi_1 & \phi_2 d\phi_3 - \phi_3 d\phi_2 \\ \phi_2 & \phi_2 + d\phi_2 & \phi_3 d\phi_1 - \phi_1 d\phi_3 \\ \phi_3 & \phi_3 + d\phi_3 & \phi_1 d\phi_2 - \phi_2 d\phi_1 \end{vmatrix}.$$
 (19)

Таким образом, лагранжиан (16) есть сумма двух инвариантов, один из которых связан с квадратом длины (1), а второй — с углом (18) или объемом (19). Несколько инвариантов использовал в своих работах при построении многомерных теорий поля в полуримановых пространствах Р.И.Пименов [20]—[22]. Аналогичное обобщение локальных лагранжианов (7),(14) имеет вид в радиальных координатах

$$L = (\partial_{\mu}\rho)^{2} + F(\rho)\rho^{2} \left[ \left( B_{\mu}^{1} \right)^{2} + \left( B_{\mu}^{3} \right)^{2} \right] + L_{YM}, \quad (20)$$

и в декартовых координатах

$$L = \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{1}^{2} + \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{2}^{2} + \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{3}^{2} - V(\phi_{1}^{2} + \phi_{2}^{2} + \phi_{3}^{2}) + \left(\mathcal{F} - 1\right) \left[ \left(\phi_{2}(D_{\mu}\vec{\phi})_{1} - \phi_{1}(D_{\mu}\vec{\phi})_{2}\right)^{2} + \left(\phi_{2}(D_{\mu}\vec{\phi})_{3} - \phi_{3}(D_{\mu}\vec{\phi})_{2}\right)^{2} + \left(\phi_{3}(D_{\mu}\vec{\phi})_{1} - \phi_{1}(D_{\mu}\vec{\phi})_{3}\right)^{2} \right]. \tag{21}$$

Уже в (20) видно, что выбор  $F(\rho)\rho^2=M^2+f(\rho)$  дает массивные члены калибровочных полей. Введение дополнительной функции  $F(\rho)$  в случае SO(3) выглядит избыточным, но для нашей цели получения лагранжианов с симметриями  $SO(3,\varepsilon_1,\varepsilon_2)$  эта функция необходима.

#### 3. Группы Кэли-Клейна и контракции

Напомним кратко, как можно описать все двумерные пространства Кэли-Клейна и их группы движения с помощью контракций группы SO(3) в трехмерном, фундаментальном представлении. Двумерными пространствами Кэли-Клейна мы будем называть поверхности, задаваемые уравнениями

$$x^{2} + \varepsilon_{1}^{2}y^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}z^{2} = \text{const},$$
 (22)

где параметры  $\varepsilon_1^2, \varepsilon_2^2$  принимают значения  $0, \pm 1.$  Группами Кэли-Клейна называются группы изометрий этих пространств, сохраняющие соответствующую метрику

$$ds^{2} = dx^{2} + \varepsilon_{1}^{2}dy^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}dz^{2}.$$
 (23)

Контракция — это сингулярная операция над группой или алгеброй Ли, приводящая к изменению закона умножения в группе и обнулению части структурных констант в соответствующей алгебре [23]. В нашем случае это соответствует значению параметров  $\varepsilon_k^2=0$ . При  $\varepsilon_k^2=-1$ , т.е.  $\varepsilon_k=i$ , будем иметь аналитическое продолжение.

Один из методов описания возможных контракций и аналитических продолжений группы SO(3) состоит во введении параметров  $\varepsilon_1^2, \varepsilon_2^2$  в групповую

матрицу следующим специальным способом [14]

$$G(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) = \exp\left(\alpha_{i} T_{i}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})\right) =$$

$$= \exp\left(\begin{array}{ccc} \cdot & \varepsilon_{1}^{2} \alpha_{1} & \varepsilon_{1}^{2} \varepsilon_{2}^{2} \alpha_{3} \\ -\alpha_{1} & \cdot & \varepsilon_{2}^{2} \alpha_{2} \\ -\alpha_{3} & -\alpha_{2} & \cdot \end{array}\right). \quad (24)$$

Возникающие при этом группы оказываются группами Кэли-Клейна  $SO(3,\varepsilon_1,\varepsilon_2)$  с соотношениями ортогональности, деформированными параметрами  $(\varepsilon_1,\varepsilon_2)$ 

$$G^{t}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})I(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})G(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) = I(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}),$$
 (25)

сохраняющими следующую квадратичную форму

$$\rho^2(\varepsilon_1,\varepsilon_2) = \phi_1^2 + \varepsilon_1^2 \phi_2^2 + \varepsilon_1^2 \varepsilon_2^2 \phi_3^2 = \left(\vec{\phi}, I(\varepsilon_1,\varepsilon_2)\vec{\phi}\right). \tag{26}$$

Здесь

$$I(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \begin{pmatrix} 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \varepsilon_1^2 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \varepsilon_1^2 \varepsilon_2^2 \end{pmatrix}.$$
 (27)

Генераторы групп Кэли-Клейна  $T_i(arepsilon_1, arepsilon_2)$  имеют вид

$$T_{1}(\varepsilon_{1}) = \begin{pmatrix} \cdot & \varepsilon_{1}^{2} & \cdot \\ -1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix},$$

$$T_{2}(\varepsilon_{2}) = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \varepsilon_{2}^{2} \\ \cdot & -1 & \cdot \end{pmatrix},$$

$$T_{3}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \varepsilon_{1}^{2} \varepsilon_{2}^{2} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ -1 & \cdot & \cdot \end{pmatrix}$$
(28)

и удовлетворяют коммутационным соотношениям

$$[T_1(\varepsilon_1), T_2(\varepsilon_2)] = T_3(\varepsilon_1, \varepsilon_2),$$

$$[T_2(\varepsilon_2), T_3(\varepsilon_1, \varepsilon_2)] = \varepsilon_2^2 T_1(\varepsilon_1),$$

$$[T_3(\varepsilon_1, \varepsilon_2), T_1(\varepsilon_1)] = \varepsilon_1^2 T_2(\varepsilon_2),$$
(29)

или

$$[T_i(\varepsilon_1, \varepsilon_2), T_j(\varepsilon_1, \varepsilon_2)] = \epsilon_{ijk}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) T_k(\varepsilon_1, \varepsilon_2), \quad (30)$$

где  $\epsilon_{123}=-\epsilon_{213}=1$ ,  $\epsilon_{312}=-\epsilon_{132}=\varepsilon_1^2$ ,  $\epsilon_{231}=-\epsilon_{321}=\varepsilon_2^2$ , а остальные равны нулю.

В алгебре Ли, где принимает значение векторное поле  $b_\mu$ , параметры вводятся аналогично

$$b_{\mu}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) = \Omega^{-1}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) \partial_{\mu} \Omega(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) =$$

$$= \begin{pmatrix} \cdot & \varepsilon_{1}^{2} b_{\mu}^{1} & \varepsilon_{1}^{2} \varepsilon_{2}^{2} b_{\mu}^{3} \\ -b_{\mu}^{1} & \cdot & \varepsilon_{2}^{2} b_{\mu}^{2} \\ -b_{\mu}^{3} & -b_{\mu}^{2} & \cdot \end{pmatrix} . \quad (31)$$

Поля  $\phi_i$  и их производные  $\partial_\mu\phi_i$  выражаются через поля  $\rho(\varepsilon_1,\varepsilon_2)$  и  $b_\mu(\varepsilon_1,\varepsilon_2)$  следующим образом

$$\vec{\phi} = \rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \Omega(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \vec{e}_1,$$

$$\partial_{\mu} \vec{\phi} = \Omega(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \left( \partial_{\mu} \rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2) + \rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2) b_{\mu}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \right) \vec{e}_1.$$
 (32)

Поля  $\rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  и  $b_{\mu}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  не изменяются под действием группы Кэли-Клейна, что является очень удобным при анализе контракций.

#### 4. Глобальные $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ модели

Рассмотрим сначала контракции и аналитические продолжения в глобальном случае, а затем займемся их локализацией. Чтобы сконструировать лагранжианы, глобально инвариантные относительно преобразований из группы Кэли-Клейна  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ , перейдем от переменных  $\phi_i$  и их производных  $\partial_\mu \phi_i$  к переменным  $\rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  и  $b_\mu(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  по формулам (32). Подставив эти замены в (1), получаем

$$L = (\partial_{\mu}\rho(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}))^{2} - V(\rho(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})) +$$

$$+ \rho^{2}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})\varepsilon_{1}^{2} \left[\varepsilon_{2}^{2} \left(b_{\mu}^{3}\right)^{2} + \left(b_{\mu}^{1}\right)^{2}\right]. \quad (33)$$

Нетрудно непосредственной проверкой убедиться, что  $\left[ \varepsilon_2^2 \left( b_\mu^3 \right)^2 + \left( b_\mu^1 \right)^2 \right]$  является инвариантом на орбитах действия группы  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ . Очевидно, что  $\rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  и  $(\partial_\mu \rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2))^2$  также являются инвариантами относительно действия этой группы. Тогда можно сконструировать следующий  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$  инвариантный лагранжиан

$$L = (\partial_{\mu}\rho(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}))^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\rho^{2}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) \left[\varepsilon_{2}^{2} \left(b_{\mu}^{3}\right)^{2} + \left(b_{\mu}^{1}\right)^{2}\right] + \left(F(\rho(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})) - 1\right)\rho^{2}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) \left[\varepsilon_{2}^{2} \left(b_{\mu}^{3}\right)^{2} + \left(b_{\mu}^{1}\right)^{2}\right] - V(\rho(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})).$$
(34)

Этот же лагранжиан в декартовых координатах

$$L = (\partial_{\mu}\phi_{1})^{2} + (\varepsilon_{1}\partial_{\mu}\phi_{2})^{2} + (\varepsilon_{1}\varepsilon_{2}\partial_{\mu}\phi_{3})^{2} - V(\phi_{1}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\phi_{2}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}\phi_{3}^{2}) + \left[\mathcal{F}(\phi_{1}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\phi_{2}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}\phi_{3}^{2}) - 1\right] \times \left[ (\phi_{2}\partial_{\mu}\phi_{1} - \phi_{1}\partial_{\mu}\phi_{2})^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}(\phi_{2}\partial_{\mu}\phi_{3} - \phi_{3}\partial_{\mu}\phi_{2})^{2} + \varepsilon_{2}^{2}(\phi_{3}\partial_{\mu}\phi_{1} - \phi_{1}\partial_{\mu}\phi_{3})^{2}\right].$$
(35)

Лагранжианы (34)–(35) описывают набор моделей с глобальной инвариантностью относительно групп Кэли-Клейна.

#### 5. Теорема Голдстоуна

В реалистичных моделях потенциал  $V(\phi)$ , инвариантный относительно глобальных преобразований симметрии группы G, выбирается специальным способом для обеспечения ненулевых вакуумных конфигураций поля. При этом группа симметрии вакуумных конфигураций H является подгруппой группы G. В этом случае выполняется теорема Голдстоуна, которая гарантирует появление безмассовых частиц при спонтанном нарушении симметрии  $G \to H$  при выборе конкретного вакуума [16]—[17]. Покажем, что в случае  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$  симметрии появляется одно массивное поле и два безмассовых. Выберем в (35) потенциал V в виде

$$V = \frac{\lambda}{2} \left( \phi_1^2 + \varepsilon_1^2 \phi_2^2 + \varepsilon_1^2 \varepsilon_2^2 \phi_3^2 - \frac{m^2}{\lambda} \right)^2.$$
 (36)

Потенциал (36) имеет минимум при

$$\phi_1^2 + \varepsilon_1^2 \phi_2^2 + \varepsilon_1^2 \varepsilon_2^2 \phi_3^2 = \frac{m}{\sqrt{\lambda}}.$$
 (37)

Таким образом, множество всех возможных вакуумных состояний - это поверхности Кэли-Клейна (37). В качестве вакуума выберем

$$\phi_1 = \frac{m}{\sqrt{\lambda}}, \qquad \phi_2 = \phi_3 = 0.$$

Возмущения вблизи этого вакуума обозначим через

$$\phi_1 = \frac{m}{\sqrt{\lambda}} + \sigma, \quad \phi_2 = u_2, \quad \phi_3 = u_3.$$
 (38)

Подставляя (38) в (36) и оставляя только слагаемые не выше второго порядка, имеем потенциал

$$V = 2m^2 \sigma^2. (39)$$

Лагранжиан (35) становится таким

$$L = (\partial_{\mu}\sigma)^{2} + (\varepsilon_{1}\partial_{\mu}u_{2})^{2} + (\varepsilon_{1}\varepsilon_{2}\partial_{\mu}u_{3})^{2} - 2m^{2}\sigma^{2} + \frac{m^{2}f_{0}}{\lambda} \left( (\partial_{\mu}u_{2})^{2} + \varepsilon_{2}^{2} (\partial_{\mu}u_{3})^{2} \right), \quad (40)$$

где через  $f_0$  мы обозначили первый не зависящий от полей член в разложении функции  $\mathcal{F}-1$ . Поле  $\sigma$  приобретает массу, тогда как поля  $u_2$ ,  $u_3$  остаются безмассовыми, но их кинетические слагаемые испытывают конечную «перенормировку». При разных значениях  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  вакуумный вектор инвариантен относительно подгруппы  $SO(2, \varepsilon_2)$  группы  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ . Алгебра Ли  $so(2, \varepsilon_2)$  задается генератором  $T_2(\varepsilon_2)$  и представляет собой либо вращения, либо псевдовращения, либо галилеевские бусты при  $\varepsilon_2^2 = 1, -1, 0$  соответственно.

#### 6. Локальные $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ инвариантные модели

Обобщим формулы (6),(13) на случай действия группы  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ . Вставляя  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  в матрицы  $\Omega$  и  $A_{\mu}$  и производя замены

$$B_{\mu} \longrightarrow B_{\mu}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) = \Omega^{-1}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})\partial_{\mu}\Omega(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) +$$

$$+ \Omega^{-1}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})A_{\mu}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})\Omega(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) =$$

$$= \begin{pmatrix} \cdot & \varepsilon_{1}^{2}B_{\mu}^{1} & \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}B_{\mu}^{3} \\ -B_{\mu}^{1} & \cdot & \varepsilon_{2}^{2}B_{\mu}^{2} \\ -B_{\mu}^{3} & -B_{\mu}^{2} & \cdot \end{pmatrix},$$

$$A_{\mu} = A_{\mu}^{i} T_{i} \longrightarrow A_{\mu}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) = A_{\mu}^{i} T_{i}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}),$$

$$D_{\mu} = \partial_{\mu} + A_{\mu} \longrightarrow D_{\mu}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) = \partial_{\mu} + A_{\mu}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2})$$
(41)

в лагранжианах (34),(35) и добавив лагранжиан калибровочных полей  $L_{YM}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ , имеем в радиальных координатах

$$\begin{split} L &= \left(\partial_{\mu}\rho(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})\right)^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\rho^{2}(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})\left[\left(B_{\mu}^{1}\right)^{2} + \varepsilon_{2}^{2}\left(B_{\mu}^{3}\right)^{2}\right] - \\ &- V(\rho(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})) + L_{YM}(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2}) + \\ &+ \left(F(\rho(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})) - 1\right)\rho^{2}(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})\left[\left(B_{\mu}^{1}\right)^{2} + \varepsilon_{2}^{2}\left(B_{\mu}^{3}\right)^{2}\right] = \\ &= \left(\partial_{\mu}\rho(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})\right)^{2} + \rho^{2}(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2}) \times \\ &\times \left(\varepsilon_{1}^{2} + F(\rho(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})) - 1\right)\left[\left(B_{\mu}^{1}\right)^{2} + \varepsilon_{2}^{2}\left(B_{\mu}^{3}\right)^{2}\right] - \\ &- V(\rho(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})) + L_{YM}(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2}) \end{split} \tag{42}$$

и в декартовых

$$L = (D_{\mu}\vec{\phi})_{1}^{2} + (\varepsilon_{1}D_{\mu}\vec{\phi})_{2}^{2} + (\varepsilon_{1}\varepsilon_{2}D_{\mu}\vec{\phi})_{3}^{2} - V(\phi_{1}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\phi_{2}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}\phi_{3}^{2}) + \left[\mathcal{F}(\phi_{1}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\phi_{2}^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}\phi_{3}^{2}) - 1\right] \times \left[\left(\phi_{2}(D_{\mu}\vec{\phi})_{1} - \phi_{1}(D_{\mu}\vec{\phi})_{2}\right)^{2} + \varepsilon_{1}^{2}\varepsilon_{2}^{2}\left(\phi_{2}(D_{\mu}\vec{\phi})_{3} - \phi_{3}(D_{\mu}\vec{\phi})_{2}\right)^{2} + \varepsilon_{2}^{2}\left(\phi_{3}(D_{\mu}\vec{\phi})_{1} - \phi_{1}(D_{\mu}\vec{\phi})_{3}\right)^{2}\right] + L_{YM}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}).$$
(43)

Калибровочные преобразования в декартовых координатах выглядят так

$$\vec{\phi}' = G(\varepsilon_1, \varepsilon_2)(x_\mu)\vec{\phi},$$

$$A'_{\mu}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = G(\varepsilon_1, \varepsilon_2)(x_\mu)\partial_{\mu}G^{-1}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)(x_\mu) +$$

$$+G(\varepsilon_1, \varepsilon_2)(x_\mu)A_{\mu}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)G^{-1}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)(x_\mu). \tag{44}$$

Набор моделей (42),(43) будем называть моделями с калибровочными симметриями Кэли-Клейна. Поля  $\rho(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  и  $B_{\mu}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  инвариантны при калибровочных преобразованиях так же, как  $\rho$  и  $B_{\mu}$ .

Рассмотрим подробно разные варианты значений  $\varepsilon_1, \varepsilon_2.$  При  $\varepsilon_1^2 = 0$ ,  $\varepsilon_2^2 = 1$ ,  $\rho(0,1) = \phi_1$  имеем вместо (42)

$$L = (\partial_{\mu}\phi_{1})^{2} - V(\phi_{1}) +$$

$$+ (F(\phi_{1}) - 1)\phi_{1}^{2} \left[ \left( B_{\mu}^{1} \right)^{2} + \left( B_{\mu}^{3} \right)^{2} \right] + L_{YM}(0, 1).$$
 (45)

При выборе  $F(\phi_1)=1+M_B^2/\phi_1^2+f(\phi_1)$  появляются два массивных калибровочных поля  $B_\mu^1$  и  $B_\mu^3$  с массой  $M_B$  и одно калибровочное поле  $B^2_\mu$  остается безмассовым. Число степеней свободы в (45) должно быть равно девяти, так как у нас было три поля материи  $\phi_i$  (по одной степени свободы на каждое поле), и три безмассовых калибровочных поля  $A^i_\mu$  (по две степени свободы на каждое). В (45) одна степень приходится на поле материи  $\phi_1$ , шесть – на два массивных калибровочных поля  $B_{\mu}^1$  и  $B_{\mu}^3$  и две степени – на безмассовое калибровочное поле  $B_{\mu}^2$ . Отметим, что при выборе  $\varepsilon_2^2=-1$ , поле  $B_\mu^3$  имело бы мнимую массу. При  $\varepsilon_1^2=1,\,\varepsilon_2^2=0$  (42) принимает вид

При 
$$arepsilon_1^2=1$$
,  $arepsilon_2^2=0$  (42) принимает вид

$$L = \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{1}^{2} + \left(D_{\mu}\vec{\phi}\right)_{2}^{2} - V(\phi_{1}^{2} + \phi_{2}^{2}) + L_{YM}(1,0) + \left(F(\phi_{1}^{2} + \phi_{2}^{2}) - 1\right)\left(\phi_{1}^{2} + \phi_{2}^{2}\right)\left(B_{\mu}^{1}\right)^{2}.$$
(46)

При выборе  $F(\phi_1^2+\phi_2^2)=1+M_B^2/(\phi_1^2+\phi_2^2)+f(\phi_1^2+\phi_2^2)$  имеем одно массивное калибровочное поле  $B_\mu^1$  с массой  $M_B$  и два безмассовых калибровочных поля. В этом случае со степенями свободы также все в порядке, если заметить, что в лагранжиан (46) входит только комбинация  $\phi_1^2 + \phi_2^2 = \rho^2(1,0)$  и степеней свободы, таким образом, всего восемь. При  $\varepsilon_1^2=0,\,\varepsilon_2^2=0$  имеем

При 
$$\varepsilon_1^2 = 0$$
,  $\varepsilon_2^2 = 0$  имеем

$$L = (\partial_{\mu}\phi_{1})^{2} - V(\phi_{1}) +$$

$$+ (F(\phi_{1}) - 1) \phi_{1}^{2} (B_{\mu}^{1})^{2} + L_{YM}(0, 0).$$
 (47)

При выборе  $F(\phi_1)=1+M_B^2/\phi_1^2+f(\phi_1)$  также получается одно массивное калибровочное поле  $B_\mu^1$  с массой  $M_B$  и два безмассовых. В этом случае требуется более аккуратный подсчет степеней свободы. После приравнивания к нулю  $\varepsilon_i$ , в лагранжиане (43) имеем: два поля материи (две степени свободы) и три безмассовых калибровочных поля  $(3\times 2=6$  степеней свободы). В (47) получаем одно поле материи (одна степень свободы), одно массивное калибровочное (три степени свободы) и два безмассовых калибровочное (три степени свободы). Отметим, что в случаях (46),(47) контракция уменьшает первоначальное число степеней свободы на единицу.

Таким образом, специальный выбор функции  ${\cal F}$  позволяет делать калибровочные поля массивными.

#### 7. Механизм Хиггса

В случае локальной симметрии безмассовые голдстоуновские частицы, взаимодействуя с калибровочными полями, придают им массу [16]—[18]. Посмотрим, как работает механизм Хиггса в случае лагранжиана (43) с потенциалом (36). Выберем вакуум в виде

$$\vec{\phi}_0 = \left(\frac{m}{\sqrt{\lambda}}, 0, 0\right). \tag{48}$$

С помощью калибровочной группы  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$  можно перевести вектор  $(\phi,0,0)$  в любой произвольный вектор  $(\phi_1,\phi_2,\phi_3)$ . Это будет означать выбор калибровки

$$\phi_1 = \phi, \quad \phi_2 = 0, \quad \phi_3 = 0,$$
 (49)

в которой лагранжиан (43) выглядит

$$L = (\partial_{\mu}\phi)^{2} - V(\phi) + L_{YM}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) + \left(\varepsilon_{1}^{2} + F(\phi^{2}) - 1\right)\phi^{2}\left[(A_{\mu}^{1})^{2} + \varepsilon_{2}^{2}(A_{\mu}^{3})^{2}\right].$$
 (50)

При малых отклонениях от вакуума  $\phi=\frac{m}{\sqrt{\lambda}}+u$ , полагая, что  $F(\phi^2)-1=f_0+\sum f_k u^k$  и оставляя в лагранжиане только слагаемые второго порядка, имеем

$$L = (\partial_{\mu}u)^{2} - 2m^{2}u^{2} + L_{YM}(\varepsilon_{1}, \varepsilon_{2}) + \frac{m^{2}}{\lambda} \left(\varepsilon_{1}^{2} + f_{0}\right) \left[ (A_{\mu}^{1})^{2} + \varepsilon_{2}^{2} (A_{\mu}^{3})^{2} \right].$$
 (51)

Сравнивая выражения (51) и предпоследнюю строчку (42) видим аналогичность набора массивных компонент калибровочных полей. Оставшаяся компонента хиггсова изоскаляра u оказывается массивной, а из (50) видно, что она взаимодействует с калибровочными полями в слагаемых порядка выше второго.

#### 8. Лагранжиан полей Янга-Миллса

Лагранжиан калибровочных полей Янга-Миллса в SO(3) теории обычно выбирают следующим

$$L_{YM} = -\frac{1}{4g^2} Tr F_{\mu\nu}^2 =$$

$$= -\frac{1}{4g^2} \left[ \left( F_{\mu\nu}^1 \right)^2 + \left( F_{\mu\nu}^2 \right)^2 + \left( F_{\mu\nu}^3 \right)^2 \right], \quad (52)$$

здесь  $F_{\mu\nu}=[\partial_{\mu}+A_{\mu},\partial_{\nu}+A_{\nu}]$  – тензор напряженности полей Янга-Миллса. Поскольку форма Киллинга, используемая для построения (52), в случае алгебр Кэли-Клейна вырождена, будем искать  $L_{YM}(\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})$  для  $SO(3,\varepsilon_{1},\varepsilon_{2})$  в следующем виде

$$L_{YM}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = C_{ab} F_{\mu\nu}^a(\varepsilon_1, \varepsilon_2) F_{\mu\nu}^b(\varepsilon_1, \varepsilon_2), \tag{53}$$

где  $F_{\mu\nu}(\varepsilon_1,\varepsilon_2)=[\partial_\mu+A_\mu(\varepsilon_1,\varepsilon_2),\partial_\nu+A_\nu(\varepsilon_1,\varepsilon_2)].$  Константы  $C_{ab}$  находим из условия калибровочной инвариантности лагранжиана (53). Преобразования тензора  $F_{\mu\nu}(\varepsilon_1,\varepsilon_2)$  следующие

$$F'_{\mu\nu}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = G(\varepsilon_1, \varepsilon_2) F_{\mu\nu}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) G^{-1}(\varepsilon_1, \varepsilon_2).$$

При инфинитезимальных преобразованиях  $G(\varepsilon_1,\varepsilon_2)\approx \mathrm{I}+\alpha_iT_i(\varepsilon_1,\varepsilon_2),\ \alpha_i\ll 1$  это соотношение принимает вид

$$F_{\mu\nu}^{\prime i} = F_{\mu\nu}^{i} + \epsilon_{ijk}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \alpha_j F_{\mu\nu}^{k}. \tag{54}$$

Анализ уравнений (53),(54) дает следующие решения при разных комбинациях параметров  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ . Для случая  $\varepsilon_1^2=0, \, \varepsilon_2^2=0$  лагранжиан выглядит

$$L_{YM}(0,0) = \begin{cases} C_{11} \left( F_{\mu\nu}^{1} \right)^{2} + C_{22} \left( F_{\mu\nu}^{2} \right)^{2}, \ F_{\mu\nu}^{1,2} \neq 0; \\ C_{33} \left( F_{\mu\nu}^{3} \right)^{2}, \qquad F_{\mu\nu}^{1,2} = 0. \end{cases}$$
(55)

Для случая  $\varepsilon_1^2=0,\, \varepsilon_2^2=1$ 

$$L_{YM}(0,1) = \begin{cases} C_{22} \left( F_{\mu\nu}^2 \right)^2, & F_{\mu\nu}^2 \neq 0; \\ C \left[ \left( F_{\mu\nu}^1 \right)^2 + \left( F_{\mu\nu}^3 \right)^2 \right], & F_{\mu\nu}^2 = 0. \end{cases}$$
 (56)

Для случая  $\varepsilon_1^2 = 1$ ,  $\varepsilon_2^2 = 0$ 

$$L_{YM}(1,0) = \begin{cases} C_{11} \left( F_{\mu\nu}^{1} \right)^{2}, & F_{\mu\nu}^{1} \neq 0; \\ C \left[ \left( F_{\mu\nu}^{2} \right)^{2} + \left( F_{\mu\nu}^{3} \right)^{2} \right], & F_{\mu\nu}^{1} = 0. \end{cases}$$
 (57)

Отметим еще возможность строить лагранжиан полей Янга-Миллса из полей  $B_{\mu}(\varepsilon_1,\varepsilon_2)$ , которые не преобразуются при калибровочных преобразованиях. Тогда с точки зрения калибровочной инвариантности нет никаких ограничений.

#### 9. Выводы

Предложен способ получения теорий с неполупростой калибровочной группой. Получена серия лагранжианов как с глобальной, так и с локальной изотопической инвариантностью относительно преобразований в двумерных пространствах Кэли-Клейна. Найдены лагранжианы калибровочных полей для этого случая. При записи в унитарной калибровке массивность калибровочных полей при подходящем выборе функции  $F(\rho)$  очевидна. Проиллюстрирована теорема Голдстоуна для случая глобальной симметрии  $SO(3, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ . Для случая локальной симметрии рассмотрено действие механизма Хиггса, которое оказывается схожим со случаем обычной SO(3) теории.

В отличие от случая с простой калибровочной группой, описанные теории с неполупростыми группами  $SO(3,\varepsilon_1,\varepsilon_2)$  допускают как изначальную массивность калибровочных полей за счет выбора  $F(\rho)$  в (42), так и приобретенную посредством механизма

Хиггса. Интересным является тот факт, что оба варианта дают одинаковый набор массивных калибровочных полей, т.е. «ненужный», в связи с изначальной массивностью, механизм Хиггса, тем не менее, работает с тем же результатом.

В работе [10], используя несколько иной подход, был получен тот же набор массивных и безмассовых калибровочных полей.

Работа поддержана программой «Фундаментальные проблемы нелинейной динамики» Президиума РАН.

#### Литература

- 1. Иваненко Д.Д., Пронин П.И., Сарданашвили Г.А. Калибровочная теория гравитации. М.: МГУ, 1985. Andrade V.C., Guillen L.C.T. and Pereira J.G. Teleparallel gravity: an overview // arXiv:gr-qc/0011087.
- 2. Blagojevic M. Gravitation and gauge symmetries. IoP, 2002.
- 3. *Кадич А., Эделен Д.* Калибровочная теория дислокаций и дисклинаций. М.: Мир, 1987.
- 4. Sogami I.S. A non-semisimple hidden symmetry for flavor physics // Progress of Theoretical Physics. 2005. Vol. 114. № 4. P. 873–887.
- 5. Nappi C.R. and Witten E. Wess-Zumino-Witten model based on a non-semisimple group // Physical Review Letters. 1993. Vol. 71. P. 3751-3753.
- 6. Ferrari F. Chern-Simons field theories with nonsemisimple gauge group of symmetry // Journal of Mathematical Physics. 2003. Vol. 44. P. 138– 145
- 7. Demichev A.P. and Nelipa N.F. Methods of construction of gauge-invariant lagrangians for arbitrary Lie groups // Progress of Theoretical Physics. 1986. Vol. 76. № 3. P. 715–725.
- 8. Tseytlin A.A. On gauge theories for nonsemisimple groups // Nuclear Physics B. 1995. Vol. 450. P. 231-250.
- 9. Nuyts J. and Wu T.T. Yang-Mills theory for nonsemisimple group // Physical Review D. 2003. Vol. 67. 025014.
- 10. Громов Н.А. Калибровочные теории с калибровочными группами Кэли-Клейна SO(2;j) и SO(3;j) // Алгебра, геометрия и дифференциальные уравнения. Сыктывкар, 2007. С. 3–18. (Труды Коми НЦ УрО РАН; № 182).
- 11. Громов Н.А. Сферическое пространство позволяет обойтись без хиггсовского бозона // Сыктывкар, 2007. 20 с. (Науч. доклады/ Коми НЦ УрО РАН. Вып. 493). Gromov N.A. Higgless electroweak model due to the spherical geometry

- // Journal of Physics: Conference Series. 2008. Vol. 128. 012005.
- 12. Faddeev L.D. An alternative interpretation of the Weinberg-Salam model // ArXiv:0811.3311 [hep-th]. Chernodub M.N., Faddeev L.D. and Niemi A.J. Non-Abelian Supercurrents and de Sitter Ground State in Electroweak Theory // ArXiv:0804.1544 [hep-th]. Ilderton A., Lavelle M. and McMullan D. Symmetry breaking, conformal geometry and gauge invariance // arXiv:1002.1170 [hep-th].
- 13. *Inönü E. and Wigner E.P.* On the contraction of groups and their representations // Proceedings of the National Academy of Sciences, USA. 1953. Vol. 39. P. 510-524.
- 14. *Громов Н.А.* Контракции и аналитические продолжения классических групп. Единый подход. Сыктывкар, 1990. 220 с.
- 15. Костяков И.В., Куратов В.В. Массивные поля Янга-Миллса, трансляционные и неполупростые калибровочные симметрии // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика, механика, информатика. 2009. Вып. 10. С. 57–70; arXiv:0909.0634 [hep-th].
- 16. Поляков А.М. Калибровочные поля и струны. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 1999. 312 с.
- 17. *Пескин М., Шредер Д.* Введение в квантовую теорию поля. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 784 с.
- 18. Славнов А.А., Фаддеев Л.Д. Введение в квантовую теорию калибровочных полей. Главная редакция физико-математической литературы. М.: Изд.-во «Наука», 1978. 249 с.
- Bettinelli D., Ferrari R. and Quadri A. A Massive Yang-Mills Theory based on the Nonlinearly Realized Gauge Group // arXiv:0705.2339 [hepth].
- 20. Пименов Р.И. Основы теории темпорального универсума. Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1990. 196 с.
- 21. *Пименов Р.И*. Применение полуримановой геометрии к единой теории поля // Доклады AH СССР. 1964. Т.157. № 4. С. 795–797.
- 22. Gromov N.A. The R.I. Pimenov unified gravitation and electromagnetism field theory as semi-Riemannian geometry // Ядерная физика, 2009. Т. 72. № 5. С. 837-843; arXiv:0810.0349 [gr-gc].
- 23. Gilmor R. Lie Groups, Lie Algebras and Some of Their Applications. Dover Publications, 2006. 587 p.

Статья поступила в редакцию 15.11.2011.

#### XNMN4ECKNE HAYKN

УДК 632.936.2+547.573

### БИЦИКЛИЧЕСКИЕ МОНОТЕРПЕНОИДЫ В СИНТЕЗЕ ФЕРОМОНОВ НАСЕКОМЫХ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СРЕДСТВ ЗА-ЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Л.Л. ФРОЛОВА\*, Л.В. БЕЗУГЛАЯ\*, А.В. ПОПОВ\*, А.В. КУЧИН\*, Н.В. ВЕН-ДИЛО\*\*

\*Институт химии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
\*\*\*ФГУП Всесоюзный научно-исследовательский институт химических
средств защиты растений (ВНИИХСЗР), г. Москва
frolova-ll@chemi.komisc.ru

В лаборатории органического синтеза и химии природных соединений Института химии Коми НЦ УрО РАН проводятся работы по синтезу некоторых феромонов короедов рода *Ірѕ* и лубоедов рода *Тотісиѕ* – опасных вредителей хвойных лесов. На основе природных широко доступных α-пинена и 3-карена разработаны, а в ряде случаев запатентованы, способы получения миртенола и миртеналя, *цис*- и *транс*-вербенолов, вербенона, фелландренола-8. Совместно с ВНИИХСЗР проводятся испытания феромонных препаратов. Показано, что оба антипода *цис*-вербенола проявляют биологическую активность, поэтому исчезает необходимость синтеза энантиомерно чистого соединения. Для мониторинга сосновых лубоедов рода *Тотісиѕ* предложена четырехкомпонентная смесь на основе кислородсодержащих производных α-пинена.

Ключевые слова: феромоны, терпеноиды, синтез, короеды, сосновые лубоеды, ловушки, мониторинг, испытания, феромонный препарат Вертенол

# L.L. FROLOVA, L.V. BEZUGLAYA, A.V. POPOV, A.V. KUTCHIN, N.V. VENDILO. BICYCLIC MONOTERPENOIDS IN THE SYNTHESIS OF INSECT PHEROMONES AS ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTS FOR PLANT PROTECTION

Works on synthesis of some insect pheromones of beetles Ips and Tomicus – the most dangerous pest of coniferous forests - are carried out in the Laboratory of Organic Synthesis and Chemistry of Natural Compounds of the Institute of Chemistry, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, from the beginning of 2000. On the basis of widely available terpenes  $\alpha$ -pinene and 3-carene we developed and in some cases patented the methods for obtaining of myrtenol and myrtenal, cis- and trans-verbenol, verbenone (the parent compound for the synthesis of cis-verbenol),  $\alpha$ -fellandrenol-8. Jointly with the All-Union Scientific-Research Institute of Chemical Means for Plants Protection tests of pheromone products are carried out. It is shown that both cis-verbenol antipodes exhibit biological activity, so there is no need for the synthesis of enantiomerically pure compound. For monitoring of pine beetles Tomicus we proposed a 4-component mixture of oxygen-containing derivatives of  $\alpha$ -pinene.

Key words: pheromones, terpenoids, synthesis, bark beetle, pine beetle, traps, monitoring, Vertenol

\_\_\_\_\_

По данным ФБУ «Российский центр защиты леса», в 2012–2013 гг. в лесах многих регионов России будут развиваться негативные процессы, вызванные аномальными погодными условиями 2010 г. и пожарами 2010–2011 гг., в том числе ожидается рост численности всех групп вредителей леса: крупные очаги короеда-типографа, гравера, шестизубого короеда, сосновых лубоедов (стволовые вредители), а также хвое- и листогрызущих насекомых в насаждениях Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского и Южного Федераль-

ных округов. По состоянию на ноябрь 2011 г. общая площадь очагов вредителей леса в лесном фонде Республики Коми составляла около 7 тыс. га, что в 2,6 раза больше, чем 2010 г. Обусловлено это наличием обильной кормовой базы, благоприятными для развития стволовых вредителей погодными условиями, отсутствием санитарно-оздоровительных мероприятий. В 2012 г. специалистами филиала «Центр защиты леса Республики Коми» при ведении лесопатологического мониторинга планируется осуществление феромонного надзора в трех

лесничествах нашей республики, предположительно в Корткеросском, Сыктывдинском и Сысольском районах.

Феромоны — это биологически активные вещества, вырабатываемые и выделяемые в окружающую среду живыми организмами, и вызывающие ответную специфическую реакцию (характерны поведение или процесс развития) у воспринимающих их особей того же биологического вида [1]. Первыми серьезными сведениями о существовании феромонов у насекомых мы обязаны трудам выдающегося французского энтомолога Анри Фабра. Он заметил, что самка бабочки Saturnia pyri (ночной павлиний глаз) привлекает самца на большом расстоянии и доказал, что эта способность обусловлена «запахом», который можно передать постороннему предмету, и этот предмет начнет привлекать самца так же, как живая самка.

В настоящее время известны феромоны различного действия: половые, агрегационные, феромоны следа, тревоги, метчики территории. Первый выделенный в чистом виде феромон, для которого была установлена точная химическая структура, бомбикол - половой феромон самки тутового шелкопряда *Bombyx mori*. Это довольно простое соединение транс, цис-гексадекадиен-10,12-ол-1, но поскольку оно было доступно в очень малых количествах, то на его выделение и выяснение структуры потребовалось 20 лет [2]. Определение предельной активной концентрации чистых феромонов дает ошеломляющие результаты. Так, для бомбикола минимальная концентрация, вызывающая ответную реакцию насекомых, равна 10-12 мкг/мл, т.е. ~2500 молекул в 1 мл.

Биологическая активность феромонов связана с геометрической формой их молекул. Важное значение имеют *цис,транс*-изомерия, расстояние между функциональными группами, стереоизомерия и энантиомерия. Так, предельно действующая концентрация синтетических геометрических изо-

меров бомбикола значительно ниже: для 10-mранс,12-mранс-изомера она составляет 10 мкг/мл, для 10- $\mu$ ис,12- $\mu$ ис-изомера — 1, а для 10- $\mu$ ис,12- $\mu$ ис-изомера — 10<sup>-3</sup> мкг/мл [1]. Эффективность привлечения многих видов насекомых значительно повышается, если вместо рацемата используется энантиомер с абсолютной конфигурацией природного феромона, и зависит от наличия веществсинергистов или веществ-ингибиторов.

Различают два основных типа феромонов: релизеры, запускающие определенную поведенческую реакцию, и праймеры, которые меняют физиологическое состояние особи и модифицируют ее развитие. Релизеры обычно представлены высоколетучими веществами, распространяющимися по воздуху, в то время как праймеры часто передаются контактным путем. Среди релизеров различают несколько подтипов. Таковы аттрактанты – призывающие особей вещества (половые феромоны и феромоны агрегации), репелленты - отпугивающие, аррестанты - останавливающие, стимулянты - вызывающие активность (например, феромоны тревоги), детерренты - тормозящие реакцию. Некоторые стимулянты (афродизиаки) представляют собой вещества полового возбуждения, вызывающие брачное поведение. Агрегационные феромоны стимулируют скопление насекомых, следовые феромоны предназначены для разметки территории и направляют движение особей.

Феромоны тревоги широко распространены у насекомых: маленькие желтые муравьи *Acanthomyops claviger* откликаются на цитронеллол, цитронеллаль и цитраль (рис.1) [1].

Многочисленные виды термитов также имеют свои феромоны тревоги: лимонен, терпинолен и

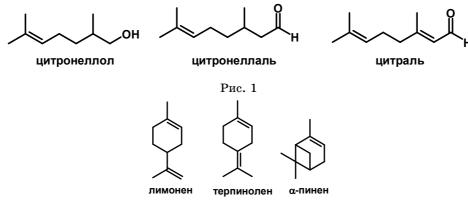


Рис. 2

α-пинен (рис. 2) [1].

Феромоны следа входят в состав пахучих смесей, которыми насекомые метят пищу или дороги, ведущие к источнику этой пищи (рис. 3) [1].

Агрегационные феромоны насекомых, побуждающие их к скоплению в большие стаи, нелегко отличить от половых, так как часто их действие совпадает. Так, смесь трех терпеновых спиртов привлекает особей обоего пола жуков-короедов *lps confuses* (рис.4) [4].

вень обработки растений инсектицидами; 4) из-за малых количеств возможен синтез веществ на лабораторных установках, что тоже уменьшает нагрузку на окружающую среду.

Терпеноиды  $C_{10}$  занимают лидирующее положение среди всех изопреноидов, являясь основными компонентами большинства эфирных масел, живиц хвойных растений; они распределяются во всех частях растений — в цветах, корнях, листьях, древесине, коре, фруктах, семенах. Оптически ак-

Аналогично смесь экзо-бревикомина и мирцена привлекает жуков-лубоедов Dendroctonus brevikomis (рис.5) [1].

Именно половые и агрегационные феромоны имеют практическое значение, так как являются важной составной частью интегрированной системы защиты растений от насекомых-вредителей, главной целью которой является не полное уничтожение вредителей, а управление их численностью [5]. Можно выделить три основных способа использования феромонов: 1) мониторинг, с помощью которого определяют распространенность, численность, пики массового лета вредителей; 2) массовый отлов насекомых в ловушки с последующим уничтожением; 3) дезориентация — создание в воздухе концентраций полового феромона, намного превышающее естественную, и как следствие невозможность найти партнера для спаривания.

Преимущества феромонных препаратов для борьбы с вредителями по сравнению с инсектицидами заключаются в следующем: 1) специфичность, так как феромоны действуют на определенный вид насекомых, т.е. безвредны для нецелевой фауны; 2) природное происхождение действующих веществ и их малое количество, т.е. безвредность для окружающей среды; 3) применение феромонов экономически выгодно, так как мониторинг с их помощью позволяет точно определить регионы и уро-

тивные монотерпеноиды являются перспективными исходными соединениями для синтеза ряда хиральных феромонов насекомых. На схемах 1-5 приведены примеры использования моно-, бициклических и алифатических терпеноидов — олефинов, кетонов и спиртов в синтезе самых разнообразных феромонов насекомых.

В синтезе феромонов насекомых также используются монотерпеноиды пинановой структуры. *Цис*-вербенилацетат и *цис*-вербенилпропионат, являющиеся эффективными аттрактантами для тараканов, синтезированы окислением α-пинена тетраацетатом или тетрапропионатом свинца соответственно (схема 6) [16].

Продуктом окислительного расщепления циклогексанового кольца (+)-вербенона или *цис-* и *транс*-вербенолов является оксокислота, которая в три стадии дает (1R,3R)-1-ацетоксиметил-3-изопропенил-2,2-диметилциклобутан — половой феромон виноградного мучнистого червеца *Planococcus citri* (схема 7) [17].

Схема 7.

Схема 1.

ОАС

R-лимонен

1R,2R,5S

Схема 2.

Схема 3.

мирцен

**L**-ментол

Схема 5.

**2-ацетокси-3,7-диметилпентадекан** — аналог полового феромона хвойных пилильщиков родов *Diprion* и *Neodiprion* [7].

**4,8-диметилдеканаль** — аттрактант мучного хрущака *Tribolium confusum* [6].

**6,10,14-триметилпентадекан-2-ол** – половой феромон рисовой моли *Corcyra cephalonica* [6].

**3-метил-(6***R***)-изопропенил-3,9-декадиен-1-илацетат** — половой феромон красной калифорнийской щитовки *Aonidiella aurantii* [7].

Веспераль - S-10-оксо-

изопиперитенон — половой феромон опасного вредителя виноградников длиннорогого жука *Vesperus xatarti*. R(веспераль) идентичен природному феромону [8].

**Биколорин** – агрегационный феромон буковых короедов *Tophrorychus bicolor* [9].

**4(R)-гексанолид** входит в состав половых феромонов капрового жука *Trogoderma glabrum* [10].

Эльданолид (транс-3,7-диметил-6октен-4-олид) — феромон африканской огневки сахарного тростника Eldona saccharina [11].

В состав полового феромона хлопкового долгоносика Anthonomus grandis входят четыре компонента, главный из которых грандизол (оба антипода обладают биологической активностью) [12,13].

**Перилленаль** — половой феромон соснового пилильщика *Neodiprion* sertifer [14].

S-1,3-дигидрокси-3,7-диметил-6октен-2-он — агрегационный феромон картофельного колорадского жука Leptinotarsa decemlineata. Соответствует природному феромону [15]. Существенно понижают выход этого соединения стадии сокращения цепи при первом углеродном атоме. Нами предложен новый путь синтеза этого феромона с общим выходом 60 %, основанный на озонолизе вербенона в ацетонитриле или хлористом метилене, приводящем в одну стадию к ключевому синтону — 1R,3S-3-ацетил-2,2-диметилциклобутанкарбоновой кислоте (схема 8) [18]. Одновременно с расщеплением двойной связи вербенона происходит окислительная деградация боковой цепи. Метиловый эфир получен обработкой кислоты диазометаном в диэтиловом эфире, олефинирование которого метилидентрифенилфосфо-

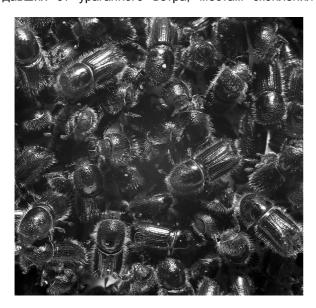
а) O $_3$ , CH $_3$ CN, -40  $^0$ C/Me $_2$ S b) MeOH(H $^+$ ) c) CH $_3$ P $^+$ Ph $_3$ Br $^-$ /BuLi d) ДИБАГ/Ас $_2$ O-Py

Схема 8.

раном приводит к метиловому эфиру 3-изопропенил-2,2-диметилциклобутанкарбоновой кислоты. Гидридное восстановление последнего и последующее ацетилирование образующегося спирта дает целевой продукт.

#### Феромоны короедов рода *lps*

Короеды рода *Ips* относятся к наиболее агрессивным видам и являются широко распространенными вредителями хвойных лесов. Как правило, массовые размножения жуков этого рода (см. фото) наступают после засух, ураганов или повреждения хвои ели. Известна взаимосвязь вспышек короедов с периодами солнечной активности, которые сопровождаются засушливыми летними периодами и морозными зимами. Очаги короедов тяготеют к неустойчивым насаждениям: к участкам леса, пострадавших от ураганного ветра, местам скопления



ветровала, очагам корневой губки, зонам усыхающих и сухостойных деревьев. Вспышка массового размножения короедов связана с подходящими для них и неблагоприятными для ели погодными условиями, в том числе с наличием кормовой базы в виде свежего ветровала, бурелома, расстроенных ветром насаждений. Так, анализ динамики гибели лесов на территории Московской области в 1998—2001 гг. показал, что если в 1998—1999 гг. основной причиной гибели насаждений являлось повреждение их ветром, то в последующие годы более чем в 80 % случаях — повреждение лесов стволовыми вредителями (табл. 1) [19].

Таблица 1 Динамика гибели лесов в Московской области в 1998-2001гг.

Показатели	1998	1999	2000	2001
Погибло всего, га	4080	2404	6169	7244
От неблагоприятных условий	3083	2523	334	514
От стволовых вре- дителей	44	291	5175	6465

В те же годы в ряде областей европейской части России на значительных площадях наблюдалось усыхание еловых лесов в результате массового размножения короеда-типографа и сопутствующих ему видов. В табл. 2 показана динамика очагов вспышки массового размножения вредителя, которая чаще всего составляет 4-5 лет, но при повторных засухах они могут быть затяжными и продолжаться до 12 лет [20].

Таблица 2 Динамика площадей очагов короеда-типографа

Область	Площадь очагов, га						
OUNACIB	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.			
Брянская	_	_	2619	3665			
Калужская	88	433	478	1526			
Московская	288	2178	5055	7725			
Смоленская	_	273	807	1148			
Тверская	253	_	276	721			

Так как разные виды короедов рода *lps* для синтеза компонентов своих феромонов используют достаточно ограниченный набор терпеноидов хвойного дерева - хозяина, то в их составе присутствуют практически одни и те же вещества: *цис*- и *транс*вербенолы, ипсдиенол, ипсенол, амитинол, 2-метил-3-бутен-2-ол. Значительно реже в составе феромонов встречаются такие терпеноиды, как миртенол, миртеналь, гераниол, вербенон, ипсидиенон, ипсенон, мирценол, β-фелландрен, *транс*-пинокарвеол (рис. 6).

Впервые феромон типографа идентифицировали в 1976 г. в виде смеси ипсдиенола, ипсенола и вербенолов ( $\mu$ ис- и  $\mu$ рис-) [4]. При этом было установлено, что привлечение типографа тормозится ипсенолом, а  $\mu$ -пинен, наоборот, усиливает притяже-

Рис. 6.

ние. В 1977 г. обнаружили еще один активный компонент феромона — 2-метил-3-бутен-2-ол и установили большую активность *цис*-вербенола по сравнению с *транс*-изомером [21]. В Словакии было доказано, что изменением концентрации (4S)-*цис*вербенола в феромоне можно регулировать количество прилетающих самцов [22]. Смесь, состоящая из ипсдиенола, *цис*-вербенола и 2-метил-3-бутен-2-ола, используется для мониторинга и массового отлова в ловушки или при выкладке ловчих деревьев в Швейцарии, Германии, Югославии, Чехии, Швеции, Норвегии, Румынии и Канаде [23].

a)  $Pb(OAc)_4$  b) OH c)  $Na_2Cr_2O_7$  d)  $NaBH_4$  ( $LiAIH_4$ )

#### Схема 9.

Анализ литературных данных по восстановлению вербенона алюминийгидридами показывает недостаточную стереоселективность в отношении цис-вербенола — образуется до 18 % трансизомера [24]. При применении в качестве восстановителя NaBH4 выход целевого спирта не превышает 47 % и приводит к образованию смеси, состоящей из аллильных спиртов — цис- и трансвербенолов, насыщенных спиртов — вербанолов, незначительного количества вербанонов. Кроме того, в продуктах реакции обнаружены простые эфиры (схема 10) [26].

Мы запатентовали новый, удобный и селективный метод получения  $\mu uc$ -вербенола с хорошим препаративным выходом, значительно превышающим все описанные ранее, основанные на использовании каталитического действия  $Ce(NO_3)_3$ 

при восстановлении вербенона боргидридом натрия (схема 11) [27].

По разработанному и запатентованному способу в Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского была наработана партия *цис*-вербенола (3 кг), который в составе феромонного препарата Вертенол использовался специалистами ВНИИХСЗР и ВНИИЛМ для отлова короеда-типографа в условиях вспышки массового размножения в средней полосе России в 2001-2003 гг.

Кроме того, мы разработали и запатентовали схему синтеза исходного вербенона, которая позволяет получать

его с препаративным выходом до 30% в расчете на окисленный α-пинен [28]. Схема включает следующие стадии: окисление α-пинена воздухом в присутствии катализатора; перегонка оксидата с паром в щелочной среде, которая в одном процессе совмещает разрушение гидроперекисей и разделение оксидата на непревращенный α-пинен, продукты окисления (вербе-нон, *транс*-вербенол, миртенол, миртеналь) и высококипящие смолистые соединения; доокисление, значительно упрощающее реакционную смесь и увеличивающее содержание вербенона до 76 %; выделение целевого кетона через сульфитное производное.

Метод синтеза обоих энантиомеров ипсдиенола (2-метил-6-метилен-2,7-октадиен-4-ол) основан на четырехстадийной трансформации оптиче-

Схема 10.

Схема 11.

ски активных вербенонов (схема 12) [29]. Полученные восстановлением соответствующих несопряженных кетонов β-вербенолы подвергались флеш-пиролизу, превращаясь в целевые алифатические спирты с сохранением абсолютной конфигурации хирального центра С4.

Амитинол — 2-метил-6-метилен-3,7-октадиен-2-ол — синтезируют восстановительным фотоокислением мирцена (схема 13) [30].

В ВНИИХСЗР с начала 1980-х гг. велись исследования по выделению и идентификации феро-

Схема 12.

Схема 13.

мона короеда-типографа. В результате, в 1982 г. из водного экстракта буровой муки типографа были выделены и идентифицированы терпенолы — 3-метилен-1,6-нонадиен-5-ол (АИД-1) и 3-метил-6-метилен-2,7-октадиен-4-ол (АИД-2), которые в дальнейшем синтезированы взаимодействием  $\alpha,\beta$ -ненасыщенных альдегидов с бромметилбутадиеном и цинком по схеме 14 [31]:

$$R = \frac{T\Gamma\Phi}{3 \, \text{\tiny $4., T_{\text{\tiny guin}}$}} \, R$$

Схема 14.

Эти спирты в полевых испытаниях оказались эффективней ипсдиенола, и 3-метилен-1,6-нонадиен-5-ол (АИД-1) вошел в состав препарата Вертенол (марки БС-1 и БС-3), успешно использованного в условиях вспышки массового размножения типографа в лесах Московской, Калужской, Брянской, Смоленской областей в 2001-2003 гг. [23]. Данный препарат, помещенный в диспенсер, может быть использован в барьерных ловушках для надзора за численностью короеда из расчета двечетыре ловушки на 50 га и для борьбы методом массового отлова из расчета две-четыре ловушки на га. Вертенол с половинной дозировкой смеси компонентов может использоваться для борьбы методом массового отлова на ловчие деревья с целью подавления популяции вредителя. Диспенсеры представляют собой герметичные многослойные пакетики из фольгаплена с картонным вкладышем внутри. Испускание веществ происходит через внутренний полиэтиленовый слой диспенсера.

Результаты испытаний, проведенных в 2001 г. в 30 повторностях, указывают на высокую эффективность феромонного препарата Вертенол (средний вылов в ловушки составляет от 7 до 11 тыс. жуков короеда-типографа). Сравнение количества выловленных жуков на один (8940 шт.) и на два диспенсера (10800 шт.) показывает, что использовать два диспенсера в одной ловушке не имеет смысла, так как вылов увеличивается всего на 15%.

Кроме практического применения Вертенола, содержащего (-)-*цис*-вербенол, метилбутенол и

Результаты испытаний, проведенных в Сергиево-Посадском р-не Московской области, представлены в табл. 3. Оказалось, что смесь № 2, в которой 6.7 мг АИД-2, и смесь № 3, в которой всего 2 мг АИД-2, не уступают, а в большей части опытов превышают эффективность привлечения короедатипографа в сравнении с его привлечением Вертенолом, где доза АИД-1 составляет 10 мг. И только смесь № 4 с дозировкой 0.7 мг АИД-2 несколько уступает Вертенолу.

Таблица 3 Средний вылов короеда-типографа на ловушку 2001 г. (три повторности)

	(	Средн	ее кол		о жуков	` '	овушку	/
				по дня	ям учет	a		
Препа-	Сері	гиево-	Посад	СКИЙ		Хотько		
рат	лесх	03, ква	артал М	<b>№</b> 24		леснич		
			•			кварта		
	27.04	2.05	6.05	21.05	28.04	4.05	10.05	18.05
Верте- нол	1446	719	262	69	3880	2049	1479	313
Смесь № 1	1182	811	247	42	1878	985	905	285
Смесь № 2	1043	808	320	106	1735	1252	697	288
Смесь № 3	663	676	377	85	2539	2267	1739	352
Смесь № 4	1205	651	199	49	2649	2082	1859	397

Несмотря на то что по трем повторностям трудно делать окончательные выводы, предварительно можно отметить, что (+)-*цис*-вербенол в препарате Вертенол практически не сказывается на его эффективности, а замена АИД-1 на меньшие дозы АИД-2 является для практики защиты ели целесообразной. Испытания, проведенные в Тверской области в двух повторностях, представлены в табл. 4. По среднему количеству жуков на ловушку смесь № 1 (747 шт.), содержащая (+)-*цис*-вербенол, превышает таковое у Вертенола (543 шт.). Таким образом, оба антипода *цис*-вербенола обладают биологической активностью.

С помощью препарата Вертенол проводился массовый отлов короедов в ловушки и привлечение вредителя на ловчие деревья (препарат усиливает привлечение жуков в 6-8 раз), обработанные инсектицидами. Всего в Подмосковье в 2001 г. было вывешено более 250 тыс. ловушек, в 2002 г. – свыше

Таблица 4.

Результаты испытаний Вертенола и смеси № 1 в Тверской области

		Колич	нество:	жуков	Общее	Среднее
Препарат	Повт.	по дн	ям учет	га, шт.	кол-во,	кол-во,
		8.05	18.05	16.06	шт.	шт./лов
Вертенол	1	2300	520	290	3110	
	2	50	50	50	150	543
	ср.	1175	285	170		
Смесь № 1	1	1900	200	100	2200	
	2	2000	220	60	2280	747
	ср.	1450	210	80		

150 тыс., в 2003 г. – более 85 тыс. В лесхозах Московской области в 2001 г. уничтожено около 2 млрд. жуков короеда-типографа [23].

Шестизубый короед, или короед-стенограф *lps sexdentatus*, также является серьезным вредителем хвойных пород, он обитает в лесах европейской части России, Крыму, Сибири, Кавказе и Дальнем Востоке. Из 32 соединений, обнаруженных среди летучих веществ *lps sexdentatus*, четыре вещества: 3-карен, терпинолен, ипсенол и вербенон являются ингибиторами. Другие пять соединений: α- и β-пинены, амитинол, α-фелландрен-8-ол и 2-фенилэтанол усиливают привлечение к основному компоненту феромона – ипсдиенолу (рис. 7) [32].

В результате полевых испытаний установлено, что сильными привлекающими свойствами обладает смесь ипсдиенола с 2-фенилэтанолом в растворе α-пинена; однако наиболее эффективной является смесь ипсдиенола с любым из энантиомеров α-фелландрен-8-ола в растворе метилбутенола. Схема 15 иллюстрирует пятистадийный синтез α-фелландрен-8-ола, исходя из карвона с общим выходом 23-37 % [33].

Мы использовали фактически одностадийный метод синтеза этого спирта — окисление 3-карена ацетатом ртути в ацетат α-фелландрен-8-ола, омыление которого приводит к нужному продукту (схема 16) [34].

Реакцию проводили при нагревании смеси 3-карена и ацетата ртути до 140- $150\,^{\circ}$ С в течение  $2.5\,^{\circ}$  с одновременной отгонкой уксусной кислоты. Далее продукты окисления подвергали фракционной разгонке для отделения непревращенного 3-карена и выделения смеси эфиров, которую гидролизовали в спирты и затем хроматографировали на  $SiO_2$ . При конверсии исходного соединения  $56\,^{\circ}$  общий выход  $\alpha$ -фелландрен-8-ола составил  $13\,^{\circ}$ . Первые испытания на привлекательность аттрактивных смесей для короеда-стенографа были проведены в Протопоповском припоселковом кедровнике в Томской области (табл. 5).

Было испытано шесть вариантов привлекающих смесей разного состава в двух повторностях в

Схема 16.

Таблица 5. Результаты предварительных испытаний аттрактивных смесей для короеда-стенографа

Компонентный состав Относитель-(+)-α-феллан-дрен-8-ол Νo ипсдиеноланая привлекаипсдиенол *dnc*-вербе-2-фенил-2-метил-3-бутен-2 этанол аналог смеси тельность 5 смесей, % 1 1,4 2 2,6 3 0.2 4 14.3 5 22,6 6 58,9

больших барьерных пластиковых ловушках (см. фото), применяемых для отлова стволовых вредителей. Ловушки фиксировали лет короеда-стенографа только в начале сезона во время лета основного весеннего поколения. Результаты испытаний показали, что четырехкомпонентная смесь из 2-метил-3-бутен-2-ола, ипсдиенола, офелландрен-8-ола и 2-фенилэтанола при создании феромонного препарата может стать основой для мониторинга шестизубого короеда.

#### Феромоны сосновых лубоедов рода *Tomicus*

Лубоеды рода Tomicus являются опасными вредителями нескольких видов сосен, особенно сосны Pinus sylvestris, в Европе, Азии, Канаде, Северной Америке. Из литературы известно, что к 2000 г. практическое применение для мониторинга большого соснового лубоеда (Tomicus piniperda) нашли только летучие вещества дерева-хозяина: α-пинен в Северной Америке и смесь α-пинена, 3карена и терпинолена в Европе [35]. Агрегационный феромон этого жука пока не установлен, хотя среди летучих соединений лубоеда были выделены 22 вещества, среди которых основными по массе оказались миртенол, транс-вербенол, пинокарвеол, вербенон. Полевые испытания, проведенные в 2000-2004 гг. в Северной Америке и Канаде, показали, что главными претендентами для смеси с а-пиненом в привлечении большого соснового лубоеда являются именно транс-вербенол и миртенол, а также миртеналь [36]. В отличие от большого соснового лубоеда для привлечения Tomicus minor более существенную роль играет агрегационный феромон самки, в состав которого входят те же транс-вербенол и миртенол, а также 3-карен-10-ол [37] (рис. 8).

Транс-вербенол непосредственно образуется при каталитическом жидкофазном окислении α-пинена кислородом или воздухом, но получающаяся при этом сложная смесь близкокипящих соединений делает затруднительным выделение целевого спирта [28]. Более селективным методом синтеза тетраацетатом свинца через промежуточное образование тетрает пранс-вербенилацетата (схема 17) [38].

Ранее было установлено, что первичным продуктом этой реакции является цис-2-ацетоксипинен-3, который в кислой среде быстро подвергается аллильной перегруппировке с образованием транс-вербенилацетата [39]. Щелочной гидролиз последнего приводит к транс-вербенолу. Оказалось, что уже на первых двух стадиях этой реакции образуется, кроме основного вещества, незначительное количество вербенена (элиминирование уксусной кислоты из цис-2-ацетоксипинена-3) и цисвербенилацетата, который после омыления дает иис-вербенол. Реакцию проводили в сухом бензоле при 60-70 °C в течение 3 ч. При мольном соотношении α-пинен: Pb(OAc)<sub>4</sub>, равном 1:1, конверсия составила ~85 %, выход спирта после вакуумной разгонки ~42 % на исходный субстрат.

Синтез 3-карен-10-ола осуществляют в несколько стадий, приведенных на схеме 18 [40]. При фотоокислении 3-карена образуется смесь вторичного и третичного спиртов, которые хроматографически не разделимы, но селективное ацетилирование первого позволяет их разделить. Гидролиз ацетата и последующая окислительная перегруппировка спирта пиридинийхлорохроматом в присутствии п-толуолсульфокислоты приводит к кареналю, восстановление которого дает 3-карен-10-ол.

Миртенол синтезируют восстановлением миртеналя, образующегося при фотоокислении  $\beta$ -пинена, в незначительных количествах он образуется при каталитическом окислении  $\alpha$ -пинена, но наиболее распространенным методом его получения является окисление  $\alpha$ -пинена  $SeO_2$  [41]. Нами разработан модифицированный метод синтеза миртенола, основанный на окислении  $\alpha$ -пинена  $SeO_2$  с последующим восстановленем миртеналя комплексными боргидридами без предварительного разде-



Рис. 8.

а - Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>4</sub>/ Benzene b - AcOH c - 10% KOH в EtOH

#### Схема 17.

a)  $^{1}O_{2}$ , CHCl $_{3}$ , TBABH $_{4}$  b) Ac $_{2}O$ , Py c) KOH, MeOH d) PCC, pTSOH, CH $_{2}$ Cl $_{2}$  e) LiAlH $_{4}$ 

Схема 18.

ления продуктов окисления и непревращенного пинена (схема 19) [42].

Анализ продуктов восстановления показал, что содержание миртенола соответствует сумме спирта и альдегида до восстановления. Ни прямой, ни обратный способы смешения реагентов при использовании данных гидридов не приводят к образованию в сколь-нибудь заметных количествах насыщенных спиртов. Разделение α-пинена и миртенола не представляет затруднений.

В рамках совместной работы с ВНИИХСЗР нами были наработаны десятки грамм энантиомерно обогащенных *транс*-вербенолов и миртенолов для создания феромонного препарата для монито-

ринга и борьбы с сосновыми лубоедами. Полевые испытания были проведены в течение четырех лет (2006–2009 гг.) в разных регионах России: национальном парке «Куршская коса» в Калиниградской области, национальном парке «Бузулукский бор» в Оренбургской области, в Республике Мари-Эл, в Тверской области и Подмосковье [43].

Предварительные эксперименты 2005 г. по-казали, что  $\beta$ -пинен, по сравнению с  $\alpha$ -пиненом, ингибирует привлечение лубоедов, а добавление к диспенсеру с  $\alpha$ -пиненом диспенсера со смесью миртенола и этанола привлекает насекомых почти в два раза лучше, чем смесь *транс*-вербенола с этанолом. Замена полиэтиленовой пленки диспенсера с толстой (100 мкм) на тонкую (45 мкм) уменьшала привлечение лубоедов почти два раза.

Полевые испытания 2006-2009 гг. были направлены на изучение аттрактивности энантиомерно обогащенных (+)- и (-)-транс-вербенолов, (+)- и (-)-миртенолов, их количества (20, 30 и 100 мкл), количества этанола в привлекающей смеси (60, 70, 100, 200, 400 мкл). Были испытаны трехкомпонентные смеси из α-пинена, транс-вербенола и миртенола в одном диспенсере; четырехкомпонентные смеси в двух диспенсерах: α-пинен в отдельном диспенсере, а транс-вербенол, миртенол и этанол в другом (в одной ловушке) и четырехкомпонентная смесь этих соединений в одном диспенсере. Кроме того, были испытаны некоторые вещества, выделенные из лубоедов и из дерева-хозяина, которые добавлялись к основной смеси, - гераниол, нерол, 3-карен, а-терпинеол, борнеол, миртеналь, карвон (рис. 9). Также проведено сравнение уловистости пластиковых ловушек двух типов - барьерной и воронкообразной.

$$_{3\text{-карен}}$$
 нерол  $_{\alpha\text{-терпинеол}}$  карвон борнеол  $_{\text{Рис.}}$  9.

В табл. 6 в качестве примера приведены результаты испытаний в Сергиево-Посадском р-не Московской области и Республике Мари-Эл в 2008 г.

Таблица 6 Результаты испытаний 2008 г.

Смесь         Кол-во повт.         Т. piniperda         Т. minor           Сергиево-Посадский р-н Московской области         1         5         570         114.0         282         56.4							
Сергиево-Посадский р-н Московской области           1         5         570         114.0         282         56.4							
1 5 570 114.0 282 56.4	/ШКУ						
0 5 004 44.0 400 00.4							
2 5 224 44.8 102 20.4	ļ						
3 5 421 84.2 159 31.8	3						
4 5 983 196.6 591 118.2	2						
Республика Мари-Эл							
1 7 241 34.4 176 25.1	1						
2 7 252 36.0 217 31.0	0						
3 7 245 35.0 159 22.7	7						
<u>4</u> 7 237 33.9 220 31.4	4						

1 – α-пинен – 2800 мкл, *транс*-вербенол – 20 мкл, миртенол – 20 мкл, EtOH – 100 мкл;

2 —  $\alpha$ -пинен — 2800 мкл, mpanc-вербенол — 100 мкл, миртенол — 20 мкл, EtOH — 100 мкл;

3 – α-пинен – 2800 мкл, *транс*-вербенол – 20 мкл, миртенол – 100 мкл, ЕtOH – 100 мкл;

 $4-\alpha$ -пинен — 2800 мкл, *транс*-вербенол — 100 мкл, миртенол — 100 мкл, EtOH — 100 мкл.

В результате проведенных испытаний можно отметить следующее: большой сосновый лубоед предпочитает (-)-транс-вербенол и (+)-миртенол, а малый лучше привлекался на (-)-транс-вербенол и (-)-миртенол. Добавление этилового спирта четвертым компонентом увеличивало привлечение в ловушки лубоедов обоих видов. Уменьшение количества этанола в смеси до 60 мкл в разных регионах отличалось по своему влиянию на отлов лубоедов, тогда как увеличение количества спирта до 400 мкл практически не оказывало никакого влияния на привлечение жуков. Было показано, что четырехкомпонентная смесь (этанол, транс-вербенол, миртенол и α-пинен) в одном диспенсере не уступает по уловистости аналогичной смеси в двух диспенсерах. Это значительно облегчает дальнейшее практическое применение препарата для лубоедов. Добавление к основной привлекающей смеси нерола, гераниола, α-терпинеола и 3-карена, проявивших активность при испытаниях в Европе и Канаде, не увеличивало эффективность привлечения лубоедов. Во всех регионах испытано добавление пятым компонентом борнеола, миртеналя и карвона к основной смеси и показано, что лубоеды, обитающие в географически удаленных регионах, поразному реагируют на аттрактивный состав. Так, в Оренбурге и Мари-Эл большой сосновый лубоед лучше реагировал на смесь, содержащую миртеналь, а малый в Оренбурге предпочитал пятым компонентом борнеол. Однако эффективность препаратов не становится значительней (1.4-1.7 раза), поэтому нецелесообразно увеличивать количество компонентов в смеси до пяти, так как это ведет за собой удорожание препарата. Кроме того, пятикратная концетрация (с 20 до 100 мкл) количества трансвербенола и миртенола в основной четырех- компонентной смеси не повышала эффективность привлечения ни большого, ни малого лубоедов. Сравнительные испытания показали, что наиболее уловистой была барьерная ловушка – она ловила жуков 1.5 раза больше, чем воронкообразная.

Таким образом, для практического мониторинга большого и малого сосновых лубоедов можно рекомендовать четырехкомпонентную смесь, состоящую из этанола (100 мкл), (-)-*транс*-вербенола (20), (+)-миртенола (20 мкл) и α-пинена (2.8 мл) в одном большом многослойном диспенсере.

#### Заключение

За рубежом феромоны нашли очень широкое применение. По некоторым данным, объем рынка феромонов в Северной Америке оценивается в 5 млрд. дол., а в мире — не менее 15 млрд. США применяют более 200 феромонных препаратов для надзора и массового отлова и около 30 — для борьбы методом дезориентации насекомых [44]. Вертенол — единственный зарегистрированный в России феромонный препарат, разрешенный к использованию и применяющийся для борьбы с короедом-типографом методом массового отлова. Положительные итоги полевых испытаний привлекающей смеси для сосновых лубоедов привели к тому, что она наш-

ла отражение в «Методических рекомендациях по применению новых феромонов вредителей леса для ведения лесопатологического мониторинга», которые утверждены приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 04.05.2010 № 177 и могут применяться для феромонного надзора в опытном или опытно-производственном порядке. Работы по синтезу новых компонентов для усиления специфичности и активности предложенного состава будут продолжены.

#### Литература

- 1. *Барбье М*. Введение в химическую экологию. М.: Мир, 1978. 230 с.
- Butenandt A., Hecker H., Stamm D. // Z. Physiol. Chem., 324, 84, 1961.
- 3. Butler C.J. // Biol.Rev., 42. 1967.
- 4. Silverstein R.M., Rodin J.O. and Wood D.L. Sex attractants in frass produced by male *Ips confuses* in ponderosa pine. Science, 1966. 154. P.509-510.
- Прокофьев О.Н. Защита растений: настоящее и будущее. Новосибирск: Наука, 1983. 160 с.
- Ишмуратов Г.Ю., Яковлева М.П., Харисов Р.Я. и ∂р. Монотерпенодиды в синтезе оптически активных феромонов насекомых. Уфа: Гилем, 1999. 98 с.
- Baudouy R., Prince P. Synthese stereoselective d<sup>r</sup>une composarte de la pheromone sexuelle de "L<sup>r</sup>ecielle Rounge de Californie": l<sup>r</sup>acetate d<sup>r</sup>isopropenyl-6-methyl-3-decadine-3,9-yle-(3Z, 6R) // Tetrahedron. 1989. 45. № 7. P.2067-2074.
- 8. Domon K., Mori K. Short synthesis of vesperal [(S)-10-oxoisopiperitenone], the female sex pheromone of the longhorn beetle (Vesperus xatarti), and of its enantiomer // Eur. J. Org. Chem., 2000. № 22. P.3783-3785.
- 9. Takikawa H., Sano S., Mori K. Synthesis of (1S,2R,5R)-bicolorin, the aggregation pheromone of male beech bark beetles (Taphrorychus bicolor), and its (1R,2R,5S)- isomer // Lieb. Ann. Chem., 1997. 12. P.2495-2498.
- 10. Arceo E., Odriozola J.M., Garcia J.M., at al. Asymmetric synthesis of (R)-4-hexanolide, the pheromone of Trogoderma glabrum // Tetrahedron: Asymmetry., 2003. 14. № 12. P.1617-1621.
- Xu Z.-H., Huang J.-X., Li Y. et al. Стереоселективный синтез (+)-эльданолида с использованием хирального сульфоксида // Chem. J. Chin. Univ., 1995, 16, № 9, P.1391-1395.
- 12. Ayer W.A., Browne L.M. Canad. J. Chem., 1974. 52. P.1352.
- 13. Моисеенков А.М., Лебедева К.В., Ческис Б.А., Синтез моно- и сесквитерпеновых феромонов насекомых // Успехи химии. 1984. Т. LIII. Вып. 10. С.1709–1737.
- 14. Baecrstrom P., Orecha S., De Silva N. at al. Acta Chem. Scand., 1982, 36B, P.31
- 15. Oliver J.E., Dickens J.C. and Glass T.E. (S)-3,7-dimethyl-2-oxo-6-octene-1,3-diol: an aggregation pheromone of the Colorado potato

- beetle, Leptinotarsa decemlineata (Say) // Tetrahedron Lett. 2002. 43. P.2641-2643.
- 16. Vinczer P., Kajtarperedy M., Juvancz Z. et al. Investigation of the synthesis of verbenyl compounds. Effective attractants of cockroach species by acyloxylation of α-pinene // Collect. Czech. Chem. Commun., 1992, 57. № 8. P.1719–1730.
- 17. Одиноков В.Н., Куковинец В.С., Исакова Л.А. и др. Новый синтез полового феромона виноградного мучнистого червеца  $Planococcus\ citri\ (Risso)\ //\ Докл.\ AH\ CCCP.\ 1984.\ T.279.\ No.\ 2.\ C.398-401.$
- 18. *Куковинец О.С., Зверева Т.И., Касрадзе В.Г. и* др. Новый путь синтеза феромона виноградного мучнистого червеца *Planococcus citri //* Химия природ. соедин. 2006. № 2. С.179–180.
- 19. Матусевич Л.С. Лесопатологическое состояние еловых лесов на территории европейской части России // Лесное хозяйство. 2003. № 1. С.29.
- 20. *Кобельков М.Е.* Проблема защиты еловых лесов от короеда-типографа в Московской области // Лесное хозяйство. 2003. №1. С.33.
- 21. Bakke A. The Utilization of Aggregation Pheromone for the control of the spruce bark beetle // Insect Pheromone Technology. Chemistry and Application (Symp. 182-nd Meeting of Amer. Chem. Soc. N.Y. Aug. 25-26). 1981. P.219-229.
- 22. Jakus R., Blazenec M. Influence of proportion of (4S)-cis-verbenol in pheromone bait on Ips typographus (Col., Scolytidae) catch in pheromone trap barrier and in single traps // Journal of Applied Entomology, 2002. 126. №6. P.306-311.
- Лебедева К.В., Вендило Н.В., Митрошин Д.Б. и др. Применение вертенола – феромона короеда-типографа для защиты ели в Московской обл. // Лесное хозяйство. 2003. № 1. С.33–35.
- 24. Cooper M.A., Salmon J.R. and Whittaker D. Stereochemistry of the verbenols. J. Chem. Soc., B, 1967. 12. P.1259-1261.
- 25. Mori K., Mizumachi N. and Matsui M. Synthesis of optical pure (1S,4S,5S)-2-pinen-4-ol (cis-verbenol) and its antipod, the pheromone of Ips bark beetles. Agric. Biol. Chem., 1976. 40. P.1611–1615.
- 26. Фролова Л.Л., Древаль И.В., Пантелеева М.В. u  $\partial p$ . Благотворное влияние  $Ce^{III}$  на стереоселективность восстановления вербенона в uc-вербенол // Изв. АН. Сер. хим. 2003. №2. С.475–478.
- 27. *Патент 2189967 РФ*. Способ получения *цис*вербенола / Л.Л.Фролова, А.В.Кучин, И.В.Древаль и др.; Заяв. 14.05.2001; Опубл. 27.09.2002; Бюл. № 27.
- 28. *Патент 2250208 РФ*. Способ получения вербенона / Л.Л.Фролова, А.В.Кучин, И.В.Древаль и др.; Заявл. 14.07.2003; Опубл. 20.04.2005; Бюл. № 11.
- 29. Ohloff G., Giersch W. Access to optically active Ipsdienol from verbenone // Helv. Chim. Acta, 1977. 60. P.1496-1500.

- 30. Kondo K., Matsumoto M. Syntheses of furanoterpenes: perillene, dendrolasin, neotorreyol, and torreyal // Tetrahedron Letters, 1976. Vol.17. P. 391.
- 31. *А.С.* 730333 *РФ*. Производные диенолов, обладающие аттрактивной активностью к короеду-типографу / Ю.А.Кондратьев, Б.А.Ческис, К.В.Лебедева; Заявл. 13.09.1978; Опубл. 15.01.1983; Бюл. № 2.
- 32. Лебедева К.В., Вендило Н.В., Митрошин Д.Б. и др. Феромон шестизубого короеда Ips sexdentatus (Coleoptera, Scolytidae) и возможность его применения в защите леса // Агрохимия. 2006. № 8. С.85–89.
- 33. Mori K. and Igarashi Y. Synthesis of the enantiomers of α-phellandren-8-ol (p-mentha-1,5-dien-8-ol), a monoterpene from bark beetles // Liebigs Ann. Chem., 1988. P.93-95.
  34. Apóysos B.A., Исаева З.Г., Рамнер В.В. Дей-
- 34. Арбузов Б.А., Исаева З.Г., Ратнер В.В. Действие тетраацетата свинца на З-карен // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1962. № 4. С.644–649.
- 35. Лебедева К.В., Вендило Н.В., Митрошин Д.Б. и др. О возможности применения привлекающих веществ для мониторинга большого Tomicus piniperda и малого Tomicus minor сосновых лубоедов (Coleoptera: scolytidae) // Агрохимия. 2006. № 6. С.80–87.
- 36. Francke W., Heemann V. Das duftstoff-bouquet des grossen Waldgartners Blastophagus piniperda L. (Coleoptera: Scolytidae) // Z.Angew.Entomol., 1976. B.82. № 2. S.117-119.

- 37. Lanne B.S., Schlyter F., Dyers J.A. et al. Differences in attraction to semiochemicals present in sympatric pine shoot beetles // J.Chem.Ecol., 1987. 13. № 5. P.1045-1067.
- 38. Mori K. Synthesis of optically pure (+)-transverbenol and its antipode, the pheromone of Dendroctonus bark beetles. Agric. Biol. Chem., 1976. 40. P.415-418.
- 39. Whitham G.H. The reacnion of  $\alpha$ -pinene with Lead tetra-acetate // J. Chem. Soc., 1961. P. 2232-2236.
- 40. *Unelius R.* Pheromone synthesis. Conjugated diene systems and oxygenated carene derivatives: Dissertation / Royal institute of technology, Departament of organic chemistry, Stockholm. 1989.
- 41. Mihelich E.D., Eickhoff D.J. A one-pot conversion of olefins to  $\alpha,\beta$ -unsaturated carbonyl compounds. An easy synthesis of 2-cyclopentenone and related compounds // J. Org. Chem. 1983, 48. P.4135–4137.
- 42. Патент 2176994 РФ. Способ получения миртенола / Л.Л.Фролова, А.В.Кучин, И.В.Древаль и др.; Заявл. 26.07.2000; Опубл. 20.12.2001; Бюл. № 35.
- 43. Вендило Н.В., Лебедева К.В., Фролова Л.Л. и др. Отчет о научно-исследовательской работе «Создание феромонных препаратов для мониторинга и борьбы с большим и малым сосновыми лубоедами». М., 2006–2009.
- 44. *Быков В., Финкельштейн Е.* Российские феромоны для спасения урожая // Химический журнал. 2009. №11. С. 38–41.

Статья поступила в редакцию 26.10.2011.

УДК 538.945

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ТИТАНАТА ВИСМУТА СО СТРУКТУРОЙ ТИПА СЛОИСТОГО ПЕРОВСКИТА

М.С. КОРОЛЕВА\*, И.В. ПИЙР\*, В.Э. ГРАСС\*, В.А. БЕЛЫЙ\*, Д.А. КОРОЛЕВ\*\*, Н.В.ЧЕЖИНА\*\*

\*Институт химии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Хромсодержащие твердые растворы титаната висмута со структурой типа орторомбического слоистого перовскита  $\mathrm{Bi}_4\mathrm{Cr}_x\mathrm{Ti}_{3-x}\mathrm{O}_{12-0,5x}$ , (x = 0,01 - 1,2) были синтезированы керамическим методом. Исследованы магнитные и электрические свойства твердых растворов. Методами  $\mathrm{T\Gamma}$ , ДСК для ряда образцов  $\mathrm{Bi}_4\mathrm{Cr}_x\mathrm{Ti}_{3-x}\mathrm{O}_{12-0,5x}$  определены температуры фазовых превращений, сопровождающихся эндотермическим эффектом без изменения массы.

Ключевые слова: **хромсодержащие титанаты висмута, магнитные и электрические свойства, ДСК, фазовые превращения** 

M.S. KOROLEVA, I.V. PIIR, V.E.GRASS, B.A. BELIY, D.A. KOROLEV, N.V. CHEZHINA. SYNTHESIS AND PROPERTIES OF CHROMIUM-CONTAINING BISMUTH TITANATE SOLID SOLUTIONS WITH THE LAYERED PEROVSKITE TYPE STRUCTURE

Chromium-containing solid solutions of bismuth titanate with orthorhombic layered perovskite type structure  $\mathrm{Bi_4Cr_xTi_{3.x}O_{12.0,5~x}}$  (x = 0,01 - 1,2 ) were synthesized by ceramic method. The magnetic and electrical properties of solid solutions were studied. The temperature of phase transitions for a series of solid solutions was determined by DSC and TG methods.

Key words: chromium-containing bismuth titanate, magnetic and electrical properties, DSC, phase transitions

#### Введение

Сложные титанаты висмута со структурой слоистого перовскита (рис. 1), относящиеся к семейству фаз Ауривиллиуса (ФА), являются сегнетоэлектриками. Эти соединения обладают высокими температурами Кюри и поэтому сохраняют сегнетоэлектрические свойства в широком интервале температур. Они могут применяться для изготовления радиотехнических конденсаторов, пьезоэлектрических преобразователей, фильтров, гидроакустических устройств, пироэлектрических приемников инфракрасного излучения, т.е. в радио-, акусто- и оптоэлектронике [1].

Опираясь на общую формулу для ФА  $A_{m-1}$   $Bi_2B_mO_{3m+1}$  и большее количество видов атомов, которые могут находиться в позициях A и B элементарной ячейки, можно предложить достаточно большее количество элементных составов ФА [2,5,7,8]. При заселенности катионных позиций атомами парамагнитных металлов, наряду с упорядочением электрических диполей, возможно кооперативное взаимодействие в магнитной подрешетке, появляется фактор взаимного влияния и как следствие полифункциональность материала [2–10].

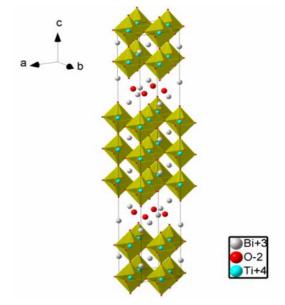


Рис. 1. Структура типа слоистого перовскита  ${\rm Bi_4Ti_3O_{12}}$  B2cb [3], ( a=5,410 E, b=5,448 E, c=32,840 E;  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ ).

<sup>\*\*</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург piyr-iv@chemi.komisc.ru

Однако, как показывает опыт, не все возможные составы с индивидуальными атомами металлов в катионных позициях реализуются на практике. Образование твердых растворов замещения в широком концентрационном диапазоне может способствовать получению новых полифункциональных материалов.

В связи с этим возникает задача изучения твердых растворов слоистого титаната висмута, содержащего атомы парамагнитных металлов – хрома, железа, марганца, в плане условий их образования и исследования основных, полезных для практического использования, свойств.

#### Материал и методы

Образцы слоистого титаната висмута  $Bi_4Ti_3O_{12}$  и хромсодержащих твердых растворов синтезировались керамическим методом, в основе которого лежит высокотемпературная обработка шихты, полученной растиранием в яшмовой ступке исходных оксидов  $Bi_2O_3$  (х.ч.),  $Cr_2O_3$  (ч.д.а.),  $TiO_2$  (о.с.ч.) в течение получаса и прессованием полученного порошка в таблетки.

Составы шихты из исходных оксидов рассчитаны в соответствии со стехиометрией твердофазных реакций:

$$2Bi_2O_3 + \frac{\pi}{2}Cr_2O_3 + (3-x)TiO_2 = Bi_4Cr_xTi_{3-x}O_{12-0.5x}$$
, где x = 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10; 0,15; 0,18; 0,20;

где x = 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10; 0,15; 0,18; 0,2 0,40; 0,60; 1,00; 1,20; 1,50.

Полученные таблетки помещали в корундовые тигли и подвергали высокотемпературной обработке. Предварительно таблетки прокаливали при 650°С в течение 10 ч. Процесс предварительного прокаливания необходим для переведения оксида висмута (III), форма которого имеет моноклинную симметрию, в более активную модификацию (639°С), обладающую флюоритовой структурой. Прокаливание при 750°С осуществля-

ли для предотвращения плавления Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (824°C). Для полноты протекатвердофазния ной реакции после каждой промежуточной стадии образцы вновь растирали и прессовали. Промежуточное перетирание таблеток приводит к росту скорости реакции за счет диффузии атомов в подрешетках оксидов. Режим последовательной термо-

Рис. 2. Дифрактограммы твердых растворов хромсодержащих титанатов висмута  ${\rm Bi}_4{\rm Cr}_x{\rm Ti}_{3-x}{\rm O}_{12-0.5x}$  со структурой слоистого перовскита (T = 298 K).

обработки образцов: 650 °C (10 ч), 750 °C (10 ч), 950 °C (15 ч), 1000 °C (20 ч).

Фазовый состав образцов исследовали методом рентгеновского анализа, который проводили

на дифрактометрах ДРОН - 4/13 и Shimadzy "XRD-6000" с использованием CuK<sub>α</sub> - излучения с  $\lambda$  =1,54056 нм в угловом интервале от 10 до 60 (с шагом 0,05°). Методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) определили содержание металлов в данных образцах. Электрические характеристики – емкость и тангенс угла диэлектрических потерь твердых растворов - измеряли при помощи моста переменного тока - измерителя LCR цифрового MT-4090 (ω = 100  $\Gamma$ ц –200 κ $\Gamma$ ц). Температуры и энтальпии фазовых переходов определяли мето-дом синхронной дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) с использованием калоримет-ра NETZSCHSTA 409 PC/PG. Измерения проводили в динамическом режиме при программируемом изменении температуры печи, в том числе магнитной восприимчивости по методу Фарадея с погрешностью менее 1%.

#### Результаты и обсуждение

Из всех синтезированных композиций однофазными, вплоть до 1100 °C, оказались составы  $Bi_4Cr_xTi_{3-x}O_{12-0.5x}$  (0,01  $\leq x \leq 1,50$ ). На рис. 2 представлены дифрактограммы соединений со структурой слоистого перовскита Bi<sub>4</sub>Cr<sub>x</sub>Ti<sub>3-x</sub>O<sub>12-0.5x</sub>. Твердые растворы  $Bi_4Cr_xTi_{3-x}O_{12-0,5x}$  с содержанием хрома до x=0,6 имеют структуру типа слоистого перовскита Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> с пространственной группой B2c b. Для образцов с x=1,2 и x=1,5 дифрактограммы соответствуют дифрактограммам слоистых перовскитов – фаз Аурвиллиса – с пространственной группой Fmm2, в которых число перовскитовых слоев достигает пяти [10]. Таким образом, установлено, что в слоистых титанатах висмута возможно замещение до 50 % атомов титана атомами хрома. В результате анализа образцов установлено, что содержание металлов в образцах соответствует заданному, а расхождения не превышают погрешность определения.

Для однофазных образцов были вычислены параметры элементарных ячеек, которые с увеличением содержания хрома в образцах практически не изменяются и близки значениям параметров

титаната висмута  $Bi_4Ti_3O_{12}$  (a=0,5418 нм; b=0,5446 нм; c=3,287 нм). Полученные в результате эксперимента значения пикнометрической плотности оказались для всех образцов со слоистой структурой несколько заниженными по сравнению с рассчитанными рентгенографическими плотностями, например, для  $Bi_4Cr_{0,04}Ti_{2,96}O_{11,98}$  рассчитанная и экспериментальная плотность равны 7,94 и 7,61 г/см<sup>3</sup> соответственно, а для  $Bi_4Cr_{0,20}Ti_{2,80}O_{11,90} - 8,05$  и 7,83. Это может быть связано с дефектностью реальных твердых растворов.

На рис. 3 представлены результаты термогравиметрического и калориметрического анализов образцов.

Для  $Bi_4Ti_3O_{12}$  и твердого раствора с минимальным содержанием хрома  $Bi_4Ti_{2,98}Cr_{0,02}O_{11,99}$  был зарегистрирован эндотермический эффект при 669 °C, связанный с сегнетоэлектрическим упорядочением, происходящим без потери массы образца вплоть до 950 °C, т.е. наблюдался фазовый переход «сегнетоэлектрик-параэлектрик», известный для  $Bi_4Ti_3O_{12}$  ( $T_C$  = 675 °C) [1]. В случае твердых растворов с большим содержанием хрома  $Bi_4Ti_{2,92}Cr_{0,08}O_{11,96}$  и  $Bi_4Ti_{2,80}Cr_{0,20}O_{11,90}$  эндоэффект, связанный с упомянутым фазовым переходом, смещается в область чуть более низких температур (661 и 664 °C) и уменьшается.

Для образцов  $Bi_4Ti_{3-x}Cr_xO_{12-0.5x}$  (x = 0,00; 0,04; 0,15; 0,20) были исследованы температурные зависимости емкости (Cp, [ $\Phi$ ]) и тангенса угла диэлектрических потерь (D) при разных частотах налагаемого поля (1, 10, 100, 200 кГц), вычислены значения относительной диэлектрической проницаемости —  $\epsilon$  и удельной электропроводности —  $\sigma$  (Cм/м) в зависимости от температуры (рис. 4 и 5).

В исследуемом диапазоне концентраций хрома существенного отличия температурной зависимости общей электропроводности Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> и твердых растворов не наблюдается (рис. 5). Некоторый разброс значений, очевидно, связан с измерениями керамических образцов. Общая электропроводность, измеренная при частоте переменного поля 1кГц в диапазоне температур от 25 до 720 °C, возрастает на шесть порядков. На температурной зависимости диэлектрической проницаемости (рис. 4) максимумы, наблюдаемые при 920 К, связаны с сегнетоэлектрическим упорядочением [6, 9], что также было зафиксировано методом ДСК. Максимумы диэлектрической проницаемости в диапазоне 500 -700 К, вероятно, связаны с ион-дипольными, дипольдипольными релаксационными поляризационными процессами, природа которых однозначно не установлена.

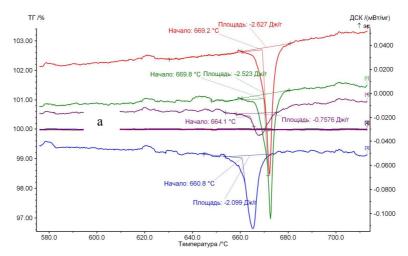


Рис. 3. Результаты термогравиметрического анализа (ДТА 1-4; ТГ 1'-4') образцов  $\mathrm{Bi}_4\mathrm{Ti}_3\mathrm{O}_{12}(1)$ ,  $\mathrm{Bi}_4\mathrm{Ti}_{2,98}\mathrm{Cr}_{0,02}\mathrm{O}_{11,99}(2)$ ,  $\mathrm{Bi}_4\mathrm{Ti}_{2,80}\mathrm{Cr}_{0,20}\mathrm{O}_{11,90}(3)$ ,  $\mathrm{Bi}_4\mathrm{Ti}_{2,92}\mathrm{Cr}_{0,08}\mathrm{O}_{11,96}(4)$ .

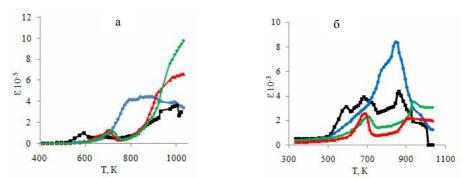
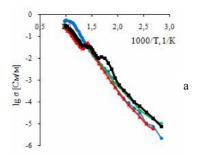


Рис. 4. Зависимость диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  от температуры при частотах переменного тока 1 кГц (а) и 200 кГц (б) для твердых растворов  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  ( $\blacksquare$ ),  $\text{Bi}_4\text{Cr}_{0,04}\text{Ti}_{2,96}\text{O}_{11,98}$  ( $\blacksquare$ ),  $\text{Bi}_4\text{Cr}_{0,15}\text{Ti}_{2,85}\text{O}_{11,92}$  ( $\blacksquare$ ),  $\text{Bi}_4\text{Cr}_{0,20}\text{Ti}_{2,80}\text{O}_{11,90}$  ( $\blacksquare$ ).



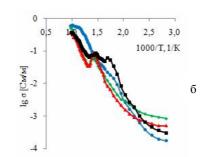


Рис. 5. Зависимость удельной электропроводности  $\lg \sigma$  от температуры при частотах переменного тока 1 кГц (а) и 200 кГц (б) для твердых растворов  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  ( $\clubsuit$ ),  $\text{Bi}_4\text{Cr}_{0.04}\text{Ti}_{2.96}\text{O}_{11,98}$  ( $\spadesuit$ ),  $\text{Bi}_4\text{Cr}_{0.15}\text{Ti}_{2.85}\text{O}_{11,92}$  ( $\spadesuit$ ),  $\text{Bi}_4\text{Cr}_{0.20}\text{Ti}_{2.80}\text{O}_{11,90}$  ( $\spadesuit$ ).

Для ряда образцов  $Bi_4Ti_{3-x}Cr_xO_{12-0.5x}$  (x=0.04; 0,08; 0,10; 0,20) были выполнены измерения магнитной восприимчивости, вычислены значения парамагнитной составляющей магнитной восприимчивости и магнитного момента (таблица) в зависи-

Значения магнитных моментов и константы Вейса (д ) при разных температурах

Твердый раствор	μ (T = 77K)	μ (T = 180K)	$\mu  (T = 293K)$	μ (T = 400K)	θ, Κ
Bi <sub>4</sub> Ti <sub>2,96</sub> Cr <sub>0,04</sub> O <sub>11,98</sub>	3,07	3,29	3,43	3,45	- 27
$Bi_4Ti_{2,92}Cr_{0,08}O_{11,96}$	2,98	3,19	3,33	3,39	- 34
$Bi_{4}Ti_{2,90}Cr_{0,10}O_{11,95}$	2,93	3,21	3,31	3,36	- 34
$Bi_{4}Ti_{2,80}Cr_{0,20}O_{11,90}\\$	2,95	3,29	3,41	3,48	- 46

мости от температуры. Температурные зависимости обратной величины парамагнитной составляющей магнитной восприимчивости хромсодержащих твердых растворов титаната висмута линейны (рис. 6) и пересекаются с осью температур в отрицательной области (константа Вейса,  $\theta < 0$ ). Отрицатель-

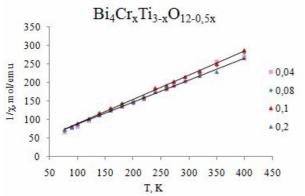


Рис. 6. Температурная зависимость обратной величины парамагнитной составляющей магнитной воспримичивости твердых растворов  $\mathrm{Bi_4Ti_{3-x}Cr_xO_{(12\cdot0,5x)}}$  (x = 0,04; 0,08; 0,10; 0,20).

ное значение константы Вейса, а также тот факт, что во всем температурном интервале магнитный момент парамагнитного атома хрома меньше, чем чисто спиновое значение  $3.87 \mu_{\rm F}$  для электронной

конфигурации d<sup>3</sup> (Cr<sup>+3</sup>) и при этом заметно растет по мере увеличения температуры, свидетельствуют о значительном антиферромагнитном обменном взаимодействии, проявляющемся в исследуемых твердых растворах [11].

#### Заключение

Синтезированы образцы хромсодержащих титанатов висмута со структурой слоистого перовскита с составом:  $\text{Вi}_4\text{Cr}_x\text{Ti}_{3-x}\text{O}_{12-0,5x}$ , где  $0,00 \le x \le 1,50$ . Однофазные хромсодержащие твердые растворы со структурой слоистого перовскита (B2cb) образуются при  $x \le 1,2$  с параметрами элементарной ячейки, близкими по значению параметрам решетки  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ . Установлено, что в процессе термообработки состав образцов не меняется.

Методом ДСК для твердых растворов со структурой слоистого перовскита зарегистрированы эндотермические эффекты при температурах, близких к 660 °C, связанные с фазовым переходом «сегнетоэлектрик-параэлектрик» так же, как для  $\mathrm{Bi}_4\mathrm{Ti}_3\mathrm{O}_{12}$ .

Диэлектрическая проницаемость  $Bi_4Ti_3O_{12}$  и твердых растворов нелинейно зависит от температуры при всех использованных частотах переменного поля. Температуры максимумов диэлектрической константы на зависимостях в области температур 950 – 1000 К (650 – 700 °C) коррелируют с температурами упомянутого фазового превращения, подтверждая его. Величины и ход температурной зависимости общей электропроводности полученных хромсодержащих твердых растворов и титаната висмута  $Bi_4Ti_3O_{12}$  практически идентичны.

На основании измерений магнитной восприимчивости получены значения магнитного момента меньшие, чем чисто спиновое значение 3,87  $\mu_{\rm B}$  для электронной конфигурации  ${\rm d}^3$  ( ${\rm Cr}^{+3}$ , S = 3/2), возрастающие с повышением температуры. Отрицательные значения константы Вейса, величины магнитного момента и их зависимость от температуры указывают на антиферромагнитный характер обменных взаимодействий в хромсодержащих твердых растворах слоистого титаната висмута.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН за определение содержания металлов в исследуемых образцах.

#### Литература

- Смоленский Г.А., Боков В.А., Исупов В.А. и др. Физика сегнетоэлектрических явлений. Л.: Наука, 1985. 396 с.
- 2. Зверева И.А., Скоробогатов Г.А. Синтетические перовскитоподобные слоистые оксиды. СПб., ВВМ., 2009. С. 17.
- 3. Lufaso M.W., Vanderah T.A., Pazos I.M. et al. Phase formation, crystal chemistry and properties in the system  $\rm Bi_2O_3-Fe_2O_3-Nb_2O_5$  J. Solid State. Chem 179 (2006) 3900–3910.
- Mairesse G. Bismuth-Based oxide conductors // Novel Structural and Electrochemical Features. – Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 1993.
- 5. Hervoches H., Snedden A., Riggs R. et al. Structural behavior of the four-layer Aurivillius-phase ferroelectrics  $\rm SrBi_4Ti_4O_{15}$  // J. Solid State Chemistry. 2002. Vol. 164. P. 280–291.
- Pineda-Flores J.L., Chavira E., Huanosta-Tera A.
   Ferroelectric characteristics in Aurivilius solid solutions: Bi4-xLnxTi3O12 (Ln = Gd, Dy), 0 < x < 0,8. // Physica C. 2001. Vol. 364-365. P. 674-677.</li>

- 7. Pirovano C., Islam M. S., Vannier R.-N. at all. Modelling the crystal structures of Aurivillius phases // J. Solid State Ionics. 2001. Vol. 140. P. 115–123.
- 8. Boullay Ph., Trolliardl G., Mercurio D. at all. Toward a unified approach to the crystal chemistry of Auruvillius-type compounds // J. Solid State Chemistry. 2002. Vol. 164. P. 252–271.
- 9. Subbana G.N., Guru Row T.N., Rao C.N.R. Structure and dielectric properties of recurrent intergrowth structures formed by the Auri-villius family of bismuth oxides of the formula  ${\rm Bi_2A_{n-1}BnO_{3n+3}}$  // J. Solid State Chem. 1990. Vol. 86. No. 2. P. 206–211.
- 10. *Морозов М.И.*, *Гусаров В.В.* Синтез соединений типа  $A_{m-1}Bi_2M_mO_{3m+3}$  в системе  $Bi_4Ti_3O_{12}$   $BiFeO_3$  // Неорганические материалы. 2002. Т. 38. № 7. С. 867–872.
- 11. Ракитин Ю.В., Калинников В.Т. Современная магнетохимия / Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья. СПб.: Наука, 1994. 276 с.

Статья поступила в редакцию 11.10.2011.

#### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 502.654(470.13)

## ПРОБЛЕМА БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ЕЕ РЕШЕНИЕ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

И.Б. АРЧЕГОВА, И.А. ЛИХАНОВА

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

Статья посвящена проблеме рекультивации нарушенных земель в Республике Коми. Приводятся сведения о динамике нарушенных и рекультивированных земель в республике, связанной с историей промышленного освоения края. Отмечены недостатки практических приемов, которые применялись на начальном этапе развития работ по рекультивации нарушенных земель. Показано, что способы рекультивации, выполнявшиеся без учета особенностей строения и функционирования природных экосистем Севера, оказались мало эффективными. В работе рассматриваются результаты многолетних научных исследований по восстановлению нарушенных земель, итогом которых является разработка концепции «природовосстановления» и системы практических приемов, адаптированных к специфике природно-климатических условий Севера.

Ключевые слова: рекультивация, Республика Коми, практические приемы биологического этапа рекультивации, концепция «природовосстановления»

## I.B. ARCHEGOVA, I.A. LIKHANOVA. BIOLOGICAL RECULTIVATION PROBLEM AND ITS SOLUTION IN THE EUROPEAN NORTHEAST, THE KOMI REPUIBLIC AS AN EXAMPLE

The paper deals with the problem of disturbed lands recultivation in the Komi Republic. It contains data on the dynamics of disturbed and recultivated lands in the Komi Republic connected with the history of industrial development of the republic. The disadvantages of the practical methods that were applied at the initial stage of disturbed lands recultivation are highlighted. The recultivation techniques done without knowledge on structure and functions of natural ecosystems in the North are shown to be ineffective. The results of long-term scientific studies on restoration of the disturbed lands are considered. As a result the "nature restoration" concept and the system of practical techniques adapted to specific natural-climatic conditions of the North are developed.

Key words: recultivation, Komi Republic, practical techniques of the recultivation biological stage, "nature restoration" concept

Республика Коми расположена на северовостоке европейской части России. Крайняя южная точка республики находится на 59°12′ с.ш., крайняя северная – 68°25′ с.ш., крайняя западная – 45°25′, крайняя восточная – 66°15′. Большая протяженность территории обуславливает разнообразие климатических условий в Республике Коми. Среднегодовая температура воздуха от +1°С на юге республики понижается к северу до –6°С, годовая сумма осадков в том же направлении меняется от 625 до 450 мм. На территории республики представлены

биоклиматические зоны тундры и тайги (крайнесеверной, северной, средней и южной). Тундра, занимающая 3.3% территории республики, представлена подзоной южных кустарниковых (крупноерниковых) тундр. Южнее идет широкая полоса лесотундры (8.1% общей площади). Основная площадь республики приходится на зону тайги, в том числе на подзону крайнесеверной тайги — 23.1%, северной — 25.4, средней — 39.5, южной — 1.0%. Зональная растительность, развивающаяся в плакорных условиях таежной зоны, — еловые леса [1].

Республика Коми, достаточно суровая по климатическим условиям, оказалась богатой ресурсами, в том числе горючими - нефть, уголь, газ. Первая крупная комплексная геологоразведочная экспедиция была направлена на р. Ухта в 1929 г., в 1930 г. официально открыто первое в Коми АО месторождение легкой нефти с промышленными запасами, названное Чибьюским, разведано Ярегское месторождение тяжелой нефти. Развернувшиеся в Коми республике геологоразведочные работы выявили большую Тимано-Печорскую нефте-газовую провинцию и открыли ряд нефтяных месторождений. К юго-востоку от г. Ухта в верховьях р. Ижма начал разрабатываться Ижма-Омринский нефтегазоносный район. В 1935 г. открыто крупное Седъёльское газовое месторождение. К 1940 г. в Коми ACCP добыто 69.8 т нефти, 15.3 млн. м<sup>3</sup>. газа. В 1930 г. Г.А. Черновым открыто месторождение высококачественных коксующихся углей на р. Воркута. Промышленная эксплуатация месторождений в Воркутинском р-не началась в 1934 г. К 1940 г. в Коми АССР добыто 0.3 млн. т угля [2].

В соответствии с активно развивавшейся добычей нефти, газа, угля началось интенсивное использование лесных ресурсов. Вывозка древесины в 1932 г. составляла 3.3, в 1940 г. – 6.9 млн. м³. Таким образом, в первой половине XX в. на европейском Северо-Востоке СССР, а именно в Коми АССР, стремительно развивались геолого-разведочные работы и промышленная добыча природных ресурсов [2].

В последующие годы быстрыми темпами нарастала добыча угля, нефти и газа. Так, в 1960 г. добыто 17.6 млн. т угля, а в 1980 г. — 28.6. С 1960 по 1980 г. добыча нефти возросла с 0.8 до 20.4 млн. т/год, газа — с 1.0 до 19.4 млрд. м $^3$ . [2]. За это же время построены магистральные нефте- и газопроводы. Активно велись лесозаготовки. В 1960 г. вывезено 15.5 млн. м $^3$  древесины, в 1980 г. — 21.5. Активизация лесозаготовок сопровождается интенсивным строительством лесовозных дорог [2].

Вместе с активным промышленным развитием территории происходил рост площади нарушенных земель, приобретавший все большие масштабы. Однако до 1970-х гг. работы по восстановлению (рекультивации) нарушенных земель не проводились [3]. Систематические данные о динамике площадей нарушенных и рекультивированных земель за этот период в опубликованных источниках нами не найдены. Отсутствовала законодательная база для проведения рекультивационных работ. Принятие ряда документов, предусматривающих необходимость рекультивации нарушенных земель: Земельных кодексов союзных республик, «Основных положений по восстановлению земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, проведении геологоразведочных, строительных и иных работ», введенных в действие с 1 января 1972 г., послужило толчком для начала систематического проведения рекультивационных работ в Коми АССР. Таким образом, только в последней трети XX в. в Республике Коми начались систематический учет нарушенных промышленным воздействием земель и исследования по рекультивации.

Как видно из табл. 1, из общей площади нарушенных земель Республики Коми большая доля приходится на северные регионы — муниципальные образования городских округов Воркута, Инта, Усинск и подчиненные им территории, где расположены основные месторождения природных ископаемых.

Таблица 1 Динамика площади нарушенных земель по Республике Коми \*, га

Террито-			Γο	ДЫ		
риальные единицы	1985	1990	1995	2000	2005	2009
Республика Коми	20766	17282	15869	13706	11989	14161
Муниципальное образование городского округа «Сыктывкар»	-	6	34	60	55	54
Муниципальное образование городского округа «Воркута»	1389	1841	1036	1268	1222	1340
Муниципаль- ное образо- вание «Го- род Инта»	1324	1728	1332	1942	1903	1903
Муниципаль- ное образо- вание город- ского округа «Усинск»	7406	3780	2827	3793	2577	4741
Муниципальное образование городского округа «Ухта»	407	462	515	726	728	731
Муниципаль- ное образова- ние муници- пального р-на «Вуктыл»	2344	2230	1824	395	230	195
Муниципальное образование муниципального р-на «Печора»	524	1223	1606	1026	1354	1133
Муниципальное образование муниципального р-на «Сосногорск»	1500	946	1125	513	356	494
Муниципальное образование муниципального р-на «Ижемский»	40	182	268	231	439	397

Террито-			Γο	Окон ды	ічание т	абл. 1
риальные единицы	1985	1990	1995	2000	2005	2009
Муниципальное образование муниципальногорна «Княжпогостский»	109	197	163	326	267	419
Муниципальное образование муниципального р-на «Койгородский»	70	110	94	97	57	35
Муниципальное образование муниципального р-на «Корткеросский»	937	287	602	382	227	227
Муниципаль- ное образо- вание муни- ципального р-на «При- лузский»	305	442	544	444	437	410
Муниципаль- ное образо- вание муни- ципального р-на «Сык- тывдинский»	1022	1161	1411	632	458	458
Муниципальное образование муниципального р-на «Сысольский»	119	75	144	411	381	346
Муниципальное образование муниципального р-на «Троицко-Печорский»	1984	1387	1349	570	468	389
Муниципальное образование муниципального р-на «Удорский»	581	574	280	120	137	145
Муниципальное образование муниципальногорна «УстьВымский»	198	201	242	188	170	221
Муниципаль- ное образо- вание муни- ципального р-на «Усть- Куломский»	460	341	364	422	384	384
Муниципальное образование муниципальногорна «Устьцилемский»	34	109	140	160	139	139

Примечание: \* - по данным стат. сборников [4, 5].

При анализе динамики общей площади нарушенных земель с 1985 г. обращает внимание отчетливо прослеживающаяся тенденция к снижению последней (табл. 1, рис. 1). Это связано с начавшейся в 1990-х гг. перестройкой экономики страны, сопровождавшейся сокращением промышленной добычи природных ресурсов в северном регионе.

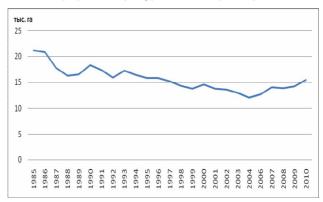


Рис. 1. Динамика общей площади (тыс. га) нарушенных земель в Республике Коми (по данным стат. сборника «Охрана ...» [4] и Гос. докладов ...[6]).

Поскольку до 70-х гг. XX в. рекультивацию не проводили, этим, вероятно, можно объяснить чрезвычайно малую площадь рекультивированных земель в 1980 г. (табл. 2). С 1985 г. масштабы рекультивации существенно возрастают, но при этом сильно варьируя в отдельные годы по отношению к площади нарушенных земель. Примечательно, что площадь рекультивированных земель за период 1985–2005 гг. большей частью превышает площадь нарушенных (табл. 2). В Государственных докладах

Соотношение площадей нарушенных и рекультивированных земель в Республике Коми\*

Годы	Нарушено земель, га	Рекультивировано земель, га		
1980	2423	147		
1985	3723	3848		
1990	2784	3766		
1995	1919	1878		
1997	1351	2246		
1998	1087	1705		
1999	2349	1552		
2000	414	1306		
2004	676	885		
2005	875	1543		
2006	747	230		
2007	2286	842		
Іримечание:	* – по данным	Статистических еж		

Примечание: \* — по данным Статистических еже годников ... [9, 10].

по охране окружающей среды в Республике Коми за 1998, 1999 гг. [6], статистических сборниках «Охрана ...» [4, 7] отмечены недостатки в системе работ по рекультивации. В частности, указано, что цикл рекультивационных работ в Республике Коми

ограничивается только первым, техническим этапом. «Рекультивация отработанных нарушенных земель сводится к техническому этапу, с последующим естественным лесовосстановлением и возобновлением травянистой растительности» [6]. В.П. Гладковым [8] отмечено, что «... при составлении проектов суть рекультивационных работ не раскрывается, что является недоработкой проектов. В результате на практике чаще всего рекультивация сводится к элементарной планировке участка». Таким образом, реальное увеличение площади рекультивированных земель, по-видимому, было существенно меньше. Варьирование показателей связано как со слабой теоретической разработкой, так и с недостаточно разработанными практическими приемами рекультивации.

Теоретические основы и практические приемы рекультивации закладывались в южных районах страны (в лесостепной, степной зонах, смешанных и широколиственных лесах), характеризующихся развитым земледелием [11 – 13]. Основная задача состояла в том, чтобы за короткий срок возвратить нарушенные земли в дальнейшее сельскохозяйственное использование. Для условий Севера со слабым развитием земледелия, где традиционные приемы хозяйствования (оленеводство, охота, рыбная ловля) связаны с состоянием природных экосистем, главной целью рекультивации становится восстановление природных экосистем на нарушенных территориях.

Попытки использовать на Севере принципы и приемы, разработанные для южных территорий, оказались практически неэффективными в суровых почвенно-климатических условиях. В частности, такой прием, как землевание – нанесение гумусированного слоя на нарушенную поверхность, в условиях Севера неприемлем. Это связано с особым строением почв таежной и тундровой зон, в которых под слоем моховой подстилки малой толщины практически отсутствует минеральный гумусовый слой [14 – 17].

Многолетние комплексные исследования группы сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН на Северо-Востоке европейской части России, посвященные разработке теоретических основ природопользования, позволили разработать концепцию ускоренного «природовосстановления» на Крайнем Севере [18 - 21]. Концепция опирается на принцип системности и представление о самовосстановлении экосистемы как сукцессионном процессе. Видовое разнообразие растительного сообщества, изменяясь при любых внешних, в том числе техногенных (антропогенных) воздействиях, является интегральным показателем состояния экосистемы. Основными положениями методологического подхода являются следующие:

- природная экосистема рассматривается как целостное, «эмерджентное» образование, состоящее из взаимосвязанных и взаимообусловленных структур: растительного сообщества, микробно-фаунистического комплекса, трансформирующего органические растительные остатки, и продуктивного слоя почв;
- главным связующим процессом между компонентами экосистемы является механизм биоло-

гического оборота органического (растительного) вещества и энергии:

- почва является компонентом экосистемы, в котором замыкается биологический оборот органического вещества;
- разрушение любой из структур экосистемы разрушает связующий механизм биологический оборот, и ведет к распаду экосистемы как единого целого.

Ни один из элементов экосистемы не может функционировать изолированно друг от друга. Как следствие, ни один из элементов экосистемы не может быть восстановлен отдельно друг от друга, т.е. вне системы.

Особенности структурного строения северных экосистем обусловлены суровым климатом в сочетании с наличием многолетнемерзлых пород, следствием этого является сокращение «зоны жизни» и тесное совмещение системных структур (биоты и почвы) в приповерхностном маломощном слое, резко граничащей с холодной практически инертной толщей пород. Такое строение делает систему в целом сильно уязвимой к техногенному воздействию и быстро разрушаемой. Обнажение малопродуктивной минеральной толщи обуславливает чрезвычайно медленное самовосстановление разрушенной биоты, провоцирующее активное развитие ускоренной эрозии.

Целью системы «природовосстановления» является восстановление экосистемы в полном объеме, а не ее отдельных компонентов. Традиционно рекультивацию рассматривают как ускоренный возврат нарушенных земель в хозяйственное использование (преимущественно в сельскохозяйственное), и упор делается на восстановление только одного из компонентов экосистемы — почвы.

Приемы «природовосстановления» должны соответствовать конкретным климатическим условиям и региональному направлению экономики, т.е. традиционному типу хозяйствования в регионе. На основе концепции «природовосстановления» для условий Севера разработана двухэтапная система практических приемов управляемого «природовосстановления» (рис. 2).

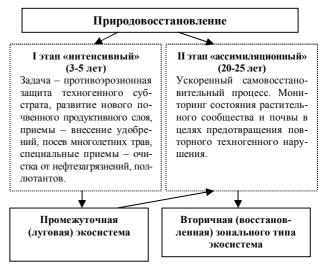


Рис. 2. Схема комплекса приемов природовосстановления.

На первом этапе, «интенсивном», в короткие сроки (3–5 лет) с применением базового приема – посева местных многолетних трав по фону органических и минеральных удобрений — формируется травянистая экосистема и биогенно-аккумулятивный (новый плодородный) слой. При загрязнении нарушенной территории нефтью на этом же этапе используют дополнительные специальные биологические приемы (применяют микробиологические препараты, биосорбенты). Этап занимает 3–5 лет, основным критерием его завершения является формирование травяного сообщества с общим проективным покрытием растений не менее 70%.

На втором этапе, «ассимиляционном», агрорежим снимается, и в процессе самовосстановительной сукцессии сформированное на первом этапе травянистое сообщество постепенно замещается лесной или тундровой экосистемой. Ускорение развития зональной экосистемы определяет формирование нового продуктивного слоя на первом этапе.

В рамках проверки данной концепции проведены долговременные опыты по восстановлению экосистем в подзоне крайнесеверной тайги [22] и тундре [23], подтвердившие эффективность разработанной практической системы «природовосстановления».

Предложенная концепция «природовосстановления» расширяет традиционное представление о рекультивации, рассматривается как необходимая, конструктивная часть системы охраны природы. Она имеет принципиальное значение и при некоторой корректировке может быть использована в разных природных зонах.

Концепция вписывается в представление об обязательности сохранения ненарушенных природных экосистем в объеме, необходимом для поддержания биосферного равновесия на Земле. Так, К.С. Лосев [24] подчеркивает, что на Земле можно лишь на какой-то части заменить естественные экосистемы на искусственные (аграрные и техногенные) без подрыва механизма биотической регуляции и, следовательно, появления глобальных нарушений окружающей среды и угрозы развития глобального экологического кризиса. Эту предельную территорию под искусственными экосистемами он называет несущей экологической (хозяйственной) емкостью биосферы [25]. В настоящее время многие недооценивают важность сохранения естественных экосистем как гаранта стабильности среды биосферы. Переход цивилизации за пределы несущей экологической емкости биосферы проявился в изменении природной среды, последствиями которой стали изменение климата, прогрессирующее загрязнение окружающей среды, нарушение здоровья людей, обеднение почв и т.д. [24]. В связи с этим глубокий смысл получает концепция «природовосстановления» нарушенных человеком территорий, состоящая в восстановлении на них именно природных экосистем, выполняющих крайне важные биосферные функции. Равновесие в системе природопользования поддерживается «природовосстановлением», адекватным масштабам разрушения. При отсутствии адекватности в системе «человек-природа» создаются кризисные экологические ситуации, разрешение которых связано с изменением отношения человека к Природе. Необходима большая ответственность за сохранение среды своего обитания и всего живого мира в его разнообразии, понимание в общем простой мысли – взятое из Природы должно быть восполнено дополнительными затратами труда и финансов. Это есть теснейшая связь экологии и экономики.

#### Литература

- 1. Республика Коми: Энциклопедия. Т.1. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1997. 472 с.
- 2. *История Коми* с древнейших времен до конца XX века. Т. 2. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 2004. 704 с.
- 3. Спирягин В.И. Социально-экономическая эффективность природоохранных мероприятий в Коми АССР //Эколого-экономические аспекты природопользования на европейском северо-востоке СССР. Сыктывкар, 1990. С. 25−34. (Труды Коми научного центра УрО АН СССР; №111).
- 4. Охрана окружающей среды в Коми АССР. Статистический сборник / Госкомстат РСФСР Коми Республиканское управление статистики. Сыктывкар, 1991. 180 с.
- 5. Природопользование и охрана окружающей среды в Республике Коми. Статистический сборник / Комистат. Сыктывкар. 2010. 186 с.
- 6. Государственные доклады о состоянии окружающей природной среды Республики Коми за 1992 2010 гг. Сыктывкар.
- 7. *Охрана окружающей среды* Республики Коми в 1995 г. Статистический сборник / Госкомстат РК. Сыктывкар,1996. 76 с.
- 8. Гладков В.П. Проектирование и охрана окружающей среды в районах проведения буровых разведочных работ // Охрана окружающей среды при разведке, добыче и транспортировке углеводородного сырья. Сыктывкар, 1989. С. 6–17. (Труды Коми НЦ УрО АН СССР; №104).
- 9. Статистический ежегодник Республики Коми. Статистический сборник / Госкомстат РФ, Комитет государственной статистики РК. Сыктывкар, 2003. 360с.
- 10. Статистический ежегодник Республики Коми. Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Республике Коми. Сыктывкар, 2008. 452 с.
- 11. О рекультивации земель в степи Украины / Н.Е.Бекаревич, Н.Д.Горобец, А.А.Колбасин, Н.Т.Масюк, Н.И.Пистунов, Л.П.Сидорович, И.Х.Узбек. Днепропетровск: ПромІнь, 1971. 217 с.
- 12. Данько В.Н. Лесные рекультивации на отвалах открытых горно-промышленных разработок Украины // Лесоводство и агролесомелиорация. 1969. №18. С. 7–11.

- 13. *Моторина Л.В.*, *Овчинников В.А.* Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975. 240 с.
- 14. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное издво, 1975. 344 с.
- 15. *Арчегова И.Б.* Гумусообразование на севере Европейской территории СССР. Л.: Наука, 1985. 136 с.
- 16. *Арчегова И.Б.* О характере процессов почвообразования в некоторых ландшафтах Воркутинской тундры: Материалы по почвам Коми АССР. Сыктывкар, 1972. С. 38–46.
- 17. *Арчегова И.Б.* Гумусовый профиль и некоторые свойства типичных подзолистых почв Северо-Востока европейской части СССР: Материалы по почвам Коми АССР. Сыктывкар, 1974. С. 43–50.
- 18. *Биологическая рекультивация* на Севере (вопросы теории и практики) / Под ред. И.Б.Арчеговой. Сыктывкар, 1992. 104 с.
- Арчегова И.Б. Эффективная система природовосстановления основа перспективного природопользования на Крайнем Севере. Сыктывкар, 1998.
   с. (Научные доклады / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 412).

- 20. Экологические основы восстановления экосистем на Севере / Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; отв. ред. И.А. Арчегова. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 72 с.
- 21. Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере / Коллектив авторов. Сыктывкар, 2009. 176 с.
- 22. Лиханова И.А., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М. Восстановление лесных экосистем на антропогенно нарушенных территориях подзоны крайнесеверной тайги европейского Северо-Востока России. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 103 с.
- 23. Панюков А.Н., Котелина Н.С., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М. Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера. Екатеринбург, 2005. 120 с.
- 24. Лосев К.С. Мифы и заблуждения в экологии. М.: Научный мир, 2010. 224 с.
- 25. Биотическая регуляция окружающей среды / В.В.Горшков, В.Г.Горшков, В.И.Данилов-Данильян, К.С.Лосев, А.М.Макарьева // Экология. 1999. №2. С. 104–118.

Статья поступила в редакцию 28.09.2011.

УДК 570:613:314.02

#### ЭКОЛОГО-МЕДИЦИНСКАЯ ОЦЕНКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕ-НИЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

И.С. БОДНАРЬ, В.Г. ЗАЙНУЛЛИН

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

В Республике Коми сложилась относительно напряженная медико-экологическая обстановка. Проведена сравнительная эколого-медицинская оценка географически сходных, но различающихся по экологическим условиям районов. Опасной особенностью последнего десятилетия в Республике Коми явился рост первичной детской заболеваемости в сельской местности. Территориями риска по развитию экологически обусловленной патологии являются города Сыктывкар, Ухта, Троицко-Печорский и Прилузский районы.

Ключевые слова: Европейский Север, заболеваемость населения на Севере, территории риска

## I.S. BODNAR, V.G. ZAINULLIN. ENVIRONMENTAL HEALTH ASSESSMENT OF MORBIDITY OF THE POPULATION IN THE REPUBLIC OF KOMI

There is rether intense medical and ecological situation in the Komi Republic. The comparative ecological and medical assessment of geographically similar, but environmentally differing regions was carried out. Dangerous characteristic of last decade in the Komi Republic was growth of primary child morbidity in rural areas. Risk territories on development of environmental impact patholody are Syktyvkar, Ukhta, Pechora, Troitsko-Pechorsky and Priluzsky regions.

Key words: European North, morbidity of the population in the North, risk territories

Уровень общественного здоровья – это показатель качества жизни населения, индикатор социально-экономических преобразований, а также экологических проблем. На Севере выживание, сохранение здоровья и полезный труд возможны только благодаря определенному напряжению адаптационных возможностей организма и созданию глубоко продуманной и целесообразной социальной системы жизнеобеспечения [1].

Республика Коми расположена на Северо-Востоке европейской части Российской Федерации. В состав республики входят районы, неоднородные по природно-климатическим условиям, национальному составу, уровню антропогенной нагрузки. Можно выделить промышленно развитые районы с преобладанием городского населения и неблагоприятной экологической ситуацией (Сыктывкар, Ухта, Сосногорск), сельские аграрные районы с высокой долей коми населения (коми ижемцы – Ижемский р-н, южные коми - Корткеросский, Койгородский, Прилузский районы), а также русского населения (Усть-Цилемский р-н), северные районы с преобладанием городского пришлого населения и высокой миграцией, связанной с закрытием угольных шахт (Воркута, Инта). Такая экологическая неоднородность условий отражается в различном уровне заболеваемости населения отдельных районов.

По предварительным данным переписи 2010 г., в республике постоянно проживает 901,6 тыс. чел. Относительно предыдущей переписи, которая состоялась в 2002 г., численность населения республики уменьшилась на 11,5 % [2]. Сокращение численности имеет два источника – это отрицательный естественный прирост и миграционнная убыль. Главной причиной долговременного снижения естественного прироста стало падение рождаемости [3]. Суммарный коэффициент рождаемости в 2009 г. составил 1,49, поэтому имеющийся на сегодня уровень рождаемости обеспечивает воспроизводство лишь на 69,6 %. Следующая составляющая демографического кризиса - это «сверхсмертность» населения. В динамике смертности за период 1987 – 2009 гг. можно выделить несколько этапов: повышение с 1987 г. по 1994 г. (с 7,7 до 13,7 ‰), снижение с 1994 г. по 1998 г., рост с 1998 г. по 2005 г. (с 10,5 до 15,2 %), а в период 2005 - 2009 гг. - вновь снижение с 15,2 до 12,8 ‰. На первом месте в структуре смертности стоят болезни системы кровообращения, на втором внешние причины, на третьем - смертность от новообразований [4].

К факторам риска на Севере можно отнести, прежде всего, холодовой фактор, перепады барометрического давления и напряженный ветровой режим вследствие высокой циклонической активно-

сти, высокий уровень влажности, выраженную сезонную фотопериодичность с явлениями полярных ночей и дней, малое содержание кислорода в воздухе, наличие естественных геохимических провинций и геопатогенных зон [5].

Нозологическая панорама Севера характеризуется не большим числом специфических северных болезней, а глубоким своеобразием клинического течения и патологоанатомических проявлений тех болезней, которые в иной форме встречаются за пределами северных территорий. Характерны не только разные формы криопатологий, болезни сердечно-сосудистой, легочной, пищеварительной и нервной систем, но и патологические процессы, связанные с биогеохимическими факторами [1]. В северных районах распространены капилляропатия лёгких, неспецифические хронические заболевания лёгких, гипертензия малого круга кровообращения, гипертрофия правого сердца и другие заболевания кардио-респираторной системы [6]. Процесс адаптации к условиям высоких широт сопровождается специфической перестройкой метаболических процессов, что и является основой для развёртывания всех последующих событий на уровне тканей, органов и целостного организма у северян и завершается формированием специфического только для условий Севера своеобразного «полярного адаптивного метаболического типа» [7].

Север представляет собой огромную полиэлементную биогеохимическую провинцию со сниженными адаптивными возможностями человека, где нарушения минерального обмена носят масштабный характер [8]. Помимо природно-климатических и биогеохимических факторов, значительное влияние на здоровье населения оказывает загрязнение окружающей среды вследствие деятельности промышленных предприятий и добычи полезных ископаемых. В 2010 г. основная масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Республике Коми приходилась на добычу сырой нефти и природного газа - 198 306 т, каменного угля - 161 618 т, производство, передачу и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды – 96 661,8 т и деятельность сухопутного транспорта – 78 017 т [9].

Целью данной работы является изучение динамики и состояния здоровья населения Республики Коми, проживающего в экологически неоднородных районах.

#### Методика

В работе представлены показатели заболеваемости всего населения и детей 0-17 лет по районам республики. Проведен сравнительный анализ заболеваемости географически сходных соседних районов и городских округов, различающихся по своему национальному составу, уровню антропогенной нагрузки и по экологическим условиям местности (Усть-Цилемский и Ижемский р-ны, города Сыктывкар и Ухта, Троицко-Печорский р-н и г. Вуктыл). Заболеваемость изучалась в динамике по статистическим данным Минздрава Республики Коми, Центрального НИИ Организации и информа-

тизации здравоохранения, Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Коми [10]. Параметры среды, суммарные выбросы от стационарных источников, состояние почвы, атмосферных осадков и воды оценивались по материалам Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды Республики Коми [9]. По полученным данным, с помощью программ ArcView 3.2, Corel Draw, Exel были составлены карты-схемы первичной заболеваемости с диаграммами динамики по районам. При анализе данных использовали стандартные методы статистики, сравнение районов по уровню заболеваемости проводили с помощью критерия знаков и парного критерия Вилкоксона [11].

#### Результаты и обсуждение

За период 2000-2009 гг. среднемноголетняя первичная общая заболеваемость всего населения республики составила 954,6 на 1 тыс. чел. (далее – **%**, промилле). В Сыктывкаре (1 313,1 **%**), Ухте (976), Прилузском (1 161) и Троицко-Печорском (1 016 ‰) районах показатели выше среднереспубликанских. Впервые в жизни зарегистрированная (инцидентная) заболеваемость снижалась с 2000 до 2006 гг., затем наблюдался рост с наибольшим значением в 2009 г. (978,9 %). Первичная общая заболеваемость детей в 2009 г. составила 2560 заболевших на 1 тыс. детей (0-14 лет). Самые высокие показатели первичной детской заболеваемости зафиксированы в Троицко-Печорском р-не (3 381 %) и Сыктывкаре (3119,1), напряженная ситуация сложилась также в Прилузском р-не (2 839), городах Ухта (2 767) и Печора (2 663 %).

В структуре первичной заболеваемости первое место занимают болезни органов дыхания (46,4 %). Высокая первичная заболеваемость есть в том числе следствие ежегодных острых респираторных вирусных заболеваний в осенне-весенний период. Пульмонотропными факторами, оказывающими непосредственное влияние на систему внешнего дыхания, являются холод, влажность, тяжелый аэродинамический режим, фотопериодизм, колебания атмосферного давления, факторы электромагнитной природы и некоторые др. [12]. Свой вклад в развитие патологии органов дыхания вносит и экологическое неблагополучие (40–60 %) [13].

Самая высокая первичная заболеваемость органов дыхания отмечается в промышленных городах: Сыктывкар (547,1 ‰ на 1 тыс. чел.), Воркута (488), Ухта (489 ‰ на 1 тыс. чел.) (рис. 1). Заболеваемость органов дыхания у детского населения, с диагнозом, установленным впервые выше, чем в среднем по Северо-Западному ФО (1 483 и 1 370 %) соответственно). Первичная заболеваемость органов дыхания у детей (0-14 лет) возросла с 1 342 до 1 632 ‰ в период 2000-2009 гг. Темпы роста, превышающие 100 % за последние десять лет, отмечаются в сельской местности: Троицко-Печорском, Усть-Вымском, Ижемском, Княжпогостском, Койгородском, Сысольском районах. Наибольшая заболеваемость органов дыхания у детского населения с диагнозом, установленным впервые, в горо-

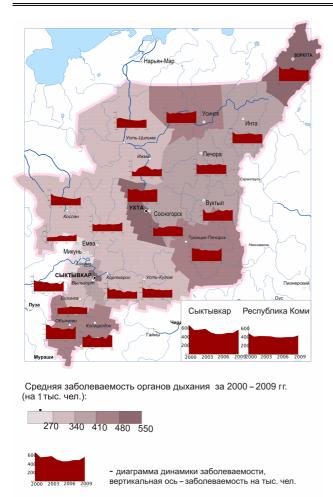


Рис. 1. Первичная заболеваемость органов дыхания (все население).

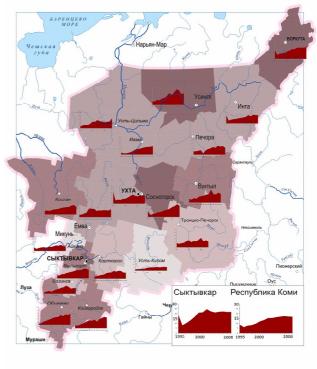
Составители: В Г. Зайнуллин. И.С. Болнарь

Масштаб: 1:8 000 000

дах: Сыктывкар (1 766 ‰), Ухта (1 676), Печора (1 547), а также Троицко-Печорский р-н (1 628 ‰).

Повышенная заболеваемость органов дыхания в промышленных центрах является экологически обусловленной. В силу того, что легкие и другие органы дыхания находятся на границе раздела двух сред - внутренней среды организма и внешней - они постоянно подвержены неблагоприятному влиянию вредных веществ, загрязнению атмосферного воздуха [14]. Зарегистрирован отчетливый параллелизм между ростом заболеваемости детей острыми и хроническими заболеваниями бронхолегочной системы и выраженностью загрязнения атмосферного воздуха [13]. Выбросы в атмосферу из стационарных источников в Сыктывкаре, Ухте, Печоре – самые высокие по республике, что может быть одной из причин повышенной первичной заболеваемости органов дыхания. В Сыктывкаре атмосферный воздух загрязнен бенз(а)пиреном и формальдегидом, присутствуют высокие концентрации взвешенных веществ. В Ухте загрязнителями атмосферного воздуха являются диоксид азота и бенз(а)пирен. В Троицко-Печорском р-не отсутствуют крупные промышленные предприятия, поэтому выбросы в атмосферу на порядок ниже, чем в городах. Но сумма минеральных выпадений в 2009 г. составила 18,572 г/м $^2$  в Сыктывкаре, 13,383 — Ухте, 24,924 г/м $^2$  — на ст. Троицко-Печорск [9].

Из группы болезней органов дыхания индикатором загрязнения окружающей среды является бронхиальная астма. Наибольшее количество детей с первично установленным диагнозом бронхиальная астма в среднем за 2000-2008 гг. по Республике Коми зафиксировано в Воркуте (17,5 % на 1 тыс. детского населения), Усинске (20,0 %), Сыктывкаре (21,8) (рис. 2). Воркута (208,8 тыс. т/год), Усинск (148.6 тыс. т/год) лидируют по выбросам в атмосферу от стационарных источников, что создает предпосылки для увеличения уровня заболеваемости. В Сыктывкаре имеются специфические примеси - формальдегид и бенз(а)пирен, а также высокий уровень загрязнения атмосферы (ИЗА=7,1). Отмечается достоверная корреляционная связь между увеличением концентрации формальдегида в атмосферном воздухе и частотой обращения детей с бронхиальной астмой [15].



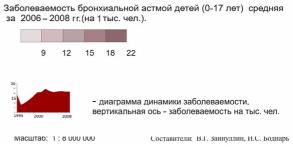


Рис. 2. Первичная заболеваемость бронхиальной астмой детей  $(0-17\ \text{лет})$ .

В Республике Коми заболеваемость бронхиальной астмой среди детей и подростков (0–17лет) увеличилась в два раза в период с 1995 по 2008 г., в том числе за счет заболевших в сельской местности (рис. 2). Наибольшие темпы прироста в Прилузском р-не (заболеваемость увеличилась в 10 раз), Усть-Цилемском – в пять, Койгородском – в четыре, в Ижемском, Сыктывдинском районах и в г.Усинск – в три раза. В республике на 30 % выше, чем в Центральной России, первичная заболеваемость кожи и подкожной клетчатки, в два раза выше регистрируемость атопического и контактного дерматитов среди всего населения. За последние 15 лет в республике заболеваемость увеличилась на треть (по России – на 8,1 %).

Предпосылками для развития сердечно-сосудистых заболеваний в республике являются употребление слабоминерализованных вод с низким содержанием кальция, магния, преобладание жирных, консервированных продуктов в рационе питания, низкие температуры, перепады давления, чрезмерное употребление алкоголя, курение, все большее распространение гиподинамического образа жизни, стрессовые ситуации [1,16,17]. Сердечно-сосудистые заболевания занимают первое место в структуре смертности населения республики.

С 1995 по 2008 г. в Республике Коми произошел рост сердечно-сосудистых заболеваний в 2,5 раза с 8,47 до 21,46 ‰, в том числе в Усинске и прилегающих к нему территориях – в четыре раза, Усть-Цилемском р-не – 4,8 раза, Троицко-Печорском – в пять раз. Наиболее высокий уровень заболеваемости регистрируется в Троицко-Печорском р-не (31,9 ‰) и г. Сыктывкар (27,53 ‰) (рис. 3). С 1995 по 2008 г. в республике наблюдается рост сердечно-сосудистой заболеваемости во всех районах, кроме Ухтинского. Наиболее высокие показатели первичной заболеваемости в Сыктывкаре и Троицко-Печорском р-не.

Первостепенная барьерная роль органов желудочно-кишечного тракта, и в особенности печени. их важное значение в обеспечении чистоты внутренней среды организма позволяют предполагать их частую вовлеченность в развитие экологически обусловленных нарушений здоровья. В Республике Коми заболеваемость органов пищеварения выше по сравнению с центральными областями и составила в 2009 г. 322,3 на 100 тыс. населения (в среднем по Центральному ФО - 258,1). В Коми выше первичная заболеваемость язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, гастритом. Заболевания пищеварительной системы составляют 4,5 % от всей первичной заболеваемости детского населения Республики Коми. Первичная заболеваемость органов пищеварительной системы у детского населения возросла с 76,7 до 109,7 на 1 тыс. детского населения в период с 2000 по 2009 г. «Территориями риска» с наиболее высокими показателями являются г. Ухта (189,7‰) и Троицко-Печорский р-н (176,1 %). Повышенная заболеваемость органов пищеварения в Республике Коми связана с высоким содержанием железа в питьевой воде [5]. Среднегодовое содержание железа в р. Пе-

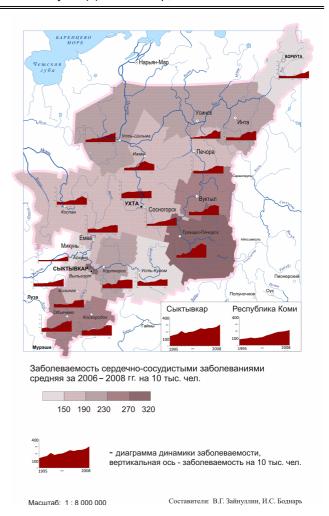


Рис. 3. Первичная заболеваемость органов кровообращения (все население).

чора в районе Троицко-Печорска 2–8 ПДК, р. Ухта – 2–4 ПДК.

Злокачественные новообразования являются индикаторной патологией, отражающей влияние на популяцию неблагоприятных факторов среды. Канцерогенез в большей мере связан с воздействием на организм различных загрязнителей атмосферного воздуха, воды, почвы и пищевых цепей [6]. В Республике Коми наблюдается рост первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями: с 229,6 до 305,5 (+33%) на 100 тыс. чел. в период с 2000 по 2009 г. Наибольшая заболеваемость (на 100 тыс. чел.) зафиксирована в городах Сыктывкар (311,5), Ухта (312,9), что может быть связано с загрязнением окружающей среды этих городов вследствие высокой антропогенной нагрузки, а также г. Печора (293,7), Троицко-Печорском (294,5), Койгородском (288, 93) районах (рис. 4). В структуре онкологической заболеваемости мужского населения Республики Коми ведущие ранги занимают рак трахеи, бронхов и легкого, желудка, лимфатической и кроветворной ткани и пищевода. У женщин наиболее часто встречающимися формами новообразований являются рак молочной железы, ободочной кишки, кожи без меланомы, крови и лимфатической системы.

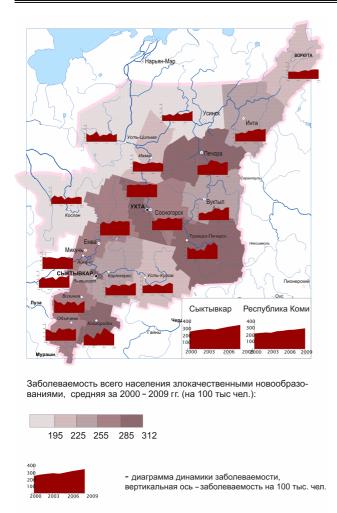


Рис. 4. Первичная заболеваемость всего населения злокачественными новообразованиями.

Масштаб: 1:8 000 000

Составители: В.Г. Зайнуллин, И.С. Болнарь

Сходные по географическому положению районы республики, как показал среднемноголетний анализ, имеют существенные различия в заболеваемости населения. Сравнение заболеваемости таких районов позволяет выявить действие специфических экологических факторов, этнические особенности заболеваемости проживающего в районе населения.

Усть-Цилемский и Ижемский районы расположены на северо-западе республики, в сходных природно-климатических условиях. Тем не менее, имеются разительные отличия в культуре и быте проживающего на этих территориях населения, которые отражаются на структуре и динамике их заболеваемости. В Ижемском р-не более 85 % населения – ижемские коми, Усть-Цилемском – свыше 85 % русские, староверы, переселившиеся на эти территории вследствие вынужденной миграции много поколений назад. Географическая удаленность и ограниченность коммуникационных связей способствовали территориальной изолированности, стабильности населения [18]. Анализ данных с 1991 г. показал, что до 2002 г. общая заболеваемость в Усть-Цилемском р-не была достоверно выше, чем Ижемском (Рт≤ 0,05). После 2002 г. отмечается рост заболеваемости среди всех групп населения Ижемского р-на, в результате чего заболеваемость в обоих районах сравнялась. Данная тенденция наблюдается по заболеваемости органов пищеварения, сердечно-сосудистой системы среди всего населения. Заболеваемость органов дыхания после 2002 г. стала выше среди населения Ижемского р-на (Рт≤ 0,05). Онкологическая заболеваемость за анализируемый период (1989-2009 гг.) выше в Ижемском р-не( Рт≤ 0,05). Это может быть связано с особенностями этноса коми ижемцев, а также действием природных и антропогенных экологических факторов. Особенностями быта коми можно объяснить большую заболеваемость детей Ижемского р-на инфекционными и паразитарными заболеваниями.

Общая заболеваемость в республике самая высокая в промышленно развитых городах, а также Троицко-Печорском районе. Сыктывкар и Ухта имеют примерно одинаковую обеспеченность врачами, сходное географическое положение, но отличаются характером промышленного производства. При сравнении уровня заболеваемости экологически неблагополучных территорий используются индикаторные к загрязнению окружающей среды заболевания. Общая заболеваемость населения достоверно выше в г. Сыктывкар, а уровень детской заболеваемости одинаков. Уровень онкологической заболеваемости, являющийся индикатором неблагоприятной экологической обстановки, аналогичен в обоих городах и является самым высоким по республике. В Сыктывкаре достоверно выше заболеваемость органов дыхания, мочеполовой системы (Рт≤ 0,05). Дети являются более чувствительной группой населения к неблагоприятным факторам среды. В Сыктывкаре выше заболеваемость бронхиальной астмой, атопическим дерматитом кожи и подкожной клетчатки, в Ухте – детская первичная заболеваемость органов пищеварения. Таким образом, в Сыктывкаре сложилась более напряженная медико-экологическая ситуация.

Одним из неблагоприятных районов по состоянию здоровья населения является Троицко-Печорский р-н. Он расположен на юго-востоке республики, с востока его окружают Уральские горы, по западной части проходит Тиманский кряж, особо опасных производств на территории района нет. По сравнению с Вуктыльским р-ном, также граничащим с Уральскими горами, в Троицко-Печорском у всех групп населения выше уровень первичной общей заболеваемости, первичной онкологической заболеваемости, заболеваемости органов дыхания, бронхиальной астмы, атопического дерматита у детей (Рт≤ 0,05). Выявление причин высокого уровня заболеваемости требует дальнейшего изучения.

### Заключение

В Республике Коми сложилась относительно напряженная медико-экологическая обстановка. Идет рост заболеваний сердечно-сосудистой системы, новообразований, заболеваний органов пищеварения, а также первичной общей заболеваемости детского населения, патологии органов ды-

хания у детей, в том числе бронхиальной астмы, болезней кожи и подкожной клетчатки у детей, в том числе атопического дерматита, патологии органов пищеварительной системы. Опасной особенностью последнего десятилетия в Республике Коми явился рост первичной детской заболеваемости в сельской местности. Территориями риска по развитию экологически обусловленной патологии являются Сыктывкар, Ухта, Воркута, Троицко-Печорский и Прилузский районы. Анализ выбранных географически сходных районов показал достоверные отличия в уровне заболеваемости их населения.

### Литература

- 1. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г., Милованов А.П.* Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 416 с.
- 2. *Предварительные итоги* переписи населения // www.komi.gks.ru
- 3. Фаузер В.В. Оценка демографического и трудового потенциалов Республики Коми // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. № 1. С. 105–111.
- 4. *Демографический ежегодник 2008*. Сыктывкар: Комистат, 2008. 301 с.
- 5. Глушкова Л.И., Маймулов В.Г., Корабельников И.В. Обеспечение эколого-гигиенического благополучия в условиях Крайнего Севера: проблемы и решения. СПб.: СПб ГМА им. И.И. Мечникова, 2002. 298 с.
- 6. Чермных Н.А. Медико-биологические показатели дискомфортности проживания человека на Севере // Научно-аналитические материалы по районированию Севера России. Сыктывкар, 2004. С. 23–30.
- 7. *Войко Е.Р.* Северные территории и здоровье человека // Научно-аналитические материалы по районированию Севера. Сыктывкар, 2004. С.38–42.

- 8. Горбачев А.Л., Добродеева Л.К., Теддер Ю.Р., Шацова Е.Н. Биогеохимическая характеристика северных регионов. Микроэлементный статус населения Архангельской области и прогноз развития эндемических заболеваний// Экология человека. 2007. №1. С. 4–11.
- 9. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2010 году». Сыктывкар, 2011. 116 с.
- 10. www.mednet.ru
- 11. Савилов Е.Д., Мамонтова Л.М., Астафьев В.А., Иванова Л.В. Применение статистических методов в эпидемиологическом анализе. Новосибирск: ВО «Наука», 1993. 136 с.
- 12. *Гудоков А.Б., Попова О.Н.* Пульмонотропные факторы Европейского Севера // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные и точные науки. 2008. № 2. С. 15–22.
- 13. *Гичев Ю.П.* Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. Москва-Новосибирск: CO PAMH, 2002. 230 с.
- Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека. Новосибирск: СО РАМН, 2003. 138 с.
- 15. Оконенко Т.И., Токмачев М.С., Вебер В.Р. Экологические подходы к оценке влияния уровня загрязнения атмосферного воздуха на детей с заболеваниями дыхательной системы // Экология человека. 2006. № 4. С. 6–9.
- 16. Доршагова Н.В., Карапетян Т.А. Особенности патологии жителей Севера // Экология человека. 2004. № 6. С.48–52.
- 17. *Келлер А.А., Кувакин В.И.* Медицинская экология. СПб.: «Петроградский и К», 1998. 256 с.
- 18. *Чермных Н.А.* Этно-демографическая оценка здоровья ижемских коми в XVII–XX вв. Сыктывкар, 2002. 88 с.

Статья поступила в редакцию 06.09.2011.

УДК [577.161.5 +577.164.2+577.169]: 577.19

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ МИКРОНУТРИЕНТОВ В ПЛОДАХ МОРОШКИ (RUBUS CHAMAEMORUS L.) НА ЕВРОПЕЙ-СКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

Н.В. МАТИСТОВ, О.Е. ВАЛУЙСКИХ, Т.И. ШИРШОВА

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

Показана вариабельность содержания витаминов С и  $K_1$ , нейтральных липидов и входящих в них жирных кислот, микро- и макроэлементов, пектиновых веществ в плодах морошки на европейском Северо-Востоке России.

Ключевые слова: Rubus chamaemorus L., микронутриенты, биологически активные вещества (БАВ)

N.V. MATISTOV, O.E. VALUYSKIKH, T.I. SHIRSHOVA. QUALITATIVE CHARACTERISTICS AND CONTENT OF MICRONUTRIENTS IN BERRIES OF *RUBUS CHAMAEMORUS* L. IN THE EUROPEAN NORTHEAST OF RUSSIA

The variability of the content of vitamins C and  $K_1$ , neutral lipids and higher fatty acids, micro- and macroelements, pectines in berries of R. chamaemorus in the European northeast of Russia is shown.

Key words: Rubus chamaemorus L., micronutrients, biologically active substances (BAS)

Получение различных пищевых добавок (витаминно-минеральных комплексов, красителей, ароматизаторов, стабилизаторов) из натурального сырья в настоящее время производится в соответствии со стандартами, которые определяют необходимые требования к пищевым продуктам, методам их производства, переработки и безопасности использования. Одним из критериев выбора растительного сырья для использования его в промышленных целях является качественный состав и содержание нутриентов. Известно, что эти показатели могут колебаться в широких пределах и зависят от условий произрастания растений, прежде всего от влияния абиотических факторов (температуры, гидротермического режима, атмосферного увлажнения и др.) [1].

Один из ценных ресурсных растений на Севере — морошка приземистая (Rubus chamaemorus). Популяции этого многолетнего травянистого двудомного длиннокорневищного растения являются доминантами характерных биотопов лесной и тундровой зон. Республика Коми (РК) территориально совпадает с центральной частью ареала морошки, где данный вид произрастает в разных типах местообитаний: на торфяных болотах, в заболоченных сосновых и еловых лесах, сырых ивняках, ерниках, моховых и кустарниковых тундрах [2].

В северных регионах России ресурсная роль морошки особенно значительна для человека. В последние годы этот вид все более активно используется в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [3]. Ее применяют в дие-

тическом питании, для лечения сердечно-сосудистых и желудочно-кишечных заболеваний, при отравлении тяжелыми металлами, в качестве противолихорадочного средства. Плоды морошки обладают противомикробным, потогонным, спазмолитическим действием, их можно использовать в качестве вспомогательного средства для профилактики и лечения гипоавитаминозов [4].

Цель работы – изучить качественный состав и содержание некоторых микронутриентов в плодах *R. chamaemorus* и их вариабельность в зависимости от местообитания этого вида на европейском Северо-Востоке России.

### Материалы и методы

Сбор плодов морошки осуществлялся в разных природных зонах на территории Республики Коми в 2009 и 2011 гг. (табл. 1). Как типичные местообитания морошки в подзоне средней и северной тайги выбраны участки по окраине олиготрофных болот в сосновых пушицево-кустарничковосфагновых редколесьях, в лесотундре и тундре — на участках плоскобугристых торфяников в травяно-кустарниковых сообществах. Из каждого местообитания отобрано не менее 200 г зрелых плодов.

Определение содержания аскорбиновой кислоты осуществляли в полевых условиях не позднее 2-3 ч после съема титрованием гомогенатов, полученных из плодов, щелочным раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола (реакция Тильманса) [5]. Анализ на содержание пектиновых веществ, нейтральных липидов, филлохинона (витамин K<sub>1</sub>) вы-

Таблица 1 Места сбора плодов морошки на территории Республики Коми

Номер образ- ца	Дата сбора	Административ- ный район	Природная зона	GPS коор- динаты	
1	09.07.11	Сыктывдинский	подзона средней тайги	N 61° 57' 47,93" E 50° 21' 00,04"	
2	06.07.09	Троицко- Печорский	подзона средней тайги	N 62° 39' 43,79" E 56° 03' 50,46"	
3	28.07.09	Усть-Цилемский	подзона северной тайги	N 65° 30' 54,10" E 50° 41' 35,60"	
4	10.08.11	Интинский	лесотундра	N 65° 59' 29,76" E 60° 12' 36,88"	
5	12.08.11	Воркутинский	подзона южных гипоаркти- ческих тундр	N 67° 23' 48,88" E 64° 25' 17,27"	

полняли в условиях лаборатории на сухих образцах. Плоды морошки сушили в вакуумном эксикаторе в присутствии водоотнимающего средства. Пектиновые вещества выделяли по усовершенствованной методике [6]. Массу пектиновых веществ определяли гравиметрическим способом. Анализ содержания витамина  $K_1$  проводили спектрофотометрическим методом на спектрофотометре «Shimadzu UV-1700 (PharmaSpec)» при длине волны 261 нм [7].

Для выделения нейтральных липидов (НЛ) высушенные и измельченные плоды подвергали трехкратной экстракции гексаном при комнатной температуре и постоянном перемешивании на перемешивающем устройстве «LS210 LOIP» (Россия). Экстракты объединяли, фильтровали через слой безводного  $Na_2SO_4$  и упаривали в вакууме на ро-

торном испарителе при температуре не выше 40 °С (для предотвращения окисления липидов) до полного исчезновения запаха растворителя. Массовую долю НЛ определяли гравиметрическим методом.

Жирнокислотный состав НЛ устанавливали методом газожидкостной хроматографии метиловых эфиров, полученных по методике [8], на газовом хроматографе «Кристалл 2000 М» (Россия) с пламенно-ионизационным детектором. Метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК) разделяли в изотермическом режиме при температуре термостата колонок 200°С на кварцевой капиллярной колонке 30м х 0.2мм «ТR-WAX, Thermo». Газ-носитель — гелий, чистота 99.99 %. Скорость потока газа-

носителя через колонку 0,6 мл/мин, деление потока — 1:50. Расход вспомогательных газов: водород — 20 мл/мин, воздух — 200 мл/мин. Температура испарителя и детектора 250°С. Регистрацию и обработку хроматограмм осуществляли с помощью системы сбора и обработки хроматографических данных «Хроматэк» (Россия). Для идентификации МЭЖК использовали метод хромато-масс-спектрометрии на приборе «TRACE-DSQ (Thermo)». Количественный анализ проводили по методу внутреннего стандарта (2,4,5-трихлорфенол).

Компонентный состав и содержание метиловых эфиров жирных кислот, макро- и микроэлементов устанавливали в лаборатории "Экоаналит" Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Содержание металлов в кислоторастворимой форме вычисляли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой «Spectro» (ПНД Ф 16.1:2.3.3.11-98). Для определения серы использовали газовую хроматографию (газ-носитель гелий) на элементном анализаторе «1110 (CHNS-O)». Содержание в плодах макро- и микроэлементов морошки выражали в мг/кг сухого вещества.

### Результаты и обсуждение

Плоды морошки обладают широким набором полезных веществ, содержат от 3 до 6 % сахаров (глюкоза и фруктоза), органические кислоты — лимонную и яблочную (0,8 %), витамины С (30—200 мг%), В (0,025 мг%), РР (0,15 %) и довольно высокое содержание каротина (провитамин А), по содержанию которого морошка превосходит морковь. Кроме того, в плодах морошки содержатся антоцианы, дубильные и пектиновые вещества, макро- и микроэлементы — магний, фосфор, железо, кобальт и др. [9].

Нами показано, что содержание НЛ, аскорбиновой кислоты, витамина  $K_1$  и пектиновых веществ в плодах морошки выше у растений южных местообитаний, чем в северных (табл. 2). Например, содержание НЛ в плодах морошки на олиготрофных болотах в подзонах средней и северной тайги в среднем составляло 3,34 % и уменьшалось до

Таблица 2

#### Химический состав плодов морошки

Номер образ-	Влаж- ность, %	НЛ*, %		Аскорбиновая кислота, мг/%			іин К₁*, ⁻/%	Пектино- вые веще- ства*, %	
ца	70	Х	S(x)	Х	S(x)	Х	S(x)	Х	S(x)
1	82	3,68	0,01	144,82	0,07	0,0751	0,0005	2,63	0,01
2	80	3,22	0,01	72,51	0,05	0,0703	0,0003	2,61	0,01
3	80	3,12	0,01	68,81	0,03	0,0738	0,0003	2,29	0,01
4	78	2,114	0,005	57,39	0,05	0,0645	0,0003	2,20	0,02
5	84	2,101	0,005	50,70	0,02	0,0631	0,0005	2,13	0,01

Примечание. \* — содержание в расчете на сухое вещество; S(x) — стандартное отклонение внутрилабораторной прецизионности. Полученные данные обработаны статистически с помощью пакета компьютерных программ  $Statistica\ for\ Windows$ .

2,10 % на участках плоскобугристых торфяников в лесотундре и тундре.

Установлено, что жирнокислотный состав НЛ плодов морошки представлен семью кислотами с длиной цепи  $C_{14}$ - $C_{18}$  и четным числом углеродных атомов (табл. 3). Основными по содержанию были

Таблица 3

# Относительное содержание жирных кислот в НЛ плодов морошки (% от общей суммы)

Но-	Кислота										
мер об- разца	C14:0	C16:0	C18:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3				
1	1,1	6,1	2,2	0,3	18,8	42,8	28,6				
2	1,2	9,5	2,4	0,1	10,3	40,2	36,3				
3	1,1	4,8	2,1	0,6	17,7	50,2	31,5				
4	0,4	4,0	1,9	0,8	16,5	42,5	33,9				
5	1,2	7,0	1,7	0,5	10,5	37,6	41,5				

Прмечание. Названия кислот: C14:0 — миристиновая; C16:0 — пальмитиновая; C18:0 — стеариновая; C16:1 — пальмитолеиновая; C18:1 — олеиновая; C18:2 — линолевая; C18:3 — линоленовая.

линолевая и линоленовая кислоты, которые относятся к полиненасыщенным высшим жирным кислотам (ПНВЖК) и играют важную роль в растительном и животном организме. ПНВЖК включаются в липидный бислой клеточных мембран, регулируя их микровязкость, проницаемость, электрические свойства, снижая возбудимость, формируя соответствующее липидное окружение мембранных белков и ферментов. Как антиатеросклеротический фактор ПНВЖК способствуют метаболизму холестерина в печени и его элиминированию из организма, а также выступают как ингибиторы фермента (ГМГ-редуктаза), контролирующего биосинтез холестерина [10]. Во всех исследованных образцах, за исключением образца № 5, доля линолевой кислоты по сравнению с другими кислотами превышала 40 %. Олеиновая кислота относится к мононенасыщенным жирным кислотам, входит в состав многих животных и растительных жиров. В плодах морошки ее содержание достигало 18 %. В целом, доля ненасыщенных жирных кислот в плодах морошки составляла 90 % (рис. 1). Из насыщенных жирных кислот преобладала пальмитиновая кислота, содержание которой, однако, не превышало 9 % (табл. 3).

Анализ содержания аскорбиновой кислоты в плодах морошки показал, что ее количество варьирует от 144,8 (табл. 2, образец № 1, подзона средней тайги) до 50,7 мг% (образец № 5, тундровая зона). Сравнение полученных результатов с литературными показало, что в районах исследований содержание аскорбиновой кислоты в плодах морошки было выше, чем приведенное для плодов морошки из Южной Карелии (12–22 мг%), Приангарья и Томской области (18,8 мг%) [11,12]. По данным Национального института здравоохранения (Финляндия), ее количество в местных образцах в среднем составляло 100 мг%.

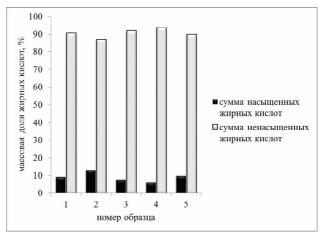


Рис. 1. Массовая доля насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в нейтральных липидах плодов морошки.

Аскорбиновая кислота относится к одним из основных питательных веществ в рационе человека, которое необходимо для нормального функционирования соединительной и костной тканей. Она 
выполняет биологические функции восстановителя 
и кофермента некоторых метаболических процессов, проявляет свойства антиоксиданта. Недостаток в организме витамина С приводит к ослаблению 
иммунной системы, целому ряду нарушений и является причиной такого острого заболевания, как 
цинга. Нормальное потребление витамина С особенно важно для жителей северных регионов, где 
недостаток солнечной энергии, длительный холодный период приводят к его дефициту.

Витамины группы К также относятся к важным для человека компонентам пищи. Существуют два семейства витаминов группы К: филлохиноны витамины К<sub>1</sub>, встречающиеся в растениях, и менахиноны - витамины К2, имеющиеся у животных и бактерий [13]. Витамин К2 продуцируется бактериями в кишечнике, поэтому его недостаточность проявляется редко, преимущественно при дисбактериозах. Витамин К<sub>1</sub> играет значительную роль в обмене веществ в костях и соединительной ткани, а также обеспечивает нормальную работу почек, легких и сердца. Участвует в усвоении кальция и обеспечении взаимодействия кальция и витамина D [14]. Суточная потребность в витамине К<sub>1</sub> составляет 100-200 мкг [15]. По данным Национального института здравоохранения (Финляндия), содержание витамина К₁ в плодах морошки местного происхождения составляло 9 мг%. Исследованные нами плоды отличаются значительно более низким содержанием этого витамина (табл. 2). При этом соблюдается та же тенденция к снижению содержания витамина К<sub>1</sub> при продвижении с юга на север.

В исследованных нами образцах морошки обнаружено гораздо более высокое содержание пектиновых веществ (табл. 2) по сравнению с приведенными в литературе данными для плодов из популяций красноярского Приангарья [11].

Пищевая и фармакологическая ценность растений зависит от содержания в них макро- и микроэлементов, которые играют важную роль в

физиологических процессах, протекающих в человеческом организме. В литературе отмечается высокое содержание калия в плодах морошки [11], что подтверждается и нашими данными (табл. 4). Причем и в этом случае наблюдается снижение его содержания при продвижении с юга на север - от зон средней тайги до тундры. Так, в образце № 5 из Воркутинского р-на Республики Коми его содержание в два раза ниже, чем в образцах № 1-3 из более южных районов. В случае натрия наблюдается противоположная картина - содержание его в образцах № 4, 5 (зона тундры) в два-три раза превышает показатели для образцов № 1-3 (зона тайги). Из общего ряда выбиваются значения для образца № 2 (Троицко-Печорский р-н, подзона средней тайги), для которого все показатели гораздо выше, чем для образцов из других подзон.

Таблица 4

#### Содержание макроэлементов в ягодах морошки

Но-	K		N	а	Ca	a	Mg	g	Р		S	
мер образ- ца	ω	±Δ	ω	±Δ	ω	±Δ	ω	±Δ	ω	±Δ	ω	±Δ
1	12000	5000	100	40	1400	400	2500	700	2500	700	1200	400
2	18000	7000	110	40	2100	600	3100	900	3500	1000	1700	500
3	14000	6000	90	40	1400	400	2100	600	2700	800	1000	300
4	9000	4000	230	90	1300	400	2000	600	1900	600	1200	400
5	7000	3000	260	100	1300	400	1600	500	1700	500	1100	300

Примечание.  $\omega$  — массовая доля элемента, мг/кг сухого вещества;

 $\pm \Delta$  — абсолютная погрешность определения массовой доли элемента в пробе мг/кг, при  $p{=}0.95$ .

Среди микроэлементов в плодах морошки доминирует марганец (71–130 мг/кг сухого вещества) (рис. 2). Уменьшение содержание микроэлементов можно представить в виде следующего ряда Mn>Fe>Zn>Cu>Ni>Cr (рис.3). В отличие от БАВ органической природы содержание микроэлементов не зависит от эколого-географических условий произрастания.

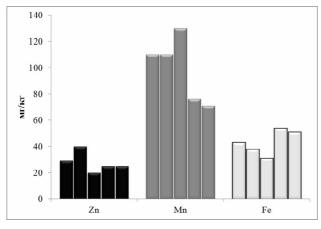


Рис. 2. Содержание микроэлементов Zn, Mn, Fe в плодах морошки (здесь и далее столбики слева направо соответствуют образцам N 1–5, табл. 1).

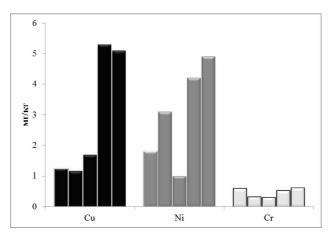


Рис. 3. Содержание микроэлементов Cu, Ni, Cr в плодах морошки.

#### Заключение

Впервые дано описание качественного состава и содержания некоторых групп БАВ и микронутриентов в дикорастущих плодах морошки на европейском Северо-Востоке России. Установлено, что плоды морошки содержат до 90 % эссенциальных высших жирных кислот — линолевой, линоленовой, олеиновой от общей суммы кислот, входящих в состав нейтральных липидов, а также являются ценным источником витамина С, пектиновых веществ и таких микроэлементов, как Mn, Fe, Zn, Cu.

Показана вариабельность содержания БАВ и макроэлементов от места произрастания растений: при продвижении от южной границы Республики Коми (Сыктывдинский р-н, подзона средней тайги) до северной (Воркутинский р-н, подзона южных гипоарктических тундр) наблюдается снижение их содержания. Эта закономерность не соблюдается для таких микроэлементов, как Си и Ni.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке интеграционного проекта (Рег. номер 12-и-ч-2072) «Ресурсный и биотехнологический потенциал растений Урала и сопредельной территории европейского Северо-Востока России — продуцентов важнейших групп биологически активных веществ» Программы фундаментальных исследований УрО РАН.

### Литература

- Брусника / В.Ф.Юдина, К.Г.Колупаева, Т.В.Белоногова, Ю.М.Муратов, Г.А.Богданова. М., 1986. 80 с.
- 2. Валуйских О.Е., Тетерюк Л.В. Особенности структуры ценопопуляций Rubus chamaemorus L. в зонах тайги и тундры европейского Северо-Востока России // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т.12. № 1(3). С. 652–656.
- 3. Thiem B. Rubus chamaemorus L. a boreal plant rich in biologically active metabolites: a review // BIOL. LETT. 2003.No 40(1). P. 3-13.

- 4. *Казьмин В.Д.* Лечебные свойства овощей, фруктов и ягод. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 320 с
- 5. *Фармакопея СССР*. М.: Медицина, 1968. С. 43-44.
- 6. Речкина Е.А., Губаненко Г.А., Рубчевская Л.П. Выделение пектиновых веществ из древесной зелени сосны обыкновенной // Химия растительного сырья. 2010. № 4. С. 189–190.
- 7. *Методы биохимического* исследования растений / А.И.Ермаков, А.А.Арасимович, Н.П.Ярош, Ю.В.Перуанский, Г.А.Луковникова, М.И.Иконникова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- А.с. 542932 СССР, G 01 N 1/28. Способ приготовления проб липидов / К.М. Синяк, И.И. Даниленко, З.П. Васюренко и др. Киевский НИИ эпидемиологии, микробиологии и паразитологии; № 2138675; заявл. 26.05.75; опубл. 15.01.77. Бюл. № 2.
- 9. Сафонов Н.Н. Полный атлас лекарственных растений. М.: Эксмо, 2005. 136 с.
- 10. Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. М.: Авваллон, 2003. 183 с.

- 11. *Руш В.А.*, *Лизунова В.В.* Химический состав дикорастущих ягод Сибири // Материалы к Всесоюзному научно-производственному совещанию. Киров, 1972. С. 42–44.
- 12. Баранова И.И., Смирнова Л.М., Ершова Г.Ф. Биологически активные вещества дикорастущих ягод Южной Карелии // Тезисы докладов на Всесоюзном совещании «Изучение, заготовка и охрана лесных дикорастущих ягодников на территории европейской части СССР в связи с задачами освоения природных ресурсов нечерноземной зоны СССР». Петрозаводск, 1980. С. 15–16.
- 13. *Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И.* Биоорганическая химия. М.: Дрофа, 2008. 542 с.
- 14. Suttie, J.W., Vitamin K, In: Handbook of Lipid research: The fat-soluble vitamins (HF DeLuca, ed.), Plenum Press, 1978. Outstanding review of Vitamin K research from 1930-1978 by one of the leaders in the field.
- 15. Гичев Ю.Ю., Гичев Ю.П. Руководство по микронутриентологии. М.:Триада-Х, 2006. 264 с.

Статья поступила в редакцию 20.12.2011.

УДК 615.45: 615.032: 615.015: 612.111: 612:112

### НАПРАВЛЕННЫЙ ТРАНСПОРТ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.Г. ИВОНИН\*,\*\*\*\*, Е.В. ПИМЕНОВ\*,\*\*\*\*, В.А. ОБОРИН\*\*, Д.А. ДЕВ-РИШОВ\*\*\*, С.Н. КОПЫЛОВ\*\*\*\*

В обзоре приведено описание существующих систем направленного транспорта лекарственных средств в органы-мишени. Представлены данные об использовании белковых векторов, наночастиц, искусственных и естественных контейнеров в адресной доставке лекарственных препаратов различных групп. На основании анализа работ российских и зарубежных ученых сделан вывод о том, что одними из наиболее перспективных носителей лекарств в силу безопасности, простоты получения и эффективности применения в клинической практике являются аутологичные клетки крови.

Ключевые слова: лекарственные препараты, направленный транспорт, система доставки лекарств, векторы, наночастицы, липосомы, эритроциты, лей-копиты

# A.G. IVONIN, E.V. PIMENOV, V.A. OBORIN, D.A. DEVRISHOV, S.N. KO-PYLOV. DIRECTED TRANSPORT OF DRUGS: CURRENT STATE AND PROSPECTS

This review describes the existing systems of directed transport of drugs to target organs. Information on the use of protein vectors, nanoparticles, artificial and natural containers in targeted drug delivery of various groups is given. Basing on the analysis of works by Russian and foreign scientists the conclusion is made that one of the most promising drug carriers owing to safety, simplicity of obtaining and efficiency of use in clinical practice are autologous blood cells.

Key words: drugs, directed transport, drug delivery systems, vectors, nanoparticles, liposomes, erythrocytes, leukocytes

Одной из ведущих тенденций, проявляющихся в современной фармакологии, является создание систем направленного транспорта лекарств [1, 2]. Предпосылкой к её появлению явилось то обстоятельство [3], что препарат, введенный в организм традиционными способами, распределяется в нем относительно равномерно, проникая не только в органы-мишени, где он должен проявить терапевтический эффект, но и в другие органы, где действие препарата может носить негативный характер, тем больший, чем большая доза использовалась. При этом лекарственное вещество достигает своих биологических мишеней в концентрации, значительно меньшей по сравнению с необходимой терапевтической, что вынуждает использовать дозы, которые на один-два порядка превышают теоретически необходимые [4].

Реализация целенаправленного концентрирования лекарственного препарата исключительно или хотя бы преимущественно в зоне, охваченной патологическим процессом, позволяет резко снизить нежелательные реакции организма на медикаментозное воздействие, сократить терапевтическую дозу лекарства и кратность его введения [5, 6]. В связи с этим по эффективности и минимальной токсичности направленный транспорт фармакологических средств сравнивается с «точечным бомбовым ударом» [2].

Впервые о возможности адресной доставки лекарств заговорил в конце XIX в. великий немецкий бактериолог П. Эрлих, предложив термин «волшебная пуля», подразумевающий препарат, который избирательно находит в организме и убивает опухолевые клетки, не повреждая при этом здоровые ткани (цит. по [3]). С тех пор селективное воздействие фармакологических агентов на определенные клетки и ткани in situ остается предметом многочисленных исследований. Сегодня наука уже вплотную подошла к решению данной проблемы. Это удалось осуществить благодаря разработке и

<sup>\*</sup>Лаборатория сравнительной кардиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

<sup>\*\*</sup>Вятский государственный гуманитарный университет, г. Киров \*\*\*Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина, г. Москва

<sup>\*\*\*\*</sup>Вятская государственная сельскохозяйственная академия, г. Киров <u>alexivonin@mail.ru</u>

внедрению в клиническую практику методов направленного транспорта лекарств, которые в настоящее время достаточно разнообразны.

Для обеспечения направленности действия лекарств предложено использовать регионарное введение препаратов. Примерами подобных методов служат: внутрисуставное введение гормональных препаратов при лечении ревматоидного артрита; введение цитостатиков непосредственно в сосуд, питающий опухоль; внутрикоронарное введение тромболитических ферментов при терапии, вызванного тромбозом инфаркта миокарда [6]. Применение регионарного введения лекарств в перечисленных случаях показало высокую эффективность. В то же время очевидно, что данный подход не может претендовать на универсальность, кроме того, его применение требует наличия достаточно сложной аппаратуры контроля.

Начиная с 70-х гг. XX в. изучается возможность создания систем доставки лекарств непосредственно к патологическому очагу путем связывания молекул лекарственного вещества и неких других молекул (векторов), обладающих тропностью к определенным клеткам (метод «мечения»), а также путем заключения молекул лекарства в «биоактивные» капсулы на основе полупроницаемых искусственных или естественных мембран (метод «упаковки») [3, 6, 7].

# Направленный транспорт лекарственных препаратов с помощью векторов

В качестве векторов для доставки лекарственных препаратов рассматриваются гормоны, ферменты, пептиды, антитела, гликопротеиды, гликолипиды, вирусы [6, 8-10]. Подход с использованием гибридных конструкций (конъюгатов) типа «белковый вектор — химиопрепарат» получил применение в разработке противораковых препаратов. Избирательность действия таких конъюгатов достигается либо за счет наличия на поверхности опухолевых клеток специфических рецепторов, «узнаваемых» векторным белком или антителом, либо за счет значительно более высокого уровня рецепторов векторного белка на поверхности опухолевых клеток по сравнению с нормальными [8, 9].

Конъюгация препарата с белковым вектором может быть осуществлена с помощью химической сшивки (в простейшем случае – дисульфидная или тиоэфирная связь), полиэтиленгликолевого или полипептидного линкера (рис. 1). В любом случае, способ конъюгации должен удовлетворять двум основным критериям: высокий выход реакции и возможность внутриклеточного расщепления [11].

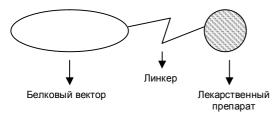


Рис. 1. Структура конъюгата «вектор – лекарство».

В ряде работ опубликованы данные об успешном применении конъюгатов, созданных на основе цитотоксических антибиотиков и векторных молекул, для направленной доставки антибиотиков в опухолевые клетки. Конъюгирование белка α-фетопротеина (α-FP), обладающего сродством к поверхности раковых клеток, с цитотоксическими антибиотиками (доксорубицин, карминомицин) позволило существенно увеличить их противораковую эффективность, что было продемонстрировано в экспериментах на мышах [12]. Белок трансферрин (Tfr) нашел применение как вектор для направленного транспорта противораковых препаратов к опухолевым клеткам, характеризующимся повышенным уровнем экспрессии Tfr-рецепторов. Tfr-специфичная внутриклеточная доставка была достигнута конъюгацией трансферрина с противоопухолевыми препаратами (доксорубицин, даунорубицин) и белковыми токсинами, в частности с рицином [13]. Пептидный гормон гонадолиберин (LHRH) предложено использовать для доставки лекарств к опухолевым клеткам молочной железы, яичников и простаты, имеющим на своей поверхности повышенное количество LHRH-рецепторов. Для конъюгата, состоящего из LHRH, полиэтиленгликоля и камптотецина, была показана высокая противоопухолевая активность на мышах [14]. Достаточно широко в качестве нацеливающих молекул применяются моноклональные антитела (мкАТ) к различным рецепторам на поверхности раковых клеток (Тfr-рецепторы, рецептор фактора роста эпителия (EGFR), CD-рецепторы). Также иногда используют радиомеченные мкАТ, которые связываются с клеткой и вызывают ее гибель за счет присутствия в их структуре радионуклидов. Применение конъюгатов на основе мкАТ к рецепторам часто бывает эффективней, чем использование в качестве векторов естественных лигандов [15]. В то же время эффективному применению мкАТ в онкологии препятствует гетерогенность опухолей [16]. Так, далеко не все опухолевые клетки в конкретном неопластическом очаге могут содержать рецепторы, с которыми связывается данное антитело. В результате часть клеток будет «ускользать» от терапевтического действия препаратов, доставляемых к опухоли при помоши мкАТ.

Использование в качестве векторов вирусных частиц является одной из основ генной терапии лечения наследственных, мультифакторных и инфекционных заболеваний путем введения экзогенного генетического материала в клетки пациентов с целью направленного изменения генетических дефектов или придания отдельным клеточным органеллам новых свойств [10]. Вирусы обеспечивают избирательность доставки генетического материала в строго определенные ткани и клетки, поскольку каждый вирус способен репродуцироваться только в клетках определенного типа [17]. Но наряду с несомненными достоинствами вирусные векторы имеют и ряд существенных недостатков. Так, ретровирусные системы способны активировать онкогены и блокировать опухолевые супрессорные гены в инфицированных клетках [18], аденовирусные системы способны продуцировать токсичные вирусные белки и вызывать сильный иммунный ответ [19].

Новым направлением в биомедицине является разработка способов адресной доставки лекарств с использованием в качестве векторов различных наноструктур [7, 10, 20]. Показано, что наноразмерные формы углерода (фуллерены, нанотрубки) обладают высокой проникающей способностью по отношению к биомембранам и, что весьма важно, могут преодолевать гематоэнцефалический барьер и являться транспортерами для лекарственных препаратов. В перспективе это может быть использовано для расширения терапевтических возможностей лечения онкологических и нейродегенеративных заболеваний, а также нейроинфекций [21]. Наночастицы золота, наносферы и наностержни, сформированные молекулами золота и никеля, наночастицы железа, обладающие магнитными свойствами, и другие наноструктуры, содержащие металлы, начинают весьма эффективно использоваться при адресной доставке фармакологических средств в клетки [22-24].

Для создания систем направленного транспорта лекарств, помимо неорганических наноразмерных частиц, предложено применение биологических и биогенных нанотранспортных средств [10]. На основе комплексов белков с нуклеиновыми кислотами сегодня конструируются бионаномашины, способные выполнять важные биологически целесообразные «задания», в том числе корректировать течение патологических процессов в организме. Например, для коррекции метаболизма и цитокиновой активности макрофагов в зоне ишемии при остром инфаркте миокарда используются инженерные наноконструкции, построенные из полиаргинингуанидиндеривата, антибиотика и α-2-макроглобулина, связывающегося с так называемыми рецептор-родственными белками (LRP-рецепторами) на клеточной поверхности [7]. Несомненно, что применение векторов на основе наночастиц для направленного транспорта лекарств является весьма перспективным направлением исследований, однако сегодня оно находится лишь на начальной стадии развития. Кроме того, остается открытым вопрос о возможных побочных эффектах применения наночастиц в биомедицине [25].

# Направленный транспорт лекарственных препаратов в искусственных контейнерах

Для создания лекарственных форм, способных избирательно доставляться к органам-мишеням, разработаны подходы, основанные на пространственном отделении лекарственного препарата от внешней реакционной среды путем помещения его в искусственные микро- и наноконтейнеры [3, 5, 6].

Одним из первых способов, предложенных для достижения данной цели, явилось создание липосомальной формы лекарственных препаратов. Липосомы представляют собой искусственно получаемые сферические частицы (рис. 2) диаметром от 20 нм до 50 мкм, образованные из одного или не-

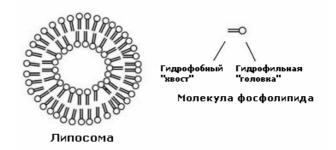


Рис. 2. Схематичное строение липосомы, состоящей из одного бислоя фосфолипидов (по [27]).

скольких бимолекулярных слоев фосфолипидов и содержащие внутри воду или раствор [26, 27].

История изучения липосом начинается с 60-х гг. XX в., когда было установлено [28], что фосфолипиды, являющиеся основными компонентами клеточных мембран, способны самопроизвольно формировать в воде замкнутые мембранные оболочки, которые захватывают и удерживают часть окружающего водного раствора, а образующая их фосфолипидная мембрана обладает свойствами полупроницаемого барьера.

Липосомы как носители лекарственных средств характеризуются следующими преимуществами: полученные из природных фосфолипидов они биодеградируемы и биосовместимы, мембрана липосом может сливаться с клеточной и обеспечивать доставку содержимого в клетку. В липосомы способны включаться различные вещества, в том числе ферменты, гормоны, пептиды, витамины, антибиотики, иммуномодуляторы, цитостатики. При этом низкомолекулярные водорастворимые препараты содержатся преимущественно во внутренней водной фазе липосом, а высокомолекулярные липофильные препараты сорбируются на их внутренних поверхностях, в основном за счет образования водородных связей с полярными группами липидов. Еще одним важным достоинством использования липосом в качестве носителя служит постепенное высвобождение лекарства, увеличивающее время его действия [3, 26].

Для повышения тропности липосом к определенным органам и тканям их изготавливают из фосфолипидов и гликолипидов, изолированных из этих органов. Согласно данным, представленным в работе [29], наилучшим гликолипидом для липосом в отношении их переноса в ткани головного мозга и печени является сульфатид, в ткани селезенки – ганглиозиды, в ткани легких – сфингомиелин. Человеческий α-интерферон, иммобилизованный в липосомы, мембрана которых построена из фосфатидилхолина, холестерина и сульфатида, после внутрибрюшинного введения в большей степени обнаруживается в крови, печени, селезенке и опухолевой ткани мозга [30].

С целью обеспечения направленного транспорта липосом предлагается фиксировать на их поверхности специфические антитела против соответствующих тканевых антигенов или молекулыпосредники, обладающие двумя типами сродства: с одной стороны — к клеткам макроорганизма, с дру-

гой – к липосоме [29]. Липосомы, к поверхности которых присоединены мкАТ или их фрагменты (Fab-фрагменты мкАТ), получили название иммунолипосом [31].

На сегодня разработаны липосомальные формы противоопухолевых препаратов, таких как доксорубицин, метотрексат, винбластин, актиномицин, Lаспарагиназа, а также ряда пептидов, полиеновых антибиотиков, бычьего инсулина, противовоспалительных кортикостероидных препаратов - кортизона, гидрокортизона, дексаметазона. Весьма перспективным выглядит использование липосомальных форм препаратов для лечения внутриклеточного паразитизма (лейшманиоз, малярия, токсоплазмоз). Экспериментальным путем установлено, что липосомальная форма сурьмы подавляет размножение лейшманий в клетках печени в сотни раз эффективнее, чем обычная, при этом токсическое действие препарата существенно снижается. Актуальной представляется проблема инкапсулирования в липосомах и внутриклеточного введения нуклеиновых кислот [3].

В то же время липосомальные системы транспорта имеют ряд существенных недостатков, к основным из которых можно отнести быструю деградацию в кровеносном русле, доступность для лизиса клетками ретикулоэндотелиальной системы, а также малое количество транспортируемого соединения, ограниченное внутренним объемом липосомы [32]. Липосомы могут блокировать легочные капилляры, вызывать повышение уровня глюкозы в крови, приводить к нарушению свертываемости крови и обмена холестерина [5]. Широкое применение липосом сдерживается высокой стоимостью липосомальных форм лекарственных средств [3].

В настоящее время ведется интенсивная работа по устранению данных недостатков. Для увеличения продолжительности циркуляции липосомных частиц в кровотоке предложен метод их стерической стабилизации путем покрытия полиэтиленгликолем. Тем не менее, подобная обработка осложняет высвобождение препарата из липосом и способствует проявлению аллергических реакций [33].

В качестве контейнеров для препаратов с противовирусной, противораковой и антибактериальной активностью предлагается использовать наноразмерные структуры: фуллерены и углеродные трубки [34, 35]. Уникальные свойства фуллеренов обусловлены их высокой реакционной способностью за счет большого количества свободных валентностей углерода. Одним из способов их введения в организм является инкапсуляция в липидную везикулу [36]. Однако для применения в биомедицине чистые фуллерены малопригодны в силу их нерастворимости в водных растворах и, как следствие, ограничений по используемым концентрациям. Функционализация фуллеренов делает эти соединения биодоступными и, следовательно, более эффективными для исследований в биосистемах [37]. Производные фуллерена С<sub>60</sub> являются перспективными реагентами широкого спектра действия, обладающими нейропротекторным [37] и антибактериальным [38] действием, а также способностью ингибировать протеазу ВИЧ-1 [39].

Углеродные нанотрубки обладают повышенным сродством к липидным структурам. Кроме того, они способны образовывать стабильные супрамолекулярные комплексы (ансамбли) с пептидами и нуклеиновыми кислотами [40, 41] и инкапсулировать эти молекулы [42, 43]. Данное свойство определяет использование нанотрубок в области создания систем доставки вакцин и генетического материала [10]. Как и в случае с фуллеренами, функционализация нанотрубок повышает эффективность их использования в качестве контейнеров. Углеродные нанотрубки, поверхность которых была модифицирована аммонийными группами и остатками аминокислоты лизина, успешно использовали для доставки плазмидной ДНК pCMV-Bgal, экспрессирующей β-галактозидазу, в клетки млекопитающих [44].

Как эффективные средства для доставки лекарственных средств выступают нанокомпозитные полиэлектролитные капсулы [20]. Для их получения применяется метод полиионной сборки, заключающийся в последовательной адсорбции противоположно заряженных молекул полиэлектролитов на поверхности коллоидных частиц с последующим растворением и удалением исходного темплата [45]. При помощи данного метода могут быть получены капсулы, отличающиеся широким диапазоном размеров (от 50 нм до 50 мкм) с возможностью выбора в качестве материала оболочки практически любых синтетических и природных полиэлектролитов [45, 46], липидных бислоев, неорганических наночастиц (к примеру, наночастиц серебра, золота или оксида железа (II)) [47, 48] и ионов многовалентных металлов; с контролируемой толщиной и многофункциональностью стенок капсулы; их контролируемой проницаемостью для любых низко- и высокомолекулярных соединений [49]. В состав оболочек таких микрокапсул на этапе синтеза вводят неорганические наночастицы магнетита Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> с сильно выраженными магнитными свойствами, что позволяет управлять движением капсул при приложении внешнего магнитного поля [20].

В то же время представленные в литературе данные о применении наноразмерных структур в качестве контейнеров для направленного транспорта фармакологических препаратов в клеткимишени пока являются немногочисленными (за исключением липосом), а вопросы биологической безопасности наноматериалов остаются недостаточно изученными. В настоящее время имеются сведения о токсичности фуллеренов [50] и углеродных нанотрубок [51] для различных клеточных линий млекопитающих.

В 70-80-х гг. прошлого столетия в качестве искусственных «биоактивных капсул» для направленного транспорта лекарств были предложены микрокапсулы из нейлона [52] и человеческого альбумина [53]. Однако подобные носители фармакологических агентов имели ограничения по диапазону и количеству лекарств, а также обладали целым рядом побочных эффектов (нарушение микроциркуляции, иммуногенность, токсичность), в связи с чем не получили распространения.

### Форменные элементы крови как носители лекарственных препаратов

Отдельным направлением, сформировавшимся в результате изучения возможности транспортировки лекарств к патологическому очагу, является разработка систем доставки, в которых в качестве носителей используются естественные контейнеры - форменные элементы крови человека или животных, не покрытые соответствующими антителами к клеткам-мишеням [2, 3]. Методы, предполагающие использование аутоклеток крови для модификации их свойств с целью создания внутриклеточного депо препарата и осуществления направленного транспорта, объединяют под общим названием «экстракорпоральная фармакотерапия». Получаемые при этом клетки обозначаются термином «фармакоциты». Подобные системы доставки наиболее выгодны с точки зрения их биологической совместимости [1, 54].

Направленный транспорт лекарств эритроцитами. С позиции экстракорпоральной фармакотерапии наиболее перспективным представляется использование в направленном транспорте эритроцитов - самых многочисленных клеток крови с целым рядом желательных морфологических и физиологических характеристик. Достоинствами эритроцита как носителя лекарственных препаратов являются: высокая степень биологической совместимости, особенно при использовании аутологичных клеток; способность к биологическому разложению и как следствие отсутствие токсических продуктов

деградации; длительность циркуляции в кровотоке, существенно превышающая аналогичные показатели для искусственных носителей; возможность загрузки широкого спектра фармакологических препаратов; относительно инертная внутриклеточная среда, защищающая поставляемый препарат от инактивации эндогенными факторами; простота получения из крови в количестве, необходимом для загрузки терапевтической дозы препарата [55–57].

Относительным недостатком применения эритроцита в качестве микроконтейнера для направленного транспорта лекарств является его сравнительно большой объем (около 90 мкм³), исключающий проникновение эритроцита в ткани и тем самым ограничивающий область его избирательной доставки только мишеням, доступным для кровотока. Недостатком эритроцитов по сравнению с другими носителями можно считать и постоянство их свойств [55].

Реализацию терапевтического эффекта лекарственного средства, заключенного в эритроцит, связывают с его медленным высвобождением в процессе циркуляции и непосредственно целенаправленным поступлением к клеткам ретикулоэндотелиальной системы. В последнем случае модифицированные эритроциты захватываются и лизируются преимущественно макрофагами селезенки и печени, создавая в этих органах высокие локальные концентрации препарата [1]. Эритроциты с минимальным уровнем повреждений разрушаются большей частью селезенкой. Носители со значительной степенью повреждений разрушаются преимущественно печенью [5]. В то же время в работе [58] указывается, что эритроцитам принадлежит главная роль в обеспечении эффекта направленности доставки лекарств и в легочную ткань. Будучи измененными в процессе экстракорпоральной обработки, эритроциты секвестируются в капиллярах малого круга кровообращения, что обеспечивает повышение концентрации препарата, ассоциированного с клетками, в ткани легких.

Включение в эритроциты фармакологических агентов может быть осуществлено различными методами, основные из них представлены на рис. 3.

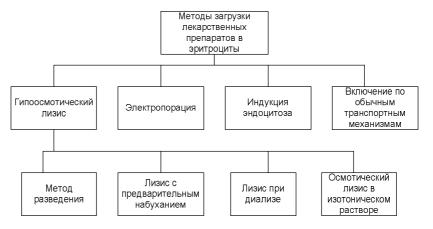


Рис. 3. Методы включения в эритроциты лекарственных веществ.

Самым распространенным из перечисленных методов является гипоосмотический лизис, при использовании которого эритроциты помещают в солевой раствор пониженной ионной силы. Лизису предшествует набухание клеток до достижения критического объема и давления. При этом мембрана эритроцита лопается с образованием пор, которые в зависимости от условий могут иметь размеры от десятков ангстрем до 1,0-2,0 мкм. Через образовавшиеся поры вещества, подлежащие включению, поступают из внешней среды внутрь эритроцитов (рис. 4). При восстановлении тоничности раствора до исходного уровня целостность поврежденной мембраны эритроцитов может восстанавливаться [5, 55, 59].

Нагруженные подобным способом эритроциты способны длительно циркулировать в кровотоке. В то же время выход из клеток большей части содержимого в ходе гемолиза приводит к образованию так называемых «теней» эритроцитов, которые in vivo достаточно быстро уничтожаются фагоцитами. Метод гипоосмотического лизиса при получении эритроцитарных контейнеров используется в нескольких модификациях, включая диализный ме-

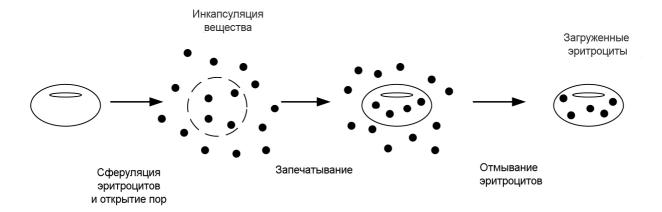


Рис. 4. Основные этапы метода гипоосмотического лизиса эритроцитов (по [59]). Черные кружки – молекулы вещества, подлежащего включению в эритроциты.

тод, при котором в эритроцитах в наибольшей степени сохраняются аденозинтрифосфат (АТФ) и цитоплазматические ферменты, что обеспечивает высокий выход жизнеспособных «запечатанных» клеток [5].

Для загрузки лекарственных препаратов в эритроциты также применяется метод электропорации. При этом суспензию эритроцитов вместе с включаемым веществом в изотоническом растворе помещают в пульсирующее электрическое поле напряженностью до 20 кВ/см при длительности импульсов от нано- до микросекунд. Превышение трансмембранного потенциала критической величины 1 В приводит к временному образованию пор в клеточной мембране. В соответствующей среде перфорация клеток идет без гемолиза, позволяя готовить эритроцитарные контейнеры, длительно живущие in vivo. Преимуществом метода является возможность инкапсулировать нерастворимые в цитоплазме компоненты [60].

Ряд биологических веществ может быть включен в эритроциты при индукции эндоцитоза. Суть этого способа в том, что под действием определенных фармакологических агентов происходит инвагинация (впячивание) участка мембраны эритроцита с последующим образованием в цитоплазме мембранных пузырьков с внеклеточным содержимым [59]. Кроме того, многие препараты способны включаться внутрь эритроцитов и по обычным транспортным механизмам. Выход таких лекарств из носителей, введенных в кровеносное русло, может быть задержан на часы, сутки и даже недели, что делает возможным пролонгирование эффекта [61].

Высвобождение препаратов из эритроцитарных носителей осуществляется тремя различными путями. Первый — это простая диффузия препаратов через мембрану, характерная для липофильных соединений (метотрексат, цианокобаламин, дексаметазон). Второй — активный транспорт препаратов через мембрану с вовлечением специфических механизмов. Третий — выход препаратов из клеток-носителей в результате разрушения последних, что свойственно лекарственным препаратам с высокой полярностью (гентамицин, гепарин,

аспарагиназа, пептиды). В то же время такое подразделение весьма условно, поскольку разрабатываются способы модификации мембраны эритроцитов, а также комплексы препаратов с другими молекулами, что ведет к изменению особенностей высвобождения препарата из клетки [1, 5].

Впервые введение химических соединений в эритроциты было осуществлено в 1953 г. в ходе попытки загрузить АТФ в эритроцитарные «тени» [62]. В 1973 г. было описано сообщение об успешной герметизации в эритроцитарных «тенях» терапевтических препаратов для непосредственной доставки к органам-мишеням [63].

На данный момент имеется ряд публикаций, рассматривающих эритроциты как систему для направленного транспорта лекарств. В работе [64] сообщается о применении антигипоксантов и ингибиторов протеолиза (рибоксин, контрикал) в эритроцитарных контейнерах при комплексной терапии гепаторенального синдрома. При этом отмечено купирование проявлений гепато- и нефропатий по целому ряду клинических и лабораторных признаков в 1,5–2 раза быстрее по сравнению с традиционной терапией.

Способность аутологичных эритроцитов воздействовать на процессы иммунокоррекции позволила рассмотреть возможность их применения с позиций иммунофармакотерапии. В работе [65] описаны возможности связывания эритроцитами тимических пептидов, глюкокортикоидных гормонов и некоторых других биологически активных веществ и использование этого феномена при коррекции иммунитета.

В онкологии предложено применять эритроциты в качестве переносчика фермента L-аспарагиназы, который при введении в кровь вызывает гибель аспарагинзависимых лейкозных клеток [5]. Такие препараты, как адриамицин, блеомицин, метотрексат, введенные в строму эритроцитов, положительно зарекомендовали себя при лечении опухолей печени. В лаборатории физической биохимии крови Гематологического научного центра РАМН с 1989 г. исследуются эритроциты, нагруженные рубомицином (дауномицином). Показано, что данные препараты способны быстро включаться в клетки и концентрироваться в них, при этом заметно снижаются их токсические эффекты [1].

Большое внимание исследователей уделяется возможности транспорта эритроцитами антибактериальных препаратов. В работе [66] оценивалось включение различных антибиотиков в «тени» эритроцитов при гипоосмотическом гемолизе. Наибольшим включением в эритроцитарные «тени» характеризовались аминогликозиды (канамицин, гентамицин). Полученные результаты позволили обосновать применение метода направленного транспорта канамицина в «тенях» эритроцитов для лечения гнойно-воспалительных заболеваний желчных путей и выявили большую его эффективность по сравнению с традиционным внутривенным способом введения. Интересным моментом явилось отсутствие антибиотиков в сыворотке крови и моче лабораторных животных, вводимых с помощью модификации эритроцитарной массы, что указывало на возможность формирования необратимого комплекса «эритроцит – антибиотик».

В работе [67] при исследовании фармакокинетики амикацина, введенного в организм белых крыс в эритроцитарных носителях, показано преимущественное накопление препарата в тканях печени и легких. Дополнительная обработка мембраны нагруженных эритроцитов глутаральдегидом стимулировала их узнавание купферовскими клетками и приводила к существенному повышению концентрации амикацина в печени, тогда как в других органах концентрация антибиотика была существенно ниже.

Направленный транспорт лекарств лейкоцитами. Другим направлением в экстракорпоральной фармакотерапии является использование аутолейкоцитов. Механизм действия лейкоцитарных носителей связывают со следующим [68]: после насыщения лекарственными веществами и возврата в кровоток лейкоциты за счет хемотаксиса мигрируют непосредственно в очаг воспаления, где путем стимулированного экзоцитоза или после своего разрушения высвобождают пиноцитированный во время инкубации лекарственный препарат. Из-за замедленного выделения препарата из лейкоцитов в сосудистом русле значительно удлиняется, по сравнению с обычным введением, период сохранения в крови эффективных терапевтических концентраций. Проведение направленного транспорта в данном случае обеспечивается получением лейкоцитов при помощи цитафереза.

В работе [69] показано, что применение направленного транспорта антибиотиков в аутологичных лейкоцитах в комплексном лечении больных с острыми воспалительными заболеваниями почек позволяет значительно уменьшить частоту гнойносептических осложнений, сократить длительность стационарного лечения. Для повышения фиксации антибактериальных препаратов клетками авторы облучали лейковзвесь гелий-неоновым лазером с длиной волны 633 нм.

Имеются данные об успешном использовании лейкоцитов в качестве естественного носителя при проведении направленного транспорта анти-

биотика цефтазидима при комплексном лечении пациентов с тяжелыми формами пневмонии [70]. Включение указанной методики в комплексную терапию сопровождалось достоверным снижением сроков госпитализации и летальности, а также более редким развитием осложнений пневмонии.

Направленный транспорт лекарств ауто**генной клеточной массой крови.** Наконец, в качестве варианта своего развития технология адресной доставки фармакологических средств рассматривает использование аутогенной клеточной массы крови, получаемой в ходе плазмафереза. Включение различных антибиотиков в аутоклетки крови с целью их дальнейшей доставки в патологический очаг изучено в работе [71]. Авторами выявлена способность таких препаратов, как фторхинолоны, рифампицин, клиндамицин, тетрациклины и хлорамфеникол, концентрироваться внутри клеток. Для улучшения связывания антибиотика с форменными элементами крови и создания устойчивого комплекса «препарат - носитель» было предложено дополнительно инкубировать полученную в результате отделения плазмы крови цитовзвесь с корректором связывания - АТФ, изменяющим микровязкость мембран клеток и способствующим более выраженному насыщению клеток препаратом.

При применении методики реинфузии клеточной массы крови с антибиотиками (цефалоспоринами, фторхинолонами) и даларгином при лечении людей, больных панкреонекрозом, отмечено повышение концентрации препаратов в очаге поражения, снижение эндогенной интоксикации, положительные сдвиги клеточного и гуморального иммунитета, уменьшение побочных воздействий лекарственных средств на организм [68].

Примечательно, что эффективность использования аутоцитовзвеси для направленного транспорта лекарств исследователи, как правило, обосновывают преимущественным поглощением препаратов лейкоцитами [68, 71]. Однако относительно небольшое количество лейкоцитов во взвеси форменных элементов ставит под сомнение их ведущую роль в этом процессе. Данный вопрос на сегодняшний день окончательно не решен.

#### Заключение

Таким образом, в настоящее время разработан целый ряд технологий направленного транспорта лекарственных веществ, предполагающих использование самых разнообразных приемов — от местного введения препаратов до их химической модификации и заключения в капсулы и оболочки. Тем не менее, большинство предлагаемых носителей лекарств (белковые векторы, наноразмерные частицы, искусственные микро- и наноконтейнеры) пока не получили широкого распространения в связи со значительной трудоемкостью их получения и создания комплексов с препаратами, ограничениями по диапазону и количеству связываемых лекарств, высокой стоимостью, а в ряде случаев — с токсичностью и иммуногенностью.

Развитие технологий адресной доставки лекарственных препаратов в клетки-мишени в XXI в. ученые связывают с внедрением высокоэффективных нанотранспортных систем. В то же время в ближайшей перспективе одними из самых эффективных и доступных для применения (ввиду безопасности, технической простоты, быстрого достижения клинических результатов и относительно низкой себестоимости проводимых процедур) представляются методы направленного транспорта лекарств, предполагающие использование аутологичных клеток крови в качестве переносчиков препаратов. При этом эритроцитарные носители наиболее целесообразно применять при патологических процессах в органах, богатых эритрофагоцитирующими клетками (печень, селезенка, легкие). Лейкоцитарные носители и клеточная масса крови, по-видимому, могут быть использованы для доставки лекарств в очаги воспаления различной локализации.

### Литература

- 1. Провоторов В.М., Иванова Г.А. Роль и место эритроцитов в системе направленного транспорта различных фармакологических средств // Клиническая медицина. 2009. № 9. С. 4–8.
- 2. *Цой О.Г.*, *Тайгулов Е.А.*, *Иманбаева Ю.Ш.* Клетки крови как транспортные системы целенаправленной доставки лекарственных препаратов // Астана медициналык журналы. 2011. Т. 66. № 4. С. 7–12.
- 3. Бегдуллаев А.К., Маншарипова А.Т., Джусипов А.К. и др. Проблема направленного транспорта лекарственных веществ в клинической практике // Терапевтический вестник. 2008. Т. 17. № 1. С. 32–36.
- Соснов А.В., Иванов Р.В., Балакин К.В. и др. Разработка систем доставки лекарственных средств с применением микро- и наночастиц // Качественная клиническая практика. 2008. № 2. С. 4-12.
- 5. Генинг Т.П., Белозерова Л.А. Эритроцитарные носители в направленном транспорте лекарств в гепатологии. Ульяновск: УлГУ, 2006. 79 с.
- 6. *Чазов Е.И., Смирнов В.Н., Торчилин В.П.* Направленный транспорт лекарств: проблемы и перспективы // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. 1987. Т. 32. № 5. С. 485–487.
- 7. Шляхто Е.В. Инновационные нанотехнологии в медицине и биологии // Инновации. 2008. Т. 116. № 6. С. 54-59.
- 8. Северин Е.С., Родина А.В. Проблемы и перспективы современной противоопухолевой терапии // Успехи биологической химии. 2006. Т. 46. С. 43-64.
- 9. Деев С.М., Лебеденко Е.Н. Современные технологии создания неприродных антител для клинического применения // Acta Naturae. 2009. № 1. С. 32–50.
- 10. Кузнецова С.А., Орецкая Т.С. Нанотранспортные системы адресной доставки нуклеиновых кислот в клетки // Российские нанотехнологии. 2010. Т. 5. № 9 –10. С. 40–52.

- Misra A., Ganesh S., Shahiwala A., Shah S.P. Drug delivery to the central nervous system: a review // J. Pharm. Pharm. Sci., 2003. Vol. 6. № 2. P. 252-273.
- 12. Lutsenko S.V., Feldman N.B., Finakova G.V. et al. Antitumor activity of α-fetoprotein and epidermal growth factor conjugates in vitro and in vivo // Tumour Biol., 2000. Vol. 21. № 6. P. 367-374.
- 13. Qian Z.M., Li H., Sun H., Ho K. Targeted drug delivery via the transferrin receptor-mediated endocytosis pathway // Pharmacol. Rev., 2002. Vol. 54. № 4. P. 561-587.
- 14. Dharap S.S., Wang Y., Chandna P. et al. Tumor-specific targeting of an anticancer drug delivery system by LHRH peptide // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2005. Vol. 102. № 36. P. 12962–12967.
- 15. Sharkey R.M., Goldenberg D.M. Targeted therapy of cancer: new prospects for antibodies and immunoconjugates // CA Cancer J. Clin., 2006. Vol. 56. № 4. P. 226-243.
- 16. *Моисеенко В.И*. Моноклональные антитела в лечении злокачественных опухолей // Практическая онкология. 2003. Т. 4. № 3. С. 148—156.
- 17. Walther W., Stein U. Viral vectors for gene transfer: a review of their use in the treatment of human diseases // Drugs, 2000. Vol. 60. № 2. P. 249-271.
- 18. Mancheno-Corvo P., Martin-Duque P. Viral gene therapy // Clin. Transl. Oncol., 2006. Vol. 8. № 12. P. 858–867.
- 19. Raper S.E., Chirmule N., Lee F.S. et al. Fatal systemic inflammatory response syndrome in a ornithine transcarbamylase deficient patient following adenoviral gene transfer // Mol. Genet. Metab., 2003. Vol. 80. № 1–2. P. 148–158.
- 20. Колесникова Т.А., Хлебцов Б.Н., Щукин Д.Г., Горин Д.А. Характеризация чувствительных к ультразвуковому воздействию нанокомпозитных микрокапсул методом атомно-силовой микроскопии // Российские нанотехнологии. 2008. Т. 3. № 9. С. 74–83.
- 21.  $\mathit{Кирпичников}$  М.П.,  $\mathit{Шайтан}$  К.В. О развитии нанобиотехнологии // Инновации. 2007. Т. 110. № 12. С. 55–61.
- 22. Rosi N.L., Giljohann D.A., Thaxton C.S. et al. Oligonucleotide-modified gold nanoparticles for intracellular gene regulation // Science, 2006. Vol. 312. № 5776. P. 1027–1030.
- 23. Dobson J. Gene therapy progress and prospects: magnetic nanoparticle based gene delivery // Gene Ther., 2006. Vol. 13. № 4. P. 283-287.
- 24. Salem A.K., Searson P.C., Leong K.W. Multifunctional nanorods for gene delivery // Nat. Mater., 2003. Vol. 2. № 10. P. 668-671.
- 25. Зиганшин А.У., Зиганшина Л.Е. Наночастицы: фармакологические надежды и токсикологические проблемы // Казанский медицинский журнал. 2008. Т. 89. № 1. С. 1-7.
- 26. Барсуков Л.И. Липосомы // Соровский образовательный журнал. 1998. № 10. С. 2–9.

- 27. Kozlowska D., Foran P., MacMahon P. et al. Molecular and magnetic resonance imaging: the value of immunoliposomes // Adv. Drug Deliv. Rev., 2009. Vol. 61. № 15. P. 1402–1411
- 28. Bangham A.D, Horne R.W. Negative staining of phospholipids and their structured modification by surface agents as observed in the electron microscope // J. Mol. Biol., 1964. Vol. 8. P. 660-668.
- Медикаментозное преодоление анатомических и клеточных барьеров с помощью липосом / Под ред. Л.М. Кузяковой, В.И. Ефременко. Ставрополь, 2000. 170 с.
- 30. Kato K., Yoshida J., Kageyama J. et al. Liposome entrapped human interferon-β. Its pharmacokinetics and antitumor activity against human rain tumor cells // J. Clin. Biochem. and Nutr. 1988. Vol. 4. № 2. P. 139–147.
- 31. Толчева Е.В., Оборотова Н.А. Липосомы как транспортное средство для доставки биологически активных молекул // Российский биотерапевтический журнал. 2006. Т. 5. № 1. С. 54-61.
- 32. Стрекалова О.С. Фосфолипидные наночастицы: получение, характеристика, использование для транспорта лекарств в организме: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИБМХ РАМН, 2010. 24 с.
- 33. Perez-Lopez M.E., Curiel T., Gomez J.G., Jorge M. Role of pegylated liposomal doxorubicin (Caelyx) in the treatment of relapsing ovarian cancer // Anticancer Drugs. 2007. Vol. 18. № 5. P. 611-617.
- 34. Zakharian T.Y., Seryshev A., Sitharaman B. et al. A fullerene-paclitaxel chemotherapeutic: synthesis, characterization and study of biological activity in tissue culture // J. Am. Chem. Soc. 2005. Vol. 127. № 36. P. 12508–12509.
- 35. Son S.J., Bai X., Lee S.B. // Inorganic hollow nanoparticles and nanotubes in nanomedicine. Part 2: Imaging, diagnostic, and therapeutic applications // Drug Discov. Today. 2007. Vol. 12. № 15-16. P. 657-663.
- 36. Ikeda A., Doi Y., Nishiguchi K. et al. Induction of cell death by photodynamic therapy with water-soluble lipid-membrane-incorporated [60] fullerene // Org. Biomol. Chem. 2007. Vol. 5. № 8. P. 1158–1160.
- 37. Dugan L.L., Turetsky D.M., Du C. et al. Carboxyfullerenes as neuroprotective agents // Pros. Natl. Acad. Sci. USA, 1997. Vol. 94. № 17. P. 9434–9439.
- 38. Tegos G.P., Demidova T.N., Arcila-Lopez D. et al. Cationic fullerenes are effective and selective antimicrobial photosensitizers // Chem. Biol. 2005. Vol. 12. № 10. P. 1127–1135.
- 39. Friedman S.H., DeCamp D.L., Sijbesma R.P. et al. Inhibition of the HIV-1 protease by fullerene derivatives: model building studies and experimental verification // J. Am. Chem. Soc. 1993. Vol. 115. № 15. P. 6506-6509.
- 40. Kam N.W., Jessop T.C., Wender P.A., Dai H. // Nanotube molecular transporters: internaliza-

- tion of carbon nanotube-protein conjugates into mammalian cells // J. Am. Chem. Soc. 2004. Vol. 126. No 22. P. 6850–6851.
- 41. Choi J.H., Nguyen F.T., Barone P.W. et al. Multimodal biomedical imaging with asymmetric single-walled carbon nanotube/iron oxide nanoparticle complexes // Nano Lett. 2007. Vol. 7. № 4. P. 861–867.
- 42. Trzaskowski B., Jalbout A.F., Adamowicz L. Molecular dynamics studies of protein-fragment models encapsulated into carbon nanotubes // Chem. Phys. Lett. 2006. Vol. 430. № 1-3. P. 97-100.
- 43. Cui D., Ozkan C.S., Ravindran S. et al. Encapsulation of Pt-labelled DNA molecules inside carbon nanotubes // Mech. Chem. Biosyst. 2004. Vol. 1. № 2. P. 113–121.
- 44. Singh R., Pantarotto D., McCarthy D. et al. Binding and condensation of plasmid DNA onto functionalized carbon nanotubes: toward the construction of nanotube-based gene delivery vectors // J. Am. Chem. Soc. 2005. Vol. 127. № 12. P. 4388-4396.
- 45. Shenoy D.B., Antipov A.A., Sukhorukov G.B., Mohwald H. Layer-by-layer engineering of biocompatible, decomposable core-shell structures // Biomacromolecules. 2003. Vol. 4. P. 265–272.
- 46. Schuler C., Caruso F. Preparation of enzyme multilayers on colloids for biocatalysis // Macromol. Rapid Commun. 2000. Vol. 21. №11. P. 750-753.
- 47. *Букреева Т.В., Парахонский Б.В., Скиртач А.Г. и др.* Получение полиэлектролитных микрокапсул с наночастицами серебра и золота в оболочке и дистанционное разрушение таких капсул воздействием лазерного излучения // Кристаллография. 2006. Т. 51. № 5. С. 183–189.
- 48. Shchukin D.G., Radtchenko I.L., Sukhorukov G.B. Synthesis of nanosized magnetic ferrite particles inside hollow polyelectrolyte capsules // J. Phys. Chem. B. 2003. Vol. 107. P. 86–90.
- 49. Antipov A.A., Sukhorukov G.B., Leporatti S. et al. Polyelectrolyte multilayer capsule permeability control // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. 2002. Vol. 198-200. P. 535-541.
- 50. Sayes C.M., Marchione A.A., Reed K.L. et al. Comparative pulmonary toxicity assessments of C<sub>60</sub> water suspensions in rats: few differences in fullerene toxicity in vivo in contrast to in vitro profiles // Nano. Lett. 2007. Vol. 7. P. 2399-2406.
- 51. Klumpp C., Kostarelos K., Prato M., Bianco A. Functionalized carbon nanotubes as emerging nanovectors for the delivery of therapeutics // Biochim. Biophys. Acta Biomembr. 2006. Vol. 1758. № 3. P. 404-412.
- 52. Chang T.M. Biodegradable semipermeable microcapsules containing enzymes, hormones, vaccines and other biologicals // J. Bioengineering. 1976. Vol. 1. № 1. P. 25–32.
- 53. Kim C.K., Oh Y.K. Development of hydrophilic human serum albumin microspheres using a drug-albumin conjugate // Int. J. Pharm. 1988. Vol. 47. № 3. P. 163–169.

- 54. *Костюченко А.Л.* Эфферентная терапия. СПб.: Фолиант, 2000. 432 с.
- 55. Самохин Г.Л., Домогатский С.Л. Направленный транспорт лекарств с помощью эритроцитов // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. 1987. Т. 32. № 5. С. 527–533.
- 56. Shah S. Novel drug delivery carrier: resealed erythrocytes // International J. Pharm. 2011. Vol. 2. № 1. P. 394–406.
- 57. Lewis D.A., Alpar H.O. Therapeutic possibilities of drugs encapsulated in erythrocytes // Int. J. Pharm. 1984. Vol. 22. P. 137-146.
- 58. Минаева О.В. Оптимизация метода направленного транспорта эритромицина и цефтриаксона при тяжелой внегоспитальной пневмонии: Дис. ... канд. мед. наук. Саранск: Мордовский государственный университет, 2008. 143 с.
- 59. Сарбаш В.И., Тихонова А.Г., Вуймо Т.А. и  $\partial p$ . Эритроциты носители лекарственных препаратов // Российский химический журнал. 2007. Т. 51. № 1. С. 143–149.
- 60. Kinosita K., Tsong T.Y. Survival of sucroseloaded erythrocytes in the circulation // Nature. 1978. Vol. 272. № 5650. P. 258-260.
- 61. Solomon L.R., Hillman R.S. Vitamin B6 metabolism in human red cells. I. Variations in normal subjects // Enzyme. 1978. Vol. 23. № 4. P. 262–273.
- 62. *Gardos G*. Akkumulation de kalium onch durch menschiche Blufkorperchen // Acta Physiol. Acad. Sci. Hung. 1953. № 6. P. 191–196.
- 63. Ihler G.M., Glew R.M., Schnure F.W. Enzyme loading of erythrocytes // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1973. Vol. 70. № 9. P. 2663–2666.
- 64. Левин И.Г., Фадеев Б.М., Камалов Е.Х. Эритроцитарные носители антигипоксантов и ингибиторов протеолиза в комплексной терапии гепато-ренального синдрома // Тезисы докладов и сообщений VI Всероссийского съезда анестезиологов и реаниматологов. М., 1998. С. 18.

- 65. Дмитриева Л.А., Кирдей Е.Г. Характер и условия сорбции эритроцитами биологически активных веществ // Сибирский медицинский журнал. 1995. № 2. С. 23–25.
- 66. Жумадилов Ж.Ш., Макаренкова Р.В. Особенности включения некоторых антибиотиков в эритроцитарные тени систему целенаправленной доставки химиотерапевтических препаратов // Антибиотики и химиотерапия. 1990. Т. 35. № 1. С. 54–56.
- 67. Millan C.G., Castaneda A.Z., Lopez F.G., Marinero M.L. Pharmacokinetics and biodistribution of amikacin encapsulated in carrier erythrocytes // J. Antimicrob. Chemother. 2008. Vol. 61. № 2. P. 375–381.
- 68. Сагитова Д.С. Направленный транспорт лекарственно модифицированных элементов крови в профилактике и лечении гнойных осложнений острого панкреатита: Дис. ... канд. мед. наук. СПб.: Санкт-Петербургская медицинская академия последипломного образования, 2008. 118 с.
- 69. Абу Идда А.Ш., Горелов С.И., Каган О.Ф. Лечение больных с гнойно-воспалительными заболеваниями почек путем применения направленного транспорта антибактериальных препаратов в аутологичных лейкоцитах // Медицинский научный и учебно-методический журнал. 2006. № 31. С. 116–124.
- 70. *Ершов А.Л.*, *Карпушина И.А*. Опыт применения модифицированной методики направленного транспорта антибиотиков при тяжелом течении внебольничной пневмонии // Эфферентная терапия. 2006. Т. 12. № 3. С. 39–44.
- Лохвицкий С.В., Гуляев А.Е., Зубцов Н.В. и др. Клиническая фармакокинетика антибиотиков при введении их в клеточной массе во время плазмафереза // Здравоохранение Казахстана. 1992. № 8. С. 22–24.

Статья поступила в редакцию 12.09.2011.

### TENANTN-MNHEPAANTNYECKNE HAYKN

УДК 549.516.11:549.746.52:[548.4: 543.429.22]

### ФОТОИНДУЦИРОВАННАЯ ПЕРЕЗАРЯДКА ПРИМЕСНЫХ ИОНОВ В УЛЬТРАДИСПЕРСНОМ ОКСИДЕ МАГНИЯ

В.П. ЛЮТОЕВ

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

Методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) произведено изучение влияния естественного и искусственного оптического излучения на парамагнитные центры ультрадисперсных порошков оксида магния, процессов фотои термоактивированной перезарядки примесных ионов переходных металлов группы железа. Выявленный фотостимулированный переход  $\mathrm{Mn}^{3+} + \mathrm{e}^{\cdot} \to \mathrm{Mn}^{2+}$  может быть положен в основу интегрирующего датчика естественных и техногенных потоков УФ-излучения с ЭПР-регистрацией эффекта.

Ключевые слова: ультрадисперсный оксид магния, аэрозоли, элементы-примеси группы железа, ЭПР, фотоиндуцированные парамагнитные центры

# V.P. LUTOEV. PHOTOINDUCED RECHARGE OF IMPURITY IONS IN ULTRADISPERSE MAGNESIA OXIDE

Influence of natural and artificial optical radiation upon paramagnetic centers in ultradisperse magnesia powders, of photo- and thermally activated recharge of impurity ions of transition metals of the iron group has been studied using the ESR method. The detected photostimulated transition  $\text{Mn}^{3+}$ +  $\text{e}^ \rightarrow$   $\text{Mn}^{2+}$  can be regarded as the basis for an integrating sensor of natural and technogenic UV fluxes with ESR-registration of the effect.

Key words: ultradisperse magnesia oxide, aerosol, elements-impurities of the iron group, ESR, photoinduced paramagnetic centers

### Введение

Порошки и аэрозоли ультрадисперсных оксидов щелочноземельных и переходных металлов аэрозольных частиц являются эффективными адсорбентами и субстратами сенсибилизации различных химических реакций в природе и технологических процессах. Они рассматриваются в качестве перспективных материалов фиксации солнечной энергии путем фотокаталитических химических реакций на их поверхности [1]. С экологической точки зрения фотокатализ на поверхности аэрозольных частиц в тропосфере может вносить существенный вклад в глобальную химию атмосферы [2]. Необходимым условием фотокаталитической реакции является фундаментальное поглощение квантов оптического излучения, сопровождающееся формированием подвижных носителей заряда, их миграцией и формированием на поверхности оксида короткоживущих высокореакционных молекулярных группировок, которые вступают в химическую реакцию с адсорбированными молекулами. Экспериментально процессы фотосорбции наиболее детально изучены для щелочноземельных оксидов, особенно оксида магния [2]. Соединение кристаллизуется в кубической структуре типа NaCl (пространственная группа Fm3m), его природная форма известна как периклаз. Оксид магния относится к диэлектрикам с краем собственного поглощения в области вакуумного ультрафиолета с  $\lambda < 180$  нм [3], поэтому он не должен реагировать на солнечное излучение (так как излучение с длинами волн короче 300 нм поглощается в верхних слоях атмосферы). Однако эффективное поглощение света в области мягкого ультрафиолета в ультрадисперсном оксиде магния может происходить на энергетических уровнях поверхностных и примесных состояний.

Ультрадисперсный оксид магния был использован нами для сорбции и диагностики методом ЭПР наноразмерных аэрозолей в приземном слое атмосферы [4]. После длительной выдержки порошков на солнечном свету с регулируемой вентиляцией воздушного потока, наряду с появлением в спектрах ЭПР сигналов осажденных примесных фаз, были отмечены изменения интенсивностей линий изоморфных примесных ионов  ${\rm Mn}^{2+}$ ,  ${\rm Fe}^{2+}$  и  ${\rm Cr}^{3+}$  в структуре оксида магния. Цель данной работы — изучение влияния солнечного и искусственного оптического излучения на парамагнитные центры ультрадисперсных порошков оксида магния, процессов фото- и термоактивированной перезарядки примесных ионов переходных ионов.

### Методы исследований

В качестве объекта исследований выбран ЧДА порошок MgO. Известно, что поверхность ультрадисперсного оксида магния после длительного контакта с воздухом покрывается адсорбированной водой, карбонатными и, возможно, нитратными соединениями [2]. На рис. 1 представлена дериватограмма порошка MgO. Общие потери веса после прокаливания до 1000 °C составили около 40 %. Эндоэффекты при температурах ниже 600 °C типичны для гидромагнезита Mg<sub>5</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O [5] и отражают процессы дегидратации (до 350 °C) и декарбонатизации соединения (350-600 °C). Экзоэффект при 515 °C соответствует кристаллизации аморфного магнезита, сформировавшегося после дегидратации. Слабый экзоэффект при 720 °C, видимо, связан с наличием небольших количеств примеси карбоната кальция.

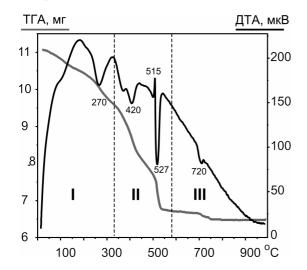


Рис. 1. Термограмма измененного ультрадисперсного порошка оксида магния при взаимодействии с атмосферой и ее интерпретация по данным [5]: I –  $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2\cdot 4H_2O \to Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 + 4H_2O\uparrow$ ; II –  $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \to 4Mg(CO_3) + MgO + H_2O\uparrow \to 4MgO + 4(CO_2)\uparrow + MgO$ ; III –  $(Ca_{1-x}Mg_x)(CO_3) \to xMgO + (1-x)CaO + (1-x)CO_2\uparrow$ .

Присутствие кристаллического гидромагнезита в изучаемом порошке нами однозначно установлено с помощью методов ИК- и рамановской спектроскопии [6]. На рентгенограмме исходного порошка, кроме рефлексов периклаза MgO, были зарегистрированы все основные рефлексы гидромагнезита (рис. 2). После термической дегидратации и декарбонатизации поверхностных фаз порошка и последующей кристаллизации сформировавшегося аморфного оксида магния рефлексы гидромагнезита исчезают, а рефлексы оксида магния сужаются и усиливаются. При прогревании порошка выше 500 °C гидромагнезит полностью преобразуется в оксид магния. На дифрактограмме прокаленного порошка был выявлен также слабый рефлекс кальцита. С учетом данных по потерям веса при прокаливании исходный порошок имел следующий минеральный состав (вес. %): MgO -25,  $(Ca_{0.45}Mg_{4.55})(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O - 75$ .

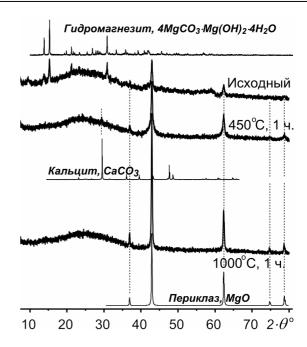


Рис. 2. Дифрактограммы порошка оксида магния (исходного и отожженного в течение часа при 450 и  $1000\,^{\circ}$ С). Для сравнения приведены расчетные дифрактограммы периклаза, кальцита и гидромагнезита.

Порошок, прокаленный при 1000 °C, характеризуется узкими рентгеновскими рефлексами кристаллического периклаза MgO. Размер его зерен не превышает 100 нм, расчетная площадь поверхности около 20 м²/г. Отличительной особенностью прокаленного оксида магния является полное отсутствие в его спектрах ЭПР линий от ионов  $M^{2+}$ , обычно самых интенсивных для этого соединения, но при этом регистрируются интенсивные сигналы от изоморфных примесей ионов  $Cr^{3+}$  и  $Fe^{3+}$ .

Спектры ЭПР были получены на радиоспектрометре X-диапазона RadioPAN SE/X-2547 при комнатной температуре препаратов. Навеска непрессованного порошка оксида магния в 20–40 мг помещалась в закрытые кварцевые пробирки диаметром около 5 мм. Высота насыпного столбика с веществом составляла 5–8 мм. Для выяснения влияния атмосферы на парамагнитные центры в оксиде магния одна серия предварительно прокаленных при 1000 °С препаратов была вакуумирована (остаточное давление 0,01 мм рт. ст.) и загерметизирована в пробирках.

Оценка концентрации  $Mn^{2+}$  и  $Cr^{3+}$  производилась методом сравнения двойных интегралов соответствующих компонентов спектра ЭПР образца и аттестованной линии эталона, записанных в виде первой производной поглощения. В качестве стандарта количества спинов был использован  $Mn^{2+}$ : MgO (E610, аттестован третий компонент сверхтонкой структуры СТС,  $S_{3\varphi\varphi}=1/2$ ,  $4\cdot10^{15}$  спинов). Запись спектров образца и эталона производилась при одинаковых амплитудах ВЧ модуляции (0.05 мТ) и низкой СВЧ мощности в резонаторе ( $\leq 2$  мВт), обеспечивающей условия, далекие от насыщения сигналов.

Лабораторная световая экспозиция порошка оксида магния производилась вертикально падающим сфокусированным на кварцевой пробирке излучением ксеноновой лампы ДКсШ-150, прошедшим через охлаждаемый водяной фильтр (оптический путь 7 см). Освещенность в пятне составляла около 16 000 лк. Для выделения отдельных спектральных диапазонов излучения использовались светофильтры. Относительный энергетический поток рассчитывали по нормативной спектральной кривой свечения ДКсШ-150 и кривой пропускания светофильтра. Для равномерности засветки и предотвращения нагрева препарата пробирку вращали со скоростью 0,5 об/с вокруг ее оси под углом 10° к горизонту, охлаждая в водяной бане при комнатной температуре. Отжиг препаратов производился в трубчатой печи в кварцевой пробирке. Температурный режим задавался микропроцессорным блоком РИФ-107БР/РИФ-101 с платиновой термопарой.

### Результаты и обсуждение

Гидрокарбонатизированный порошок оксида магния. В спектре ЭПР исходного порошка оксида магния присутствовала узкая ( $\Delta Brr = 0.13 \text{ мT}$ ) линия с  $g_0$  = 1,979 (рис. 3, a). При большом усилении вокруг нее становится заметным эквидистантный квартет равноинтенсивных линий с расщеплением СТС 1,77 мТ. Данный сигнал обусловлен ионами  $Cr^{3+}$  (S = 3/2) с нулевым (90,5 %) и ненулевым ядерными спинами ( $^{53}$ Cr; J = 3/2; 9,5 %) в кубической анионной позиции замещения в решетке оксида магния [7]. В спектре зарегистрирован также компонент сложной формы с  $g_{cp}$  = 2,004, относящийся к изоморфным ионам  $Fe^{3+}$  в ненарушенной кубической позиции решетки оксида магния. Линии ЭПР от парамагнитных ионов в гидромагнезитовой фазе не обнаружены. Возможно, это связано с низкой симметрией решетки соединения и, соответственно, сильным ориентационным уширением сигналов ЭПР порошка, чего не происходит для ионов в позициях с кубической симметрией.

После экспозиции порошка на солнечном свету или под излучением газоразрядной лампы (рис. 3, б–г) в спектрах ЭПР появляется секстет с g =2,00 и расщеплением СТС около 8.7 мT, связанный с ионами  $\mathrm{Mn^{2+}}$  (S = 5/2,  $\mathrm{J(^{55}Mn)}$ = 5/2, 100 %) в неискаженных кубических анионных позициях оксида магния [7]. Ширина линий СТС составляла 0.12 мТ. Насыщение интенсивности спектра ЭПР ионов  $\mathrm{Mn^{2+}}$  наступало уже после световой экспозиции 6 000—8 000 лк·час, т. е. после 20—30 мин. облучения сфокусированным пучком света ДКсШ-150 или в течение нескольких суток рассеянной солнечной радиацией (рис. 3, в, г).

При этом интенсивность сигнала  $Fe^{3+}$  заметно понижается, а на его фоне появляются две одиночные асимметричные линии с g=2,0115 и 2,0012, очевидно, обусловленные фотоиндуцированными электронно-дырочными центрами. Заметим, что фотооблучение не приводит к появлению данных линий в спектрах ЭПР прокаленного порошка оксида магния, поэтому они могут быть отнесены к фотоиндуцированным центрам на  $CO_3^{2-}$  группах гид-

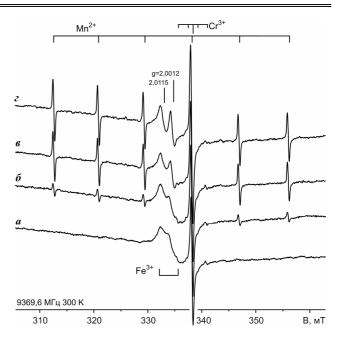


Рис. 3. Спектры ЭПР порошка MgO в закрытой кварцевой ампуле: а — неэкспонированный препарат; б и в -1- и 12-дневная солнечная экспозиция; г — последующая 4-х часовая экспозиция под сфокусированным излучением ксеноновой лампы ДКсШ-150 с водяным фильтром (7 см). Навеска 40 мг.

ромагнезита. В структуре карбонатов такие центры характеризуются орторомбическими g-тензорами [8]. Но при их быстром хаотическом вращении в спектре ЭПР регистрируется изотропная линия с эффективным g-фактором, равным с  $g_0 = (g_{zz} + g_{yy} + g_{xx})/3$ , где  $g_{zz}$ ,  $g_{yy}$ ,  $g_{xx}$  — главные значения g-тензора. В соответствии с известными значениями g-тензоров карбонатных центров [8] линия в спектре ЭПР гидрокарбонатизированного оксида магния с g = 2,0115 соответствует  $g_0$  быстро вращающихся  $CO_3$ -ионрадикалов, а линия с g = 2,0012 —  $CO_2$ - -ионрадикалов.

Фотоиндуцированные изменения в спектрах ЭПР в порошке оксида магния носят частично обратимый характер. Кратковременный (20 мин.) отжиг в открытых пробирках при температуре выше  $300\,^{\circ}$ С приводит к полному исчезновению из спектров ЭПР линий электронно-дырочных центров, а повышение температуры до  $450\,^{\circ}$ С восстанавливает первоначальную интенсивность линии ионов  ${\rm Fe}^{3+}$  и сильно снижает амплитуду линий секстета  ${\rm Mn}^{2+}$  (рис. 4). При дальнейшем повышении температуры сигналы  ${\rm Mn}^{2+}$  полностью исчезают из спектров ЭПР, но при этом сильно повышаются интенсивности линий ионов  ${\rm Fe}^{3+}$  и особенно  ${\rm Cr}^{3+}$ . Ширины линий сигналов ЭПР этих примесных ионов остаются почти неизменными.

Детальная картина изменений интенсивности линий ЭПР ионов  $\mathrm{Mn^{2+}}$ ,  $\mathrm{Cr^{3+}}$  и  $\mathrm{Fe^{3+}}$  в пошаговом отжиге представлена на рис. 5. Отжиг  $\mathrm{Mn^{2+}}$  происходит в узком термическом интервале  $400-500~\mathrm{^{\circ}C}$  и сопровождается приростом интенсивности линии ЭПР ионов  $\mathrm{Fe^{3+}}$ . Процесс отжига  $\mathrm{Mn^{2+}}$  скоррелирован с потерей веса порошка, которая в основном

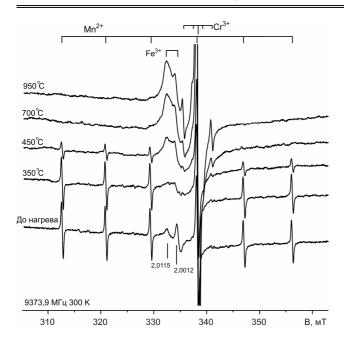


Рис. 4. Изменение спектров ЭПР гидрокарбонатизированного порошка MgO (4 ч облучения) в ходе отжига при разных температурах в течение 20 мин.

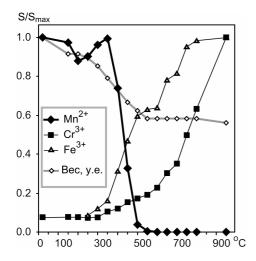


Рис. 5. Приведенные интегральные интенсивности линий ЭПР  ${\rm Mn}^{2+}$ ,  ${\rm Fe}^{3+}$ ,  ${\rm Cr}^{3+}$  и веса в прогрессирующем изохронном отжиге (20 мин.) гидрокарбонатизированного порошка оксида магния, облученного в течение 4 ч.

происходит до 600 °C. Быстрое наращивание интенсивности линии ионов  $Cr^{3+}$  происходит при температурах выше 700 °C.

Прокаленные порошки оксида магния. Отличительной особенностью экспозиционных серий спектров ЭПР прокаленного порошка MgO при аналогичной исходному гидрокарбонатизированному порошку скорости накопления  $\mathrm{Mn^{2^+}}$  являются большая конечная фотонаведенная интенсивность линий ионов  $\mathrm{Mn^{2^+}}$  и отсутствие линий карбонатных радикалов (рис. 6). В порошках, прокаленных при температуре выше  $450\,^{\circ}\mathrm{C}$ , концентрация ионов  $\mathrm{Mn^{2^+}}$ , достигаемая при освещении образцов, в 2,5–3 раза выше получаемой в непрокаленном порошке. По нашим оценкам, около 70 % этого возрастания

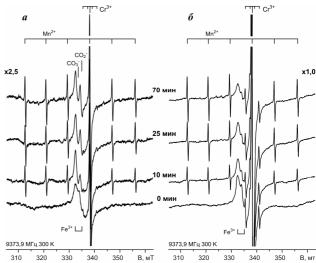


Рис. 6. Влияние на спектры ЭПР порошка оксида магния экспозиции УФ-излучения: исходного гидрокарбонатизированного (а) и прокаленного при  $1000~^{\circ}$ С в течение 4 ч (б). Спектры нормированы на одинаковый вес пробы до ее прокалки.

обусловлено вовлечением в фотопроцесс примесных ионов, находящихся в гидромагнезитовой фазе. Таким образом, выявляемые ЭПР фотостимулированные преобразования валентного состояния ионов железа и марганца происходят в оксидной фазе зерен, а приповерхностный гидромагнезит только снижает эффективность фотопроцесса.

Сравнительные экспозиционные изменения концентраций  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  в исходном порошке и продуктах его прокаливания при 450 и 1000 °C представлены на рис. 7. Накопление  $Mn^{2+}$  хорошо описывается в модели экспоненциального роста с быстрым ( $C_1$ ,  $\tau_1$ ) и медленным ( $C_2$ ,  $\tau_2$ ) компонентами по уравнению:

 $C_{Mn2+}(t) = C_1 \cdot (1 - \exp(-t/\tau_1)) + C_2 \cdot (1 - \exp(-t/\tau_2)).$  (1) Параметры уравнения (1), полученные при фиттинге экспериментальных зависимостей (рис. 7)

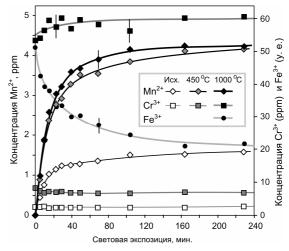


Рис. 7. Изменение концентрации примесных ионов  ${\rm Mn}^{2+}$ ,  ${\rm Fe}^{3+}$ ,  ${\rm Cr}^{3+}$  в ходе световой экспозиции исходного порошка MgO и продуктов его прокаливания в течение 4 ч (при 450 и 1000 °C). Сплошные линии – аппроксимация экспериментальных точек по уравнениям (1) и (2).

Таблица 1

 $\Pi$ араметры фотосенсибилизированной генерации ионов  $Mn^{2+}$ 

Обработка порошка MgO	C <sub>1</sub> , ppm	τ <sub>1</sub> , мин.	C <sub>2</sub> , ppm	τ <sub>2</sub> , мин.	dC/dt (t= ĩ), ppm/ мин.	t (0,8·С <sub>тах</sub> ), мин.
Исходный	1,2±0,2	9,8± 0,6	0,50± 0,08	130±50	0,12± 0,02	55
450 °С, 4 ч	2,9±0,4	12,3± 0,8	1,4±0,3	100±70	0,24± 0,05	50
1000 °С, 4ч	3,1±0,7	12,4± 2,2	1,2±0,6	60±30	0,25± 0,07	35

Примечание.  $t(0,8\cdot C_{max})$  — время экспозиции под ксеноновой лампой для накопления 80% концентрации  $Mn^{2+}$ ,  $C_{max}=C_1+C_2$ .

концентрации ионов  $Mn^{2+}$  от дозы облучения образцов с различной предварительной термической обработкой, представлены в табл. 1. После термической обработки, ведущей сначала к распаду гидромагнезита и формированию дополнительного низкоупорядоченного оксида магния, а затем его кристаллизации, происходит некоторое увеличение крутизны кривых фотонакопления  $Mn^{2+}$ , а также резкое повышение его конечной концентрации, примерно равной для образцов, прокаленных при 450 и 1000 °C. На начальной стадии экспозиции скорость накопления [dC/dt(t=0)] этих ионов возрастает вдвое.

Экспозиционная кривая для ионов  $Fe^{3+}$  описывается двухкомпонентным экспоненциальным спадом:

 $C_{Fe3+}(t)=C_0+C_1\cdot \exp(-t/~\tau_1))+C_2\cdot \exp(-t/~\tau_2)),$  (2) где  $C_0,~C_1$  и  $C_2$  равны соответственно 20,2, 12±5 и 18±5 усл. ед.,  $\tau_1$  и  $\tau_2-7\pm5$  и 70±20 мин. Временные параметры (2) кривой исчезновения близки к таковым для ионов  $Mn^{2+}$ . Как уже отмечалось, прокаливание порошка приводит к сильному росту интенсивности линии ЭПР от ионов  $Cr^{3+}$ . На начальном этапе облучения, в интервале быстрого изменения содержаний  $Mn^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ , наблюдаются также небольшие изменения в интенсивности ЭПР сигнала  $Cr^{3+}$ .

Фотоиндуцированное появление в спектрах ЭПР линий от ионов Mn<sup>2+</sup> указывает на их первоначальное трех- или четырехвалентное состояние. Ионы  ${\rm Mn^{3^+}}$  не дают в наших условиях регистрации сигналов ЭПР. Ионы Mn<sup>4+</sup> парамагнитны, и их различные структурные состояния в MgO хорошо известны [9, 10]. Во всех случаях кубическая симметрия первой координационной сферы ионов марганца искажается до тетрагональной. Соответственно, спектры ЭПР этих ионов характеризуются высокой анизотропией, и в случае порошкового образца его линии распределяются в широких диапазонах полей. Нам не удалось обнаружить следы линий Mn<sup>4+</sup> в спектрах ЭПР как исходного, так и прокаленного порошка, хотя после облучения образца появлялся интенсивный секстет от Mn<sup>2+</sup>. Скорее всего, в неэкспонированных на свету порошках марганец находится в состоянии Mn<sup>3</sup> Разновидности оксида магния с такой валентной

Таблица 2

Влияние отжига и УФ-облучения на валентное состояние примесных ионов в оксиде магния

Отжиг, облучение	Валентное состояние примесных ионов							
и фазовый состав	ва	тмосфе	ере	в вакууме				
Исходный, MgO + (Ca <sub>0.45</sub> Mg <sub>4.55</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ·5H <sub>2</sub> O	Cr <sup>2+</sup> , <b>Cr</b> <sup>3+</sup>	<b>Fe</b> <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>3+</sup>	_	-	-		
450-1000 °C, MgO		Fe <sup>3+</sup>		Cr³+		Mn <sup>3+</sup>		
УФ, MgO			Mn <sup>2+</sup>			Mn <sup>2+</sup>		
450 °C, MgO	Cr³+	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>3+</sup>	Cr³+	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>		
УФ, MgO	Cr³+	<b>Fe<sup>3+</sup></b> , Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cr³+	Fe <sup>3+</sup>	Mn²+		

Примечание. Жирным шрифтом выделены детектируемые методом ЭПР состояния ионов.

формой марганца хорошо известны [11]. Изменения в интенсивности линий ЭПР ионов  $Fe^{3+}$  и  $Cr^{3+}$ , очевидно, связаны с их переходом в недетектируемые двухвалентные состояния [12]. Наблюдаемые в экспериментах валентные переходы примесных ионов могут быть обобщены схемой, представленной в табл. 2.

По данным ЭПР-определений, в исходном порошке марганец находится в трехвалентной форме. После длительной экспозиции порошка под ксеноновой лампой было зарегистрировано 1,6 ppm Mn<sup>2+</sup>. Предварительный длительный отжиг порошка при температурах 450-1000 °C привел к повышефотонаведенной концентрации Mn<sup>2+</sup> 4,2 ppm. Это возрастание в 2.6 раза обязано разрушению приповерхностного гидромагнезита и вовлечению в фотопроцесс дополнительных количеств  ${\sf Mn}^{3+}$  уже в составе MgO. Концентрация ионов  $Cr^{3+}$  в исходном порошке составила 2,7 ppm, а после отжига при  $450 \, ^{\circ}\text{C} - 7 \, \text{ppm}$ . Как и в случае  $\text{Mn}^{2+}$ это приращение (в 2.5 раза) связано с переходом гидромагнезита в оксид магния. Дальнейшее повышение температуры отжига ведет к быстрому росту концентрации ионов Cr3+ и после отжига при 1000 °C она достигает 60 ppm (рис. 7). Этот рост связан с термоионизацией двухвалентных ионов хрома в анионной подрешетке оксида. Отсюда следует, что около 90 % хрома изначально присутствуют в соединении в форме Cr2+. Аналогичное заключение относится также к изоморфным ионам Fe<sup>2+</sup> и  $Fe^{3+}$ . Как и в случае  $Mn^{3+}$ , ионы  $Fe^{3+}$  конвертируются оптическим излучением в двухвалентную форму.

На рис. 8 приведены результаты оценки спектральной чувствительности ионов Mn<sup>2+</sup>. Видно, что изменение интенсивности их линий ЭПР вызывает ультрафиолетовый (УФ) компонент излучения. Эффект начинает проявляться с области ближнего УФ на длинах волн меньших 350 нм и быстро возрастает к 300 нм. Объемные образцы оксида магния поглощают свет в далекой УФ области с максимумом на 160 нм. В диспергированном оксиде магния за счет поверхностных состояний край фундаментального поглощения смещается к 200 нм, а быстрое увеличение концентрации неэквивалентных поверхностных ионов (трех-, четырех-, пятикоор-

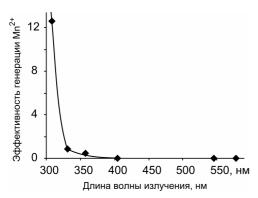


Рис. 8. Спектральная эффективность генерации  ${\rm Mn}^{2+}$  в ультрадисперсном MgO.

динированных по  $Mg^{2^+}$ ) при достижении наноразмерной дисперсности приводит к его дальнейшему сдвигу в область 250–300 нм [3]. Поглощение света в области ближнего УФ может быть связано переходами переноса заряда  $Mg^{2^+}(3s^0)O^2(2p^6) \rightarrow Mg^+(3s^1)O^-(2p^5)$  от низкокоординированного поверхностного иона кислорода к поверхностным и подповерхностным ионам магния. Вероятно, спектральная фоточувствительность марганца (рис. 8) связана с поглощением этого типа и диффузией электронов от поверхностного иона кислорода к примесному иону в объеме зерна.

Как уже отмечалось, нарастание интенсивности линий Mn<sup>2+</sup> и уменьшение интенсивности сигнала Fe<sup>3+</sup> под действием УФ-излучения сопровождаются в случае гидрокарбонатизированного оксида появлением карбонатных ион-радикалов. В порошке чистого оксида магния, полученного прокаливанием, вместо них после облучения на поверхности оксида магния появляются короткоживущие озонидные  $- O_3^-$  и супероксидные  $O_2^-$ - ион-радикалы, наложение сигналов которых обуславливает в спектре ЭПР с  $g_1$  =2,0127,  $g_2$  = 2,0096,  $g_3$  = 2,0028 [1]. Сигналы этих молекулярных ионов регистрируются непосредственно после экспозиции порошка под ксеноновой лампой и деградируют при комнатной температуре (рис. 9). Однако, если облучению подвергнуть вакуумированный порошок MgO, то, как и в случае экспонирования на воздухе, в спектре ЭПР появляются линии от ионов Mn<sup>2+</sup> и исчезает сигнал  $Fe^{3+}$ , но  $O_3^-$ - и  $O_2^-$ -ион-радикалы при этом не образуются (рис. 10). Двухвалентное состояние марганца в вакуумированном оксиде стабильно к термическому отжигу в вакууме, а при высоких температурах (900 °C) отжига концентрация Mn<sup>2+</sup> даже несколько повышается. Однако после напуска воздуха повышение температуры всего до 450 °C вновь приводит к переходу  ${\rm Mn}^{2^+} \rightarrow {\rm Mn}^{3^+}.$  Отжиг в вакууме, так же как и отжиг на воздухе, восстанавливает фотодеградированный сигнал  $Fe^{3+}$ 

Проведенные эксперименты показывают, что при УФ-облучении ультрадисперсного оксида магния в воздушной среде происходит восстановление трехвалентных ионов марганца и железа:

$$Mn^{3+} + e^{-} \rightarrow Mn^{2+};$$
  
 $Fe^{3+} + e^{-} \rightarrow Fe^{2+}.$ 

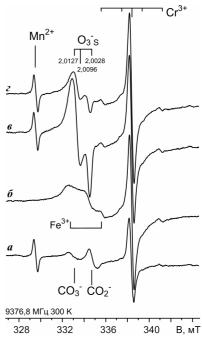


Рис. 9. Преобразование спектра ЭПР в ходе облучения и прогрева порошка MgO: а — исходный порошок после 30 мин. облучения; б — последующий отжиг в течение 30 мин. при  $600\,^{\circ}\mathrm{C}$ ; в — облучение продукта отжига в течение 20 мин.; г — повторная запись после выдержки образца при  $20\,^{\circ}\mathrm{C}$  в течение  $13\,^{\circ}\mathrm{U}$ .

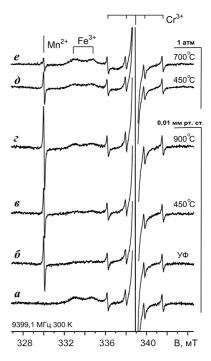


Рис. 10. Влияние оптического излучения и отжига на спектры ЭПР вакуумированного порошка MgO: а — порошок, прокаленный при  $1000\,^{\circ}$ С в течение 1 ч сначала на воздухе, а затем в откачанной (0,01 мм рт. ст.) и запаянной кварцевой ампуле;  $6-30\,^{\circ}$ мин. экспозиции под излучением ксеноновой лампы; в, г — отжиг в течении 30 мин. при  $450\,^{\circ}$ и  $900\,^{\circ}$ С; д, е — отжиг после напуска воздуха в течение  $30\,^{\circ}$ мин. при  $450\,^{\circ}$ С.

При этом на поверхности зерен оксида магния из атмосферы адсорбируются молекулы кислорода, формируя метастабильные озонидные и супероксидные ион-радикалы. При нагревании оксида магния в воздушной среде до температур выше 450 °C происходит обратное окисление ионов:

$$Mn^{2+} \rightarrow Mn^{3+} + e^{-};$$
  
 $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^{-}.$ 

По крайней мере, для ионов  $Mn^{2+}$  переход в трехвалентное состояние требует присутствия атмосферных газов. Возможно, аналогичные процессы восстановления-окисления происходят и с примесными ионами хрома, но зарегистрировать небольшие фотоиндуцированные изменения в интенсивности линии ЭПР Cr3+ вследствие высокой концентрации этой примеси не удается.

Эффективным источником носителей заряда и адсорбирования молекулярных газов на поверхность зерен оксида магния является низкокоординированный вершинный ион  ${\rm O_S}^{2-}$  (индекс S маркирует поверхностные атомы) [1]. Под действием ионизирующего излучения формируется поверхностный  $O_s^-$ -центр:

$$O_S^{2-} + h\tilde{i} \rightarrow O_S^{-} + e^{-}$$
. (3)

Сигналы ЭПР реакционно-активного поверхностного центра O<sub>S</sub><sup>-</sup> в спектре ЭПР при этом не возникают, что связано с дальнейшей релаксацией приповерхностных связей. При наличии атмосферы O<sub>S</sub><sup>-</sup> вступает во взаимодействие с молекулярными и ионизированными УФ-излучением газами, одним из результатов которого является появление метастабильных озонидных ион-радикалов, регистрируемых ЭПР:

$$O_S^- + O_2^{\ 0} \to O_{3S}^-.$$
 (4

Высвобожденный в процессе (3) электрон, согласно [7], мигрируя к поверхностному иону магния формирует центр сорбции молекулярного кислорода в виде метастабильного супероксидного ион-радикала O<sub>2S</sub><sup>-</sup>, который также проявляется в спектре ЭПР облученного на воздухе оксида:

$$({\rm Mg_S}^{2^+} + {\rm e^-}) + {\rm O_2}^0 {
ightarrow} {\rm Mg_S}^{2^+} + {\rm O_{2S}}^-.$$
 (5) Высвобожденный по (1) электрон может диффундировать вглубь зерна и захватываться трехвалентными примесными ионами  ${\rm Mn^{3^+}}$ ,  ${\rm Fe^{3^+}}$ ,  ${\rm Cr^{3^+}}$ . Это приведет к их переходу в двухвалентное состояние, увеличению и снижению интенсивности линий ЭПР

$$Mn^{2+}$$
 и  $Fe^{3+}$  соответственно:  $(Mn^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}) + e^{-} \rightarrow (Mn^{2+}, Fe^{2+}, Cr^{2+}).$  (6)

Низкая термическая стабильность фотоиндуцированных в присутствии атмосферы ионов Mn<sup>2</sup> связана с релаксацией поверхностных фотоиндуцированных центров за счет сорбции нейтральных и ионизированных УФ-излучением молекул газов. При температурах выше 450 °C, вероятно, происходит их десорбция и восстановление первоначального распределения зарядов:

$$(Mn^{2+}, Fe^{2+}, Cr^{2+}) \rightarrow (Mn^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}) + e^{-}$$
 (7)

 $(Mn^{2^+}, Fe^{2^+}, Cr^{2^+}) \rightarrow (Mn^{3^+}, Fe^{3^+}, Cr^{3^+}) + e^-.$  (7) Модель (3–7) достаточно полно описывает наблюдаемые методом ЭПР фото- и термореакции в системе регистрируемых парамагнитных центров (парамагнитные центры выделены жирным шрифтом в табл. 2).

#### Заключение

В макрокристаллическом оксиде магния наиболее стабильными являются двухвалентные состояния ионов марганца и железа, поскольку реализуется изовалентное замещение  $(Mn^{2+}, Fe^{2+}) \rightarrow Mg^{2+}$ . Трехвалентная форма примесных ионов требует дополнительной локальной или нелокальной компенсации избыточного заряда. В случае ультрадисперсного оксида магния рассматриваемые ионы стабильны именно в трехвалентном состоянии, а избыточный заряд, вероятно, компенсируется поверхностным распределением зарядов. Двухвалентные ионы Mn и Fe, получаемые при УФоблучении, стабильны в вакууме, но окисляются на воздухе уже при 450 °C.

В ультрадисперсном оксиде магния переходы  $Fe^{3+} \leftrightarrow Fe^{2+}$  и  $Mn^{3+} \leftrightarrow Mn^{2+}$  обратимы. Восстановление  $Mn^{3+}$  до  $Mn^{2+}$  происходит под действием УФ-излучения, при отжиге протекает обратный процесс. Для конвертации ионов марганца в трехвалентное состояние достаточен кратковременный прогрев при 400-500 °C на воздухе. Препарат может быть использован многократно в циклах отжигоблучение. Высокая эффективность фото- и термоперезарядки ионов примесей в объеме зерен, очевидно, обусловлена ультрадисперсностью материала и его высокой поверхностью контакта с атмосферным кислородом, обеспечивающим поступление электронов в объем зерен, а также обратный сток в редокс-реакциях.

Фотостимулированный переход  $Mn^{3+} + e^- \rightarrow Mn^{2+}$ может быть положен в основу интегрирующего датчика естественных и техногенных потоков УФ-излучения с ЭПР-регистрацией эффекта. Такой датчик был использован нами для оценки степени загрязненности снега вблизи техногенных объектов [13].

Согласно полученным данным, насыщение интенсивности спектра ЭПР ионов  ${\rm Mn}^{2^+}$  наступает уже при световой экспозиции 6000-8000 лк-ч, т.е. после 20-30 мин. облучения сфокусированным пучком света ДКсШ-150. Такая эквивалентная экспозиция непрямым солнечным излучением достигается примерно за сутки, поэтому не исключено существенное влияние солнечной радиации на состояние примесных центров в дисперсных природных минеральных образованиях.

В некоторых задачах по изучению минеральных веществ необходимо проведение анализа «спектроскопически» малых концентраций примесных ионов марганца в трехвалентном состоянии. В ряде случаев эта малая примесь обуславливает розовую окраску минерала. Возможность быстрой перезарядки примесных ионов марганца под действием ультрафиолета на диспергированную матрицу может быть положена в основу методики перевода трехвалентного марганца в двухвалентное состояние, регистрируемое методом ЭПР.

Работа выполнена при финансовой поддержке и в рамках междисциплинарного проекта УрО РАН №12-M-235-2063.

#### Литература

- 1. Chiesa M., Paganini M.C., Giamello E. EPR of Charge Carries Stabilized at the Surface of Metal Oxides // Applied Magnetic Resonance. 2010. Vol. 37. P. 605-618.
- 2. *Андреева И.С. и др.* Аэрозоли Сибири / Отв. ред. К.П. Куценогий. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 548 с.
- 3. *Авдеев В.И., Жидомиров Г.М.* Электронная структура и оптические свойства поверхностных F-центров оксида MgO. Теоретический анализ методом DFT // Журнал структурной химии. 2003. Т. 44. № 6. С. 995–1004.
- Тентюков М.П., Лютоев В.П. ЭПР-спектроскопия сухих аэрозолей // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т. 21. № 9. С. 789-792.
- Hollingbery L. A., Hull T. R. The Thermal Decomposition of Huntite and Hydromagnesite -A Review // Thermochimica Acta. 2010. Vol. 509. P. 1-11.
- 6. Лютоев В.П., Головатая О.С. Фоточувствительность ионов  $\mathrm{Mn^{3+}/Mn^{2+}}$  в ультрадисперсном оксиде магния // Минералогия техногенеза-2011. Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. С. 117–132.
- 7. Альтшуллер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп. М.: Наука, 1972. 672 с.

- 8. *Ikeya M.* New Application of Electron Spin Resonance. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1993. 500 p.
- 9. Davies J. J., Smith S. R. P. Wertz J. E. Electron Paramagnetic Resonance of tetravalent Manganese ions at tetragonal and octahedral sites in MgO // Physical Review. 1969. Vol. 178. P. 608-612.
- 10. Wu X.-X., Fang W., Feng W.-L., Zheng W.-C. Study of EPR Parameters and Defect Structure for two tetragonal impurity centers in MgO:Cr<sup>3+</sup> and MgO:Mn<sup>4+</sup> crystals // Applied Magnetic Resonance. 2009. Vol. 35. P. 503–510.
- 11. Valia Amir-Ebrahimi, Rooney J. J. A novel ESR method based on dilute solid solution of Mn<sup>3+</sup>/Mn<sup>2+</sup> ions in MgO for detecting spillover of hydrogen from noble metals // J. Molecular Catalysis A: Chemical. 2000. Vol. 159. P. 429–432
- 12. Galustashvili M., Kalabegishvili T., Kurasbediani A., et al. // Applied Magnetic Resonance. 2005. Vol. 28. P. 393–399.
- 13. Лютоев В. П., Тентюков М. П. Оценка прозрачности снега с помощью фоточувствительного датчика на основе  $\mathrm{Mn}^{3+}/\mathrm{Mn}^{2+}$  В MgO // Минералогия техногенеза-2011. Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. С. 133–137.

Статья поступила в редакцию 17.10.2011.

УДК 549.211:553.81

### МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛМАЗОВ ИЗ ТУФФИ-ЗИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЕФИМОВСКОЕ» ВИШЕРСКОГО УРАЛА

### О.В. КОРОТЧЕНКОВА, И.И. ЧАЙКОВСКИЙ

Горный институт УрО РАН, г. Пермь korotchenkova@mi-perm.ru

Изучены морфология и микрорельеф поверхности алмазов из первого уральского коренного месторождения «Ефимовское». Наряду с признаками значительного растворения выявлены специфические ямки травления и отрицательная дисковая скульптура, являющиеся типоморфным признаком алмазов из уральских месторождений. На основе анализа выявленных морфологических особенностей реконструированы основные события истории уральских алмазов — образование плоскогранных форм в мантийных условиях, механические деформации и объемное растворение при подъеме мантийного диапира, травление флюидонасыщенным лампроитовым (?) расплавом в его вскипании в ходе извержения.

Ключевые слова: «Ефимовское» месторождение, уральские алмазы, морфология, микрорельеф

# O.V. KOROTCHENKOVA, I.I. CHAIKOVSKY. MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIAMONDS FROM EFIMOVSKOE DEPOSIT

The morphology and the micro-relief of diamonds from the first indigenous field «Efimovskoe» (Perm region) were studied. Along with a substantial degree of dissolution, specific etch pits and negative circular sculpture are identified, which is a typomorphic feature of diamonds from the Urals deposits. On the basis of analysis of the revealed morphological features the basic events in history of the Urals diamonds are reconstructed – formation of plane-faced forms in mantle conditions, mechanical deformations and volume dissolution at mantle diapirism, etching by fluid-saturated lamproite (?) melt at its boiling up during eruption.

Key words: Efimovskoe deposit, Urals diamonds, morphology, diamond microrelief

### Введение

Цель данного исследования — выявить специфику морфологии кристаллов алмазов из коренного месторождения уральского типа, локализованного в интрузивных пирокластитах [1], которые отвечают по своему составу низкоглиноземистым лампроитам [2]. Изученные алмазы относятся к I разновидности (по Ю. Л. Орлову). Среди них 37 % составляли целые кристаллы, 52 — обломки, 11 % — осколки. Общее число исследованных объектов — 300.

На поверхности уральских алмазов наши предшественники нередко отмечали признаки механического износа (характерная обтертость ребер и вершин, фигуры удара на гранях, матировка поверхности). По данным А.А. Кухаренко [3], среди алмазов из бассейна р. Койва такие признаки обнаруживаются только у 4,7–7,8 %. Используя материалы этого автора по «аллювиальным» камням из месторождений Горнозаводского р-на Пермского края, нами была разработана балльная (от 0 до 4) шкала оценки степени механической изношенности алмазов: 0 – без признаков износа; 1 – износу подвержены только ребра и гранные швы, на которых

фиксируются мелкие выщербинки; 2 — сглаженные ребра, грани замутнены сетью мелких поверхностных трещинок; 3 — грани грубо матированы вследствие образования выщербин и борозд и напоминают поверхность наждачной бумаги; 4 — алмазы имеют гладкую, местами полированную поверхность.

Характерное для «четырехбалльных» кристаллов наличие полировки, наложенной на шлифованную поверхность, позволило А.А. Кухаренко выдвинуть предположение об эоловой обработке уральских алмазов. Позже В.П. Афанасьев и Н.Н. Зинчук [4] пришли к выводу о том, что полированные («леденцовые») поверхности образовались на алмазах в прибрежно-морских условиях при максимальной интенсивности механической переработки обломочного материала, реализующейся в ходе трансгрессивного этапа развития морского бассейна.

#### Особенности морфологии изученных алмазов

Проведенный нами анализ показал, что все исследованные кристаллы имеют нулевой балл механического износа. На поверхностях лишь единичных индивидов обнаружены фигуры удара. При этом ребра таких кристаллов оказались в полной

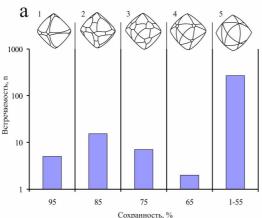
сохранности. Следовательно, алмазы из месторождения «Ефимовское» не несут следов механического износа, характерного для алмазов, претерпевших речную, ветровую и прибрежно-морскую транспортировки.

Большая часть изученной коллекции представлена искаженными индивидами с ярко выраженным удлинением или уплощением по осям различного порядка. Реже встречаются клиновидные индивиды. По габитусу изученные кристаллы относятся к ряду октаэдр-додекаэдроид, характеризуясь резким преобладанием (87 %) именно кривогранных форм. Наиболее близкими к октаэдру являются кристаллы типа О-Д, на которых площадь поверхностей додекаэдроида составляет около 30 %. По классам сохранности (по Д. Н. Робинсону) и весу алмазы из «Ефимовского» месторождения демонстрируют сложное, вероятно, полимодальное распределение (рис. 1). Это может говорить о присутствии в коренных источниках нескольких генетических групп алмазов\*.

ной формы, располагающиеся единично и группами; 3) своеобразная зональность, выражающаяся чередованием участков с гладкой и шагреневой поверхностью, что отражает неравномерное распределение в кристаллах структурных дефектов; 4) ромбическая сеть коррозионных микротрещин; 5) многочисленные каналы травления; 6) ямки травления; 7) идеально круглые диски.

# Генетические толкования морфологических особенностей уральских алмазов

В настоящее время большинство исследователей придерживаются предложенной А. Е. Ферсманом гипотезы [5], согласно которой округлая форма алмазов является результатом растворения плоскогранных индивидов. В изученной нами коллекции совершенно отсутствуют ламинарные октаздры и ромбододеказдры, что в соответствии с упомянутой выше гипотезой отражает значительную степень растворения ефимовских алмазов, представленных в подавляющем своем большин-



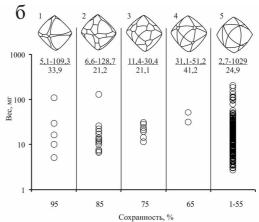


Рис. 1. Распределение алмазов из «Ефимовского» месторождения по классам сохранности (1-5), предложенным Д.Н. Робинсоном (а), и вариации веса (над чертой – размах, под чертой – среднее) тех же алмазов (б).

Поверхность кристаллов «Ефимовского» месторождения осложнена разнообразными акцессориями (рис. 2), образование которых большинством исследователей приписывается процессами растворения и регенерации. Для реликтовых плоских граней кристаллов изученной коллекции характерны отрицательные фигуры травления треугольной. шестиугольной и четырехугольной форм в зависимости от кристаллографической природы граней и условий растворения. На выпуклых поверхностях наблюдается гранный шов, который бывает как прямолинейным, так и зигзагообразным. Кроме того, на изученных кристаллах установлены: 1) два типа штриховки, отражающие слоистое строение изученных кристаллов и существование плоскостей скольжения; 2) каплевидные холмики разнообраз-

Присутствие в округлых кристаллах алмазов октаэдрических включений типа «алмаз в алмазе» [3], а также выявленные с помощью катодолюминесценции в округлых кристаллах пирамиды нарастания плоских граней [6] позволяют предположить для уральских камней изначальную (мантийную) плоскогранно-октаэдрическую форму. Обнаружение в изученных кристаллах зональности, обусловленной неравномерным распределением структурных дефектов, отражает вариации условий мантийного минералообразования.

Наличие на поверхности большинства кристаллов штриховки, образованной системой плоскостей скольжения, указывает на существование в истории уральских алмазов этапа механического деформирования, приходящегося, вероятно, на вре-

стве додекаэдроидами, как и в ранее изученных россыпных месторождениях Урала [3]. Руководствуясь этим, отмеченные нами факты наложения друг на друга на поверхности изученных кристаллов различных типов скульптур дают возможность следующим образом реконструировать ключевые моменты истории образования уральских алмазов.

<sup>\*</sup> Упомянутая авторами гистограмма построена по неравномерной шкале, поэтому усмотренный на ней признак полимодальности можно считать артефактом. Следовательно, вывод о существовании нескольких генетических групп алмазов на данном месторождении можно считать необоснованным [из рецензии].

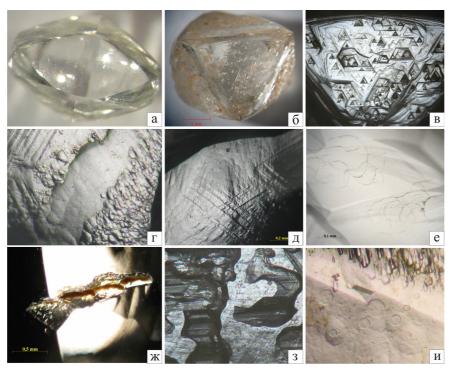


Рис. 2. Морфологические типы (а, б) и характерные особенности поверхности (в – и) алмазов из «Ефимовского» месторождения: а – вытянутая форма кристалла; б – типичный кристалл морфологического типа О-Д; в – отрицательные микроскульптуры на гранях октаэдра; г – зональность, обусловленная неравномерным распределением структурных дефектов в кристалле; д – штриховка, отражающая наличие в кристалле плоскостей скольжения; е – следы ударов по грани в виде серповидных трещин; ж – канал травления; з – ямки травления; и – дисковая скульптура, наложенная на более ранний микрорельеф.

мя подъема мантийного диапира. Возможно к этому же времени относятся и объемное растворение плоскогранных кристаллов с образованием округлых форм, и возникновение на поверхности алмазов отрицательных фигур травления, и появление сноповидной штриховки и каплевидных скульптур. Все это отражает смену равновесных мантийных условий алмазообразования на неравновесные, обусловленную обогащением первичного субстрата силикатным расплавом и обеднения его углеродом. Судя по современным экспериментальным данным [7], наличие такого рода фигур, штриховок и микроскульптур указывает на растворение алмазов в водосодержащих расплавных системах. Соответствующее обогащение водой может быть увязано с действием трансмагматических водородсодержащих флюидов, поднимающихся от границы мантии с ядром [8 - 10] и провоцирующих мантийный диапиризм.

Наложение каналов травления на все выше охарактеризованные более локальные скульптуры может быть объяснено активацией растворения вдоль механических дефектов и вблизи включений в новых термодинамических условиях, возникающих при подъеме алмазосодержащих мантийных пород к земной поверхности. Формирование ямок травления и более поздних дисковых скульптур связывается нами с эволюцией высокоглиноземистого лампроитового расплава. Эти формы локаль-

ного растворения могли образоваться в результате взаимодействия алмазов с недосыщенными углеродом каплями силикатного расплава.

В изученной выборке встречен лишь один кристалл с положительной дисковой скульптурой. Появление таких форм объясняется [7] налипанием пузырьков СО<sub>2</sub>, замедляющих в соответствующих точках растворение алмаза. Существенное преобладание на ефимовских алмазах отрицательных дисковых скульптур над положительными свидетельствует, по нашему мнению, о том, что лампроитовый расплав был обогащен пузырьками существенно водного флюида, являющегося наиболее активным растворителем алмаза [7].

#### Заключение

Изучение морфологии и микрорельефа поверхности позволило определить ключевые моменты в истории образования алмазов из месторождения «Ефимовское». Нами предполагается, что на начальном (мантийном) этапе формировались плоскогранные крис-

таллы. На последующем этапе возникновения и подъема мантийного диапира с накоплением в расплавной фазе воды происходили процессы деформации, объемного, а затем и локального растворения алмазов. Последний этап был предопределен появлением агрессивного по отношению к алмазу флюидонасыщенного и склонного к вскипанию лампроитового (?) расплава, оставившего свои следы на поверхности алмазов в виде ямок травления и дисковых скульптур. Воздействием лампроитового расплава может объясняться и отсутствие в исследованном месторождении характерных для кимберлитов мелких октаэдрических алмазов.

На примере первого коренного месторождения алмазов уральского типа показано, что кристаллы в нем не несут признаков механического износа, однако характеризуются значительным масштабом проявления признаков взаимодействия с агрессивной флюидной средой.

### Литература

- 1. Тетерин И.П., Пактовский Ю.Г., Еськин А.Г. «Ефимовское» месторождение алмазов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Труды научных чтений памяти П.Н. Чирвинского. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2009. Вып. 12. С. 219–230.
- 2. Лукьянова Л.И., Жуков В.В., Кириллов В.А. и  $\partial p$ . Субвулканические эксплозивные породы

- Урала возможные коренные источники алмазных россыпей // Региональная геология и металлогения. 2000. № 12. С.134-157.
- 3. *Кухаренко А. А.* Алмазы Урала. М.: Геосгеолтехиздат, 1955. 516 с.
- 4. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н. Механический износ: формы и закономерности (в связи с проблемой поисков алмазных месторождений) // Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых (применительно к объектам геологоразведочных работ АК «АЛРОСА»). Якутск: ЯФГУ «Изд-во СО РАН», 2004. С. 191–203.
- 5. *Ферсман А. Е.* Кристаллография алмаза. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 565 с.
- 6. *Макеев А. Б., Дудар В. А.* Минералогия алмазов Тимана. СПб.: Изд-во Наука, 2001. 336 с.

- 7. *Хохряков А. Ф.* Растворение алмаза: экспериментальное исследование процессов и модель кристаллографической эволюции // Дис. ... д.г.-м.н. Новосибирск: Институт минералогии и петрографии, 2004. 343 с.
- 8. *Коржинский Д. С.* Гранитизация как магматическое замещение // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1952. № 2. С. 56-69.
- 9. Ларин В. Н. Наша Земля. М., 2005. 242 с.
- 10. Маракушев А. А., Столярова Т. А., Гаврилов Н. М. Термодинамика эндогенного импактогенеза во взрывных кольцевых структурах // Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования. М.: Наука, 1998. С.82–103.

Статья поступила в редакцию 23.11. 2011.

### TEXHNUFCKNE HAVKN

УДК 621.311.1:681.518

# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КРУПНЫМ АВАРИЯМ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С.О. СМИРНОВ, М.И. УСПЕНСКИЙ

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар <a href="mailto:smirnov@energy.komisc.ru">smirnov@energy.komisc.ru</a> , uspensky@energy.komisc.ru

Рассмотрены подходы к моделированию каскадных аварий и их последствий; приведены требования к управляемому делению электроэнергетических систем с целью предотвращения крупных аварий с массовым погашением потребителей; показаны существующие подходы к реализации управляемого деления. Предложен метод восстановления ЭЭС после крупной аварии с делением, основанный на поиске последовательности сборки ее схемы с учетом пуска генерации во времени.

Ключевые слова: электроэнергетические системы, каскадные аварии, погашения, управляемое деление, восстановление ЭЭС

# S.O. SMIRNOV. M.I. USPENSKY. THE OCCURRENCE REASONS AND COUNTERMEASURES TO POWER SYSTEM BLACKOUTS

Approaches to cascade failure modeling and their consequences are considered; requirements to controlled separation of power systems for the major emergency prevention with possible blackout are presented; existing approaches to its realisation are shown. The power system restoration method after a major emergency with the separation, based on assembly sequence search of its scheme taking into account generation start-up for time is offered.

Key words: power systems, cascade failures, blackouts, controlled separation, power system restoration

Современная электроэнергетическая система (ЭЭС) России охватывает огромную территорию от Читинской до Калининградской области, от Северного Кавказа до Кольского п-ова, включает ряд электроэнергетических объединений, параллельно работающих по межсистемным связям, состоит из многих тысяч электростанций, линий электропередач и трансформаторов, связана с электроэнергетическими системами соседних стран. Такое количество элементов просто не может работать продолжительное время безотказно: изнашивается оборудование, проявляются природные условия, ошибается дежурный персонал. Тем не менее, тысячи крупных нарушений в ЭЭС ежегодно устраняются устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА) практически незаметно для потребителя. Входящие в систему страны ЭЭС спроектированы так, чтобы отказ одного ее элемента не приводил систему к аварии. Значительно сложнее противодействовать событиям с наложением нескольких нарушений. Как правило, автоматике удается справиться и с этими нарушениями, но при определенных условиях может произойти неуправляемое их

развитие, так называемая каскадная авария. Противодействует таким авариям специальная противоаварийная автоматика, выполняя отключение менее ответственных потребителей, разделяя ЭЭС на отдельные изолированные подсистемы [1]. И все же при этом возможны серьезные погашения источников электроэнергии с катастрофическими последствиями для потребителей и самой системы.

К сожалению, в столь сложной структуре, как ЭЭС, полностью избежать каскадных аварий невозможно [2, 3]. В середине 1990-х гг. в США были предложены две модели проявления таких аварий на основе двух общих теорий систем. Созданная группой Дойля из Калтеха модель оптимизации, предполагает, что инженеры-электрики сознательно и рационально выбирают сосредоточение ресурсов на предотвращение меньшего и более распространенного нарушения; крупные погашения происходят, потому что ЭЭС не спроектирована для их предотвращения. Конкурирующее объяснение, предложенное командой при Окриджской национальной лаборатории в Теннеси, рассматривает погашения как некую действенную силу в неконтро-

лируемой петле обратной связи, которая действует годы или десятилетия. Погашения поощряют инвестиции в сильно перегруженные ЭЭС, периодически уравновешивая давление по максимизации возвращения инвестиций и поставке электроэнергии по самой низкой стоимости. Если осознанная оптимизация либо неконтролируемая обратная связь приводят ЭЭС к авариям, то крупные каскадные погашения — естественный аспект ее работы.

Ряд исследователей, в числе составляющих причины развития аварий, отмечает недоработки широкой либерализации рынка энергообеспечения [4, 5]. Рост либерализации индустрии поставок электроэнергии привел к существенному увеличению межрегиональных (международных) поставок, при которых часто должным образом не проводится оценка надежности функционирования системы. Традиционный децентрализованный путь оперативного управления системой существующими диспетчерскими центрами, с заботой каждого из них только о своей области управления и небольшим информационным обменом в реальном времени, приводит к неадекватной и медленной реакции на крупные нарушения. Здесь необходим новый способ скоординированного оперативного управления

для поддержания необходимой надежности системы. Этот новый режим работы требует преодоления ряда организационных, психологических, правовых и технических проблем.

Есть третья школа, считающая, что с неизбежностью каскадных аварий, приводящих к погашению ЭЭС, необходимо смириться. Ее взгляды были ясно сформулированы группой в университете Карнеги Меллон в Питсбурге (США). В подходе, изложенном в работе «Каскадные аварии: выживание против предотвращения» [6], команда Карнеги Меллон утверждает, что если погашения так же непредсказуемы и непредотвратимы, как цунами и землетрясения, то мы должны быть готовыми к ним. Вопрос не в том, как предотвратить погашения, а в том, как пережить их. Один из примеров связан с заменой источников света на диодные с низким энергопотреблением, поддерживаемые аккумуляторами. Такое, бросающее вызов авариям освещение, могло бы устранить одну из проблем погашения, поддерживая в чрезвычайной ситуации освещенные маршруты. То же касается лифтов, которые автоматически спускаются вниз к ближайшему этажу при отключении электроэнергии. И в этом направлении в США ведется большая работа. Уже созданы источники аварийного электроснабжения на 32 МВт, ожидается получение источников мощностью до 100 МВт [7].

Независимо от взглядов на существо погашений, инженеры-электрики полагают, что риски обесточения систем можно существенно снизить. Для лучшего представления проблемы воспользуемся схемой протекания аварий (рис. 1), приведенной в работе [8]. Здесь при наложении возмущений в ЭЭС сначала режим системы не переходит границу зоны необратимых последствий; РЗА, а также оперативный персонал обеспечивают достаточно быстрое восстановление режима при минимальных потерях поставок электроэнергии потребителям. Однако существует такое событие возмущения (триггерное), при котором режим переходит через указанную границу [9]. Ряд исследователей делит причины рассматриваемых крупных аварий на неизбежные и те, которых можно избежать [10]. К первым относят случайные события - падение самолета на линию, удар строительного крана, природные явления и т.п., ко вторым - неправильные действия РЗА, дежурного персонала, перекрытия из-за касания деревьев. Причины второй группы

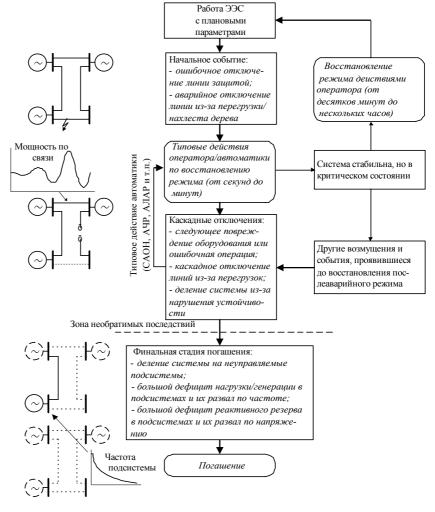


Рис. 1. Последовательность событий развития системных аварий.

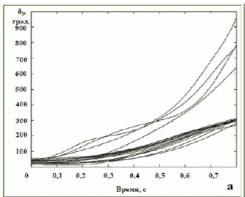
чаще проявляются в развитии аварии. Задача автоматики принять меры к недопущению триггерного возмущения с помощью операций изменения балансов активной и реактивной мощностей путем управления нагрузками и генерацией. По существу, это последняя стадия работы РЗА. Как правило, она решается в режимах функционирования оборудования ЭЭС, близких к предельным.

Деление системы (ДС) относится к средствам противоаварийного управления с воздействием коммутационного типа и осуществляется во время переходного процесса. Насколько известно, впервые ДС в СССР было применено на Волжской ГЭС, когда она соединила два энергообъединения [11]. Появилась необходимость передачи мощности между ними. Опыт применения ДС оказался весьма успешным при повреждениях и перегрузке отходящих межсистемных линий, так как размещение секционных выключателей 500 кВ на ГЭС приблизительно соответствовало балансу мощностей. Однако обеспечение надежного разделения генераторов требовало усложнения и удорожания схемы электрических соединений электростанций, что помешало дальнейшему развитию ДС. По цели различаются три вида деления: для предотвращения нарушения устойчивости (упреждающее), для прекращения асинхронного хода (автоматика ликвидации асинхронного режима), для предотвращения потери собственных нужд электрических станций при недопустимом снижении частоты в энергосистеме в результате развития аварии (частотная делительная автоматика) [12]. На практике получили широкое применение второй и третий виды ДС, реализуемые локальными устройствами. Однако при скоординированном воздействии на определённые выключатели с учётом дополнительных условий упреждающее деление может привести к существенному системному эффекту. Осуществляемое таким образом деление за рубежом получило название управляемого (controlled separation, islanding, partitioning; operated division и т.п.). Моделирование крупного погашения, произошедшего 14 августа 2003 г. в США и Канаде, показало, что своевременно проведённое управляемое деление позволяло быстро ограничить развитие аварии и обеспечивало существенное снижение перетоков активной мощности в перегруженных сечениях, улучшение уровня напряжения и угловых характеристик генераторов в образующихся изолированных подсистемах (островах) [13]. Эти преимущества создают хорошую основу для последующего быстрого восстановления нормального режима работы ЭЭС и минимизации ущерба от аварии. В отличие от неуправляемого деления, выполняемого автономной автоматикой объектов ЭЭС, под управляемым понимается деление, скоординированное по ряду признаков режима и нацеленное на выявление триггерного события. В свою очередь, управляемое деление включает три подзадачи: когда начать деление, по каким сечениям его выполнить и в какой последовательности. Успешность управляемого деления зависит от корректного определения: где и когда делить. Ниже рассматриваются требования для их решения, а также существующие подходы к ним.

Определение момента начала деления (когда). Результат управляемого деления во многом зависит от времени его осуществления. Наиболее эффективно деление практически сразу (доли секунды) после возникновения триггерного события [9]. Чем больше времени проходит от такого события до запуска деления, тем большее развитие получит авария, и, как следствие, будет потеряно больше мощности. Определение момента деления в реальном времени представляет собой достаточно сложную задачу вследствие непредсказуемости и разнообразия возможных аварийных возмущений в крупной ЭЭС. Для решения задачи могут быть использованы активно развивающиеся методы оценки динамической надёжности (dynamic security assessment) [14]. Традиционный подход к такой оценке заключается в проведении циклического моделирования переходного процесса путём решения множества дифференциальных уравнений. Большой набор возможных непредвиденных обстоятельств и параметров модели ЭЭС существенно увеличивает время получения оценки, что неприемлемо для целей управляемого деления. Системы на базе искусственного интеллекта и интеллектуального анализа данных имеют следующие преимущества перед традиционными: скорость выработки оценки (доли секунды), обучаемость, обнаружение в системе ранее неизвестных характеристик и отношений. В качестве пороговых значений при принятии решения о делении в реальном времени могут быть использованы параметры (например, фазные углы напряжений) переходного процесса, приводящего к развалу системы на части. Полученная в результате моделирования база знаний может быть дополнена информацией о крупных авариях, произошедших в системе ранее, и использована для обучения деревьев принятия решений или искусственных нейронных сетей. Использование данных инструментов искусственного интеллекта совместно с синхронизированными векторными измерителями (Synchronized Phasor Measurement Units, PMU) позволит в режиме реального времени автоматически принимать решение о запуске управляемого деления.

Поиск сечения деления (где). В крупной ЭЭС всегда существует множество вариантов деления — сечений. Выбор среди них лучшего является достаточно сложной многофакторной задачей. В общем случае сечение представляет собой набор ряда линий электропередачи. Так, для ЭЭС с п линиями теоретическое количество возможных вариантов деления составляет 2<sup>n</sup>. Но поскольку результат поиска должен обеспечить выполнение ряда требований, то количество допустимых вариантов существенно снижается.

Определение групп сильносвязанных генераторов. Очевидно, что все генераторы в пределах острова должны быть синхронны. Реакция генераторов ЭЭС на крупные возмущения различна и зависит от их динамических характеристик и структурных особенностей системы. Существует ряд подходов к определению генераторов, которые демонстрируют сходные колебания при возникновении крупных возмущений, основанные на параметрах предаварийного режима [15]. Такие генераторы можно назвать когерентными, и они могут быть сгруппированы. Причём связи между группами будут слабыми. На рис. 2 показаны углы роторов генераторов 118-ти узловой тестовой схемы IEEE при устранении трёхфазного короткого замыкания отключением линии через 0,17 с без действия автоматики (а) и при осуществлении через 0,57 с управляемого деления (б) [16]. Таким образом, для обеспечения устойчивости образующихся островов необходимо включать в один остров генераторы одной когерентной группы.



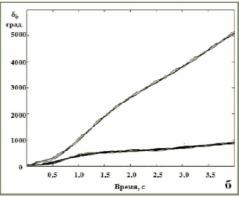


Рис. 2. Динамика движения генераторов без автоматики деления (а) и при управляемом делении (б).

Поиск минимальных по абсолютному значению активной мощности сечений. Деление системы путем одновременного отключения линий, передающих значительную активную мощность, вследствие резкого перераспределения перетоков, само по себе является возмущением. Для снижения его тяжести при прочих равных условиях целесообразно отключать связи с наименьшим перетоком активной мощности. Предпочтительность сечения деления в таком случае определяется суммой значений перетоков мощности составляющих его связей без учёта их направления.

Минимизация количества образуемых островов и коммутируемых элементов. Снижение количества островов упрощает как процесс управляемого деления, так и последующее восстановление нормального режима работы энергосистемы. В целях минимизации потерянных перетоков мощности следует отдавать предпочтение вариантам деления, предполагающим отключение меньшего количества линий, а также необходимо стремиться к уменьшению количества коммутируемых выключателей. Чем больше выключателей вовлекается в процесс деления, тем выше вероятность возникновения отказов их работы. Отказ выключателя при делении резервируется в соответствии с общими принципами резервирования таких событий.

Оценка возможных перенапряжений. В ЭЭС с протяженными линиями для коммутационных режимов должны быть определены и приняты меры против возникновения перенапряжений и самовоз-

буждения слабо нагруженных генераторов правильным выбором реактивных компенсирующих устройств и регулированием трансформаторов.

Поиск сечения деления с учётом всех перечисленных требований представляет собой задачу оптимизации. Результаты её решения, как отмечалось выше, необходимы в течение первой секунды протекания аварии. Неправильно выбранное сечение деления может привести к снижению эффекта от его проведения и даже к развитию аварии. Возникает вопрос приемлемого соотношения скорости расчета и его точности. Общим недостатком у предлагаемых в настоящее время методов является ввод поправочных коэффициентов, в значительной степени определяемых результатами эксперт-

ных оценок. Несмотря на существование ряда эффективных подходов к поиску сечения, вопрос о выборе лучшего из них является открытым. Сравнение нескольких алгоритмов применительно к определенной ЭЭС, насколько нам известно, не проводилось.

Балансировка мощности в островах. Очевидно, что при образовании острова с избытком или недостатком мощности потре-

буются дополнительные управляющие воздействия. Их вид и объём необходимо определять дополнительно.

Форма реализации. Скоротечность развития серьезной аварии (зачастую секунды) не оставляет диспетчеру времени на экспертное рассмотрение различных вариантов. Кроме того, существует вероятность принятия человеком ошибочного решения в условиях стрессовой ситуации. Всё это указывает на необходимость проектирования автоматической схемы. В этой связи алгоритм управляемого деления может быть реализован в рамках управляющего вычислительного программно-аппаратного комплекса централизованной системы противоаварийного управления (ЦСПА), располагающегося в диспетчерском центре. При достаточной обеспеченности коммутационной аппаратуры телеуправлением физические устройства деления не требуются. В противном случае такие устройства должны быть установлены в заранее определённых местах. Тогда для предотвращения погашения часть устройств должна срабатывать одновременно, остальные - блокироваться [1]. Однако традиционно используемые устройства защиты от асинхронного режима не адаптированы для координации на системном уровне, что требует разработки специальных локальных устройств деления. Примерная структура системы управляемого деления приведена на рис.3.

*Быстродействие.* Стремительный характер развития каскадных аварий предъявляет особые

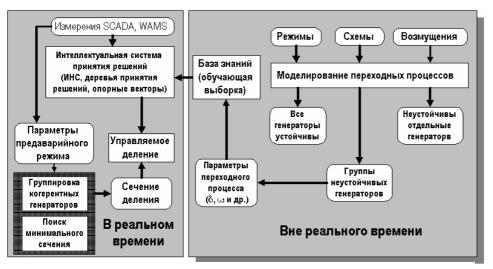


Рис. 3. Предлагаемая структура системы управляемого деления.

требования к времени реализации управляющего воздействия. Поиск наилучшего сечения деления в режиме реального времени простым перебором возможных вариантов для крупной энергосистемы не осуществим в связи с его длительностью. Подготовка решения заранее, в отсутствие временного лимита, не позволяет говорить о его точности. Реальная схемно-режимная ситуация перед осуществлением деления может существенно отличаться от подготовленной заранее схемы. Использование современных информационных технологий: упорядоченных бинарных разрешающих диаграмм (Ordered Binary Decision Diagrams, OBDD) [16], угловой модуляции метода роя частиц (Angle Modulated Particle Swarm Optimization, AMPSO) [19], позволяет существенно ускорить поиск минимального сечения в крупной ЭЭС. Для поиска сечения в зарубежных работах широко используется граф ЭЭС: вершинами являются узлы, а рёбрами - линии и трансформаторы. С помощью программных библиотек, реализующих многоуровневые методы разбиения графа, поиск сечения деления в ЭЭС с 22 тыс. узлами обеспечивается за время, меньшее секунды [18]. Такое быстродействие позволяет говорить о получении результата в режиме реального време-Скорость реализации управляемого деления непосредственным образом зависит от коммутационной аппаратуры и устройств связи. Различное быстродействие выключателей обуславливается их типом и техническим состоянием. Помимо этого, для обеспечения возможности управляемого деления в режиме реального времени существует настоятельная необходимость в улучшении инфраструктуры ЭЭС (массовое применение синхронных векторных измерителей, широкополосных телекоммуникаций).

Следующий этап – объединение островов в систему – выполняется диспетчерами в условиях дефицита времени. Предопределенные процедуры руководств и предписаний по восстановлению электроснабжения сложны и не могут охватить весь круг возможных вариантов развития аварий. В этих

условиях напрашивается использование компьютеров в помощь диспетчерам на уровне советчиков, а в дальнейшем и в качестве автоматов ликвидации аварии.

Как отмечено в работе [20], поиск последовательности восстановления ЭЭС после крупной системной аварии можно организовать с помощью программного комплекса восстановления электроснабжения в распределительной сети. Он использует конкурентный поиск схемы восстановления двумя алго-

ритмами: на основе графа схемы сети и на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) с отбором решений блоком оценки режимов. Для указанного здесь применения в алгоритм комплекса добавляется ряд условий, определяемых требованиями при рестарте ЭЭС. К ним относятся:

- оценка возможностей генерации мощностей в узлах ЭЭС на моменты времени, определяемые характеристиками их запуска, при обеспечении технического минимума их загрузки и учете времени их ввода;
- учет важности (приоритета) подключаемого узла, определяемая его функцией (генерация, нагрузка), категорийностью нагрузки, топологией схемы и режимными особенностями сети;
- режимные условия по перенапряжениям при коммутациях и возможности синхронизации восстанавливаемых островов.

Порядок ввода генерирующих агрегатов определяется следующими условиями. Для наглядности воспользуемся обобщенными параметрами пуска агрегатов (таблица) и упрощенной пусковой характеристикой (рис. 4). Большинство агрегатов требует при пуске внешней по отношению к себе мощности –  $P_{\rm n.}$ , необходимой для работы вспомогательных механизмов (насосов, задвижек и т.д., см. таблицу). С набором собственной мощности –  $P_{\rm наб.}$  – питание этих механизмов переводится на генератор вводимого агрегата (мощность на собственные нужды –  $P_{\rm CH}$ ).

Пуск агрегата осуществляется в соответствии с его пусковой характеристикой (рис.4), которая определяет следующие параметры:  $P_{\rm M}$  — максимальная рабочая активная мощность генератора агрегата;  $t_{\rm oc.}$  — время остывания, время от момента вывода тепловой части турбогенератора из работы, конкретизирует пусковую характеристику теплового агрегата (таблица);  $t_{\rm n.}$  — время пуска, подготовка агрегата к набору мощности. В это же значение обычно включается время ввода в работу котлоагрегата;  $t_{\rm наб.}$  — время синхронизации генератора с ЭЭС и набора мощности  $P_{\rm M}$ ;  $t_{\rm o.}$  — время рабочего режима.

Тип агрегата	Условия пуска	P <sub>n</sub> , o.e.	<i>t</i> ⊓, Ч	<i>t</i> <sub>наб.</sub> , ч	P <sub>M</sub> , MB⊤	
Дизель-генератор	экстренный пуск	0	0.1	0.1	0.2 – 7	
Газотурбинная установка (ГТУ)	экстренный пуск	0.003 P <sub>M</sub>	0.3	0.3	2 – 150	
Парогазотурбициад уста	горячий пуск, <i>t</i> <sub>ос.</sub> ≤ 8 ч		2.0	0.5		
Парогазотурбинная установка	неостывший, 8 ч ≤ <i>t</i> <sub>ос.</sub> ≤ 72 ч	0.04 P <sub>M</sub>	3.0	0.5	30 – 300	
(ПГУ)	холодный пуск, <i>t</i> <sub>ос.</sub> ≥ 72 ч	1 [	4.0	0.7		
Гидрогенератор		0.01 P <sub>M</sub>	0.1	0.1	3 – 300	
Агрегат тепловой станции (ТЭС)	горячий пуск, <i>t</i> <sub>ос.</sub> ≤ 8 ч		2.5	1.5		
	неостывший, 8 ч ≤ <i>t</i> <sub>oc.</sub> ≤ 72 ч	0.06 P <sub>M</sub>	5.5	3.0	150 – 500	
	холодный пуск, <i>t</i> <sub>ос.</sub> ≥ 72 ч		7.0	5.0		
Агрегат атомной станции (АЭС)	горячий пуск, <i>t</i> <sub>ос.</sub> ≤ 24 ч	0.08 P <sub>M</sub>	20.0	3.0	400 – 1000	
	холодный пуск, <i>t</i> <sub>ос.</sub> ≥ 140 ч	1	72.0	5.0	1	

Параметры пуска агрегатов генерации электроэнергии

 $t_{\rm m}$  – время подготовки и пуска агрегата;  $t_{\rm ha6.}$  – время набора нагрузки до номинальной мощности  $P_{\rm M}$ ,  $P_{\rm m}$  – внешняя по отношению к запускаемому агрегату мощность, необходимая для его пуска.

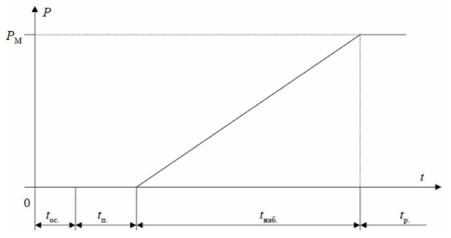


Рис. 4. Пример пусковой характеристики агрегата.

Многообразие пусковых характеристик даже для одного и того же теплового агрегата определяется в том числе и временем его остывания после вывода из работы, причем оно существенно влияет на его временные параметры. Из таблицы видно, что в зависимости от времени остывания теплового агрегата, после его остывания, режим пуска можно разделить на: горячий ( $t_{oc.} \le 8$  ч), пуск неостывшего агрегата ( $8 \le t_{oc.} \le 72$  ч) и холодный пуск ( $t_{oc.} \ge 72$  ч). Подобные характеристики существуют и для других тепловых агрегатов: газотурбинной установки (ГТУ), парогазовой установки (ПГУ), тепловой станции (ТЭС), атомной станции (АЭС) и т.п. Здесь уместно заметить, что, как правило, агрегаты АЭС в послеаварийном восстановлении ЭЭС не участвуют.

С учетом выше изложенного, процесс восстановления сводится к следующим шагам (рис. 5):

1. Выбор пусковых характеристик, вводимых в работу агрегатов в зависимости от времени их отключения, длительности простоя (таблица) и вида топлива. В первую очередь это связано с тепловыми агрегатами типа: ГТУ, ПГУ, агрегатом ТЭС с

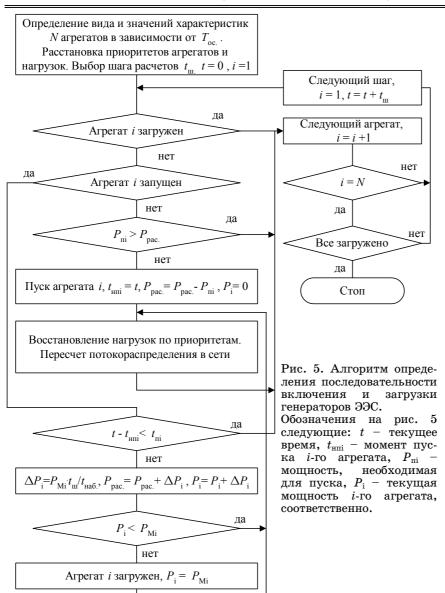
паровой турбиной. Оценка приоритетности их ввода в работу.

2. Выбор шага расчета во времени. Удобно принять его равным минимальному времени пуска из выбранных для пуска агрегатов, но необязательно. Важно, что это – то время, за которое в режиме пуска ничего существенного не происходит. При его большом значении возможен некорректный переход из режима пуска в режим набора мощности агрегата, а при малом – увеличение времени необязательных расчетов.

3. Определение момента пуска агрегата при соблюдении

условий по времени и мощности, необходимых для выполнения этой операции. При отсутствии таких характеристик для конкретного агрегата они могут быть определены из таблицы, которая построена на основе данных [21].

- 4. На каждом шаге расчета выявляется располагаемая мощность  $P_{\text{рас.}}$  в каждом восстанавливаемом генерирующем узле по методике [20]. Здесь сначала в качестве нагрузки выступает мощность, необходимая для пуска генераторных агрегатов, а под располагаемой подразумевается выдаваемая генераторами активная мощность без мощности, необходимой для обеспечения пуска и работы агрегатов. Очередность старта агрегатов определяется, в первую очередь, меньшим временем его пуска и выхода на рабочий режим.
- 5. Повторяются пункты 3 и 4, пока располагаемая мощность не превысит необходимую для пуска и работы очередных агрегатов.
- 6. При мощности в системе большей, чем мощность, необходимая для пуска всех выбранных агрегатов, в зависимости от приоритета по методу



восстановления электроснабжения потребителей [22], дополнительно к пунктам 3 и 4 начинают восстанавливаться нагрузки.

В отношении реактивной мощности выполняются те же операции, что и с активной, причем при ее известном потреблении подставляются заданные значения, а при не заданных величинах она оценивается по  $\cos \phi = 0.85$ . Следует обратить внимание на то, что в рассмотренный алгоритм легко вписываются агрегаты, которые остались в работе при возникновении и ликвидации аварии. Достаточно определить для них  $t_n$ =0 и  $t_{oc}$ =0, а  $t_{ha6}$  поставить в соответствие с выдаваемой мощностью.

Поиск последовательности подключения нагрузок выполняется в соответствии с приоритетами узлов. Приоритет узлов — источников электроэнергии — наивысший, поскольку он относится к нагрузке собственных нужд узла генерации. Полученная мощность, располагаемая в узле, с учетом оговоренных условий далее распределяется между узлами-потребителями в соответствии с приоритетом узла, определяемым как его категорией и режим-

ными условиями, так и дополнительными оценками, оговоренными ниже. Причем, если в узле присутствуют потребители разных приоритетов, то он разбивается на несколько виртуальных узлов с тем, чтобы, в первую очередь, обеспечивались потребители более высокого приоритета.

Дополнительные оценки определяются на базе представлений о безмасштабных сетях. В отличие от «равноправного» распределения связей, наблюдающегося в случайных сетях, степенной закон описывает системы, в которых доминируют несколько концентраторов - узлов, объединяющих большое количество связей, или  $1/k^n$ , где n- число связей, k – количество узлов. Постоянство n привело  $\kappa$  тому. что эти сети назвали безмасштабными (scale-free networks). В отличие от случайных сетей, безмасштабные более устойчивы к случайным отказам из-за неоднородности топологии сети. Случайный отказ связи наиболее вероятен у малых узлов, близких К ТУПИКОВЫМ. ПОСКОЛЬКУ ИХ МНОжество, гораздо больше, чем концентраторов. Зато отказ концентратора приводит к серьезным потерям в сети. Свойствами концентраторов в ЭЭС обладают электростанции и крупные подстанции. Важность узла в безмасштабной сети определяется выражениями [23]:

$$\begin{cases} \alpha_i = 1 \! / (n_i I_i) \\ I_i = \frac{\sum_{i,j \in V_i} \mathbf{d}_{\min,j}}{n_i (n_i - 1) / 2} \,, \end{cases}$$

где  $n_i$  — общее количество узлов в сети без i-го узла;  $l_i$  — среднее из наикратчайших расстояний в новой сети без i-го узла;  $d_{\min,ij}$  — наикратчайшее расстояние между узлом i и узлом j, обозначенное номерами ветвей;  $V_i$  — набор, состоящий из всех узлов в новой сети без i-го узла. Из формул очевидно, что преобразование не имеет смысла для одного узла (n=1). Рост количества связей к узлу и уменьшение расстояний до соседних узлов, снижающее среднюю величину  $l_i$ , повышают значение  $a_i$  важности анализируемого узла.

Как было отмечено в [20], для выбора схемы соединений сети можно использовать методику, предложенную нами при восстановлении распределительных сетей, имея в виду особенности сборки сети ЭЭС, а именно — возможность двухстороннего питания и учет устойчивости при объединении островов. Цель решения — обеспечение потребите-

ля мощностью в последовательности, определяемой приоритетом нагрузки. Порядок определения таких приоритетов изложен в [20]. Здесь напомним, что приоритет нагрузки собственных нужд электростанций определяется наивысшим.

В сети ЭЭС, в отличие от [20], наличие разных источников при необходимости их параллельной работы указывает на требование проверки режима их совместной работы, и при положительном результате — синхронизации таких частей системы. Реализация проверки указанных условий осуществляется в блоке обобщенного вектора ошибки (ОВО), входящего в комплекс восстановления сети, следующим образом: во-первых, при объединении двух островов на время оценки режимов в модели признаки источников таких островов приравниваются. Затем в блоке расчета режимов (БРР) проверяется возможность существования такого режима, при положительном результате — динамика объединения этих островов. Если и этот этап дает по-

ложительный ответ, то схема принимается и реализуется с синхронизацией этих частей. Иначе контролируются другие предлагаемые варианты схем. Второе отличие в алгоритме сборки схемы ЭЭС от распределительной сети - то, что мощность на собственные нужды для старта электростанции имеет наивысший приоритет, т.е. она обеспечивается в первую очередь. Неприемлемость схемы и направление ее изменения указывает блок ОВО, используя информацию от БРР. Он активирует функцию самообучения искусственной нейронной сети (ИНС) решающего комплекса, так как наличие отличного от нуля вектора ошибки означает, что текущее деление ЭЭС на острова не попало в обучающую выборку, и требуется поиск нового решения.

В отличие от метода для распределительной сети, здесь при оценке ОВО рассматриваются три вида обрабатываемых узлов: первый — узел нагрузки — аналогичен узлу нагрузки распределительной сети; второй — генерирующий узел — должен учитывать возможности по выдаче активной и реактивной мощности на момент его обработки, т.е. подобен такому узлу в рас-

пределительной сети, но с учетом развернутой в нем мощности на момент расчета; третий – синхронизируемый – решает задачу объединения двух соседних узлов, связанных с разными, не работающими параллельно источниками. Его особенностью является определение необходимости и возможности объединения на параллельную работу двух островов. С учетом этих особенностей блоксхема ОВО выглядит следующим образом (рис.6).

Если одновременно присутствуют ошибки по напряжению в узле и по току питающей связи, то принимается большая из них. Ошибка состояния связи определяется из условий в соответствии с описанием [20].

При обнаружении в соседнем узле признака другого источника блок OBO временно выравнивает эти признаки, устанавливая при этом флаг синхронизации — FS, а блок БРР определяет допустимость совместного режима. При положительном решении OBO указывает связь между такими узла-

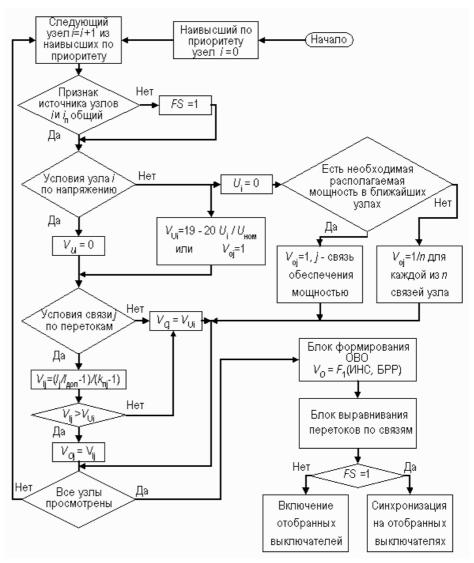


Рис. 6. Блок-схема формирования составляющих ОВО. i — номер узла, j — номер питающей связи i-го узла,  $U_i$  и  $I_j$  — текущие значения напряжения узла и тока связи,  $U_{\text{ном.}}$  и  $I_{\text{доп.}}$  — номинальное напряжение и допустимый ток связи,  $k_{\text{nj}}$  — допустимый коэффициент ее перегрузки.

ми, как требующую синхронизации при включении и объединяет признаки синхронизируемых частей ЭЭС. В противном случае в каждой части остается свой признак, флаг синхронизации сбрасывается, и продолжается поиск схемы восстановления системы. Таким образом, FS указывает на связь, которая включается с синхронизацией объединяемых узлов ЭЭС.

В предложенном здесь алгоритме, в связи с появлением в качестве переменных мощностей генерации, решенный в [20] вопрос о сходимости при самообучении ИНС на базе управляющего воздействия ОВО для распределительных сетей остается открытым в случае его переноса на ЭЭС и требует отдельного рассмотрения. Хотя в разрезе зафиксированного во времени среза данных без учета динамики он представляется подобным ранее решенному.

Существенная зависимость восстановления ЭЭС от времени реализации решений (например, ввод дополнительных генерирующих мощностей и подключение нагрузок) диктует условия по изменению структуры ИНС. Если для распределительных сетей обучающая выборка могла в качестве входных данных содержать информацию лишь о состоянии связей (рабочая/нерабочая) и потребляемой мощности в узлах до момента возникновения аварии, то для стабильного функционирования алгоритма на основе ИНС в ЭЭС этих данных недостаточно.

Стоит обратить внимание, что условия работы алгоритма напрямую зависят от изменения ситуации из-за ввода добавочных мощностей или появления дополнительных потребителей в любом из островов. Таким образом, можно оптимизировать не только текущее состояние, но рассмотреть перспективу последующего изменения схемы ЭЭС и понять, какие воздействия требуют немедленного исполнения, а какие могут быть отодвинуты на более поздний срок или вообще не реализуются, так как ожидаемый ввод мощности/нагрузки может сделать воздействие нежелательным.

Что касается узлов с двухсторонним питанием, то, как отмечалось в [20], допустимость режимов может быть определена любой из программ расчета установившихся режимов типа «RastrWin». Понятно, что здесь необходимо учитывать ограничения по генерации, которые определяются в рамках упомянутой программы дополнительными ограничениями баланса мощности по режиму работы генераторов.

#### Заключение

При функционировании ЭЭС необходимо учитывать возможность крупных аварий с массовым погашением потребителей, определяемых ростом сложности системы и возникающих по причине старения ее элементов, внешних воздействий и ошибок дежурного персонала. Инициирование к погашению определяется одним из последовательных возмущений в ЭЭС, триггерным событием. Снижение рисков погашения связано с разработкой мер противодействия им, требующих, в свою очередь, развития методов исследования и моделей

протекания аварий. К числу таких мер относится управляемое деление, включающее три подзадачи: когда, где и как выполнять деление ЭЭС.

Управляемое деление является перспективным методом защиты ЭЭС от крупных аварий, приводящих к массовому погашению потребителей. Приведенные требования при выполнении управляемого деления позволили выявить решаемые при его проведении задачи, и используемые в них методы. Однако для его практической реализации необходимо дальнейшее совершенствование подходов к определению времени и места деления. Существенна проблема обеспечения управляемого деления необходимым объемом быстродействующих измерений и средств дистанционного управления.

Одной из составляющих противодействия последствиям аварии является помощь в организации восстановления ЭЭС. Показано, что для поиска ее схемы восстановления после аварии можно воспользоваться наработками, полученными к выбору схемы восстановления распределительной сети при включении в них алгоритмов, учитывающих специфику сборки схемы сети ЭЭС. Данные по последовательности пуска агрегатов генерации и располагаемым мощностям определяются алгоритмом восстановления генерации раскручиваемых блоков в соответствии с их пусковыми характеристиками и техническим состоянием на момент пуска. Доработка блока ОВО связана с выявлением и реализацией возможности совместной работы двух узлов с разными источниками генерации их объединением через синхронизацию.

Работа выполнена по Программе УрО РАН 12-H-127-2049-Д.

#### Литература

- Adibi M. M., Kafka R. J., Maram S., Mili L. M.
   On power system controlled separation // IEEE
   Trans. on PS. 2006. Vol. 21. № 4. P.1894–
   1902.
- 2. Fairley P. The Unruly Power Grid // IEEE Spectrum, August 2004. P. 22–27.
- 3. Родюков Ф.Ф. Корректная математическая модель синхронной машины и математическая модель большой электроэнергетической системы // Математика в ВУЗе. № 10. Интернет-журнал СПбГПУ. www.spbstu.ru/public/m v/N.../contents.html
- 4. Bialek J.W. Погашения в США/Канаде и континентальной Европе в 2003: действительно ли виновата либерализация? // IEEE PowerTech, Russia, June 2005. Paper #698.
- 5. Ilič, M. Technologies and Management Structures to Support Reliable and Efficient Operation over a Broad Range of Generation and Demand // First Energy, Inc. website, November 2003, (also New Electricity Transmission Software (NETSS), Inc. WP03-01, December 2003).
- 6. Sarosh N. Talukdar et al. Cascading Failures: Survival Versus Prevention // The Electricity Journal, November 2003. P. 25–31.

- 7. LaMonica M. Giant batteries steady grid in New York // news.cnet.com/8301-11128\_3-20028148-54.html#ixzz1B37Mhaqi.
- 8. Pourbeik P., Kundur P.S., Taylor C.W. The Anatomy of a Power Grid Blackout // IEEE Power&Energy Magasin September/October 2006. P. 22–29.
- 9. Voropai N. I., Efimov D. N. Analysis of Blackout Development Mechanisms in Electric Power Systems // IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008. P.1-7.
- 10. Каскадные аварии в энергосистемах, их предотвращение и восстановление работоспособности энергосистем: Предотвращение крупномасштабного веерного отключения электроснабжения в крупных городах-мегаполисах // ftp.so-cdu.ru/RZA/old\_archiv/ kaskad\_avar.pdf
- 11. Barkans J., Zalostiba D. Protection against Blackouts and Self-Restoration of Power Systems. Riga: RTU Publishing House. 2009. 142 p.
- 12. *Кощеев Л.А.* Автоматическое противоаварийное управление в электроэнергетических системах. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 140 с.
- 13. Yang B., Vittal V., Heydt G.T. Slow-coherency-based controlled islanding a demonstration of the approach on the august 14, 2003 Black-out Scenario // IEEE Trans. on PS. 2006. Vol. 21. № 4. P.1840–1847.
- 14. Шумилова Г.П., Готман Н.Э., Старцева Т.Б. Оценивание границы динамической надежности электроэнергетической системы // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. №1. С.80–86.
- 15. Абраменкова Н.А., Воропай Н.И., Заславская Т.Б. Структурный анализ электроэнергетических систем (в задачах моделирования и синтеза). Новосибирск: Наука, 1990. 224 с.

- 16. Sun K., Zheng D. Z., Lu Q. A Simulation Study of OBDD-Based Proper Splitting Strategies for Power Systems Under Consideration of Transient Stability // IEEE Trans. on PS. 2005. Vol. 20. № 1. P.389-399.
- 17. Sun K., Hur K., Zhang P. A new unified scheme for controlled power system separation using synchronized phasor measurements // IEEE Trans. on PS. [Early Access]. 2011.
- 18. Li J., Liu C.C., Schneider K.P. Controlled partitioning of a power network considering real and reactive power balance // IEEE Trans. on Smart Grid. 2010. Vol. 1. № 3. P.261–269.
- 19. Liu L., Liu W., Cartes D. A., Chung I. Y. Slow coherency and angle modulated particle swarm optimization based islanding of large-scale power systems // Advanced Engineering Informatics. 2009. Vol. 23. № 1. P.45–56.
- 20. Успенский М.И., Кызродев И.В. Методы восстановления электроснабжения в распределительных сетях / Коми научный центр УрО РАН. Сыктывкар, 2010. 122 с.
- 21. Норматив про∂олжительности пуска энергоблоков мощностью 150-800 МВт тепловых электростанций из различных тепловых состояний //www.normativ.su/catalog/46110.php.
- 22. Успенский М.И., Кызродев В.И., Смирнов С.О. Автоматизация поиска последовательности восстановления узлов ЭЭС после системной аварии // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. СПб.: Северная звезда, 2010. С. 260–264.
- 23. Liu Y., Gu X. Skeleton-network reconfiguration based on topological characteristics of scale-free networks and discrete particle swarm optimization // IEEE trans. on PS, 2007. N 3. Vol.22. P.1267-1274.

Статья поступила в редакцию 05.12.2011.

#### NCTOPNKO-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 39.069.01 (=511.1)

ЭТНОГРАФИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ И ИДЕНТИЧНОСТЬ: К ПРЕДЫСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ МУЗЕЙНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ ПЕРМСКИХ НАРОДОВ (КОМИ И УДМУРТОВ)

И.Л. ЖЕРЕБЦОВ\*, А.Е. ЗАГРЕБИН\*\*, В.Э. ШАРАПОВ\*, А.Ю. ЮРПАЛОВ\*\*

- \*Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар
- \*\*Удмуртский институт истории, языка и литературы УрО РАН,
- г. Ижевск

secr.hist@mail.komisc.ru, adm@ni.udm.ru

Статья посвящена истории идей этнографического музееведения у коми и удмуртов в финно-угорском научно-исследовательском контексте рубежа XIX—XX вв. Авторы анализируют общественно-политические условия и материальные возможности организации музеев, а также личные мотивации энтузиастов музейной этнографии среди коми и удмуртской интеллигенции.

Ключевые слова: финно-угорская этнография, музеи, национальная идентичность, традиционная культура, коми, удмурты

I.L. ZHEREBTSOV, A.E. ZAGREBIN, V.E. SHARAPOV, A.YU. YURPALOV. THE MUZEUM OF ETHNOGRAPHY AND IDENTITY: TO THE PREHISTORY OF MUZEUM COLLECTIONS FORMATION OF THE PERMIAN PEOPLES (KOMI AND UDMURTS)

The paper is devoted to the history of ideas of ethnographic museology in Komi and Udmurt peoples in the Finno-Ugric research context on the boundary of XIX – XX centuries. The authors analyze social and political conditions and material possibilities to the museums organization and personal motivations of enthusiasts of museum ethnography among the Komi and Udmurt intelligentsia.

Key words: Finno-Ugric ethnography, museums, national identity, traditional culture, Komi, Udmurts

Страсть к собирательству редких вещей, составлению коллекций и, наконец, экспонированию разного рода раритетов присуща человеку едва ли не с допотопных времен. Или, как остроумно заметили еще в XVIII в., возможно, что прародителем музеев был Ной, который собрал в своем ковчеге «каждой твари по паре»[1, с.36]. Ренессансная культура и эпоха Великих географических открытий сделали собирание антиков и диковин непременным занятием европейца, облеченного властью и денежными средствами. Наступившая следом эпоха Просвещения совместилась со временем колониального приобретательства, с одной стороны, давшего невиданный прирост этнокультурной информации, с другой - обозначив по сей день актуальную проблему «Иного/Другого».

В России, в Петровской Кунсткамере, по своему была реализована модель упорядоченного, каталогизированного мира вещей или, как заметил в свое время М. Фуко: «В классическую эпоху обна-

руживается, что хаос эмпиризма можно было обуздать с помощью «таблиц», связывающих вещи со взглядом и речью, что стало новым способом создавать историю» [2, с. 161]. Следует отметить, что финно-угорские материалы заняли свое место в музейном ряду уже в первые десятилетия XVIII в., благодаря открытию учеными-путешественниками внутренних пространств империи [3]. Вместе с тем, дискурс на(ино)родного явно обозначился лишь в Николаевское время, когда уваровская идеологема заняла почетное место в системе отечественной науки и образования, достигнув музейных пределов в ходе Всероссийской этнографической выставки 1867 г.

Романтический дух идентифицирующейся «русскости» повлек за собой с четким соблюдением иерархии движения и российских финно-угров. Визуализация и материализация этнографии населения империи стали принципами, коими, по всей видимости, руководствовались при создании Дашковского этнографического музея, а следом за ним — этнографического отдела Русского музея, выводя финно-угорскую составляющую не только на экспозиционные шкафы и полки, но и на сложное пересечение научных и идеологических концептов. Это было закономерно, учитывая специфику поликультурной империи, постепенно утверждавшей национально-языковую доминанту, особенно в два последних царствования. Но применительно к этнографии финно-угорских народов России данная стратегия работала лишь частично.

#### Две линии финно-угорской этнографии

В просвещенном XVIII в., равно как и в первой половине XIX в., шел медленный, но верный процесс кристаллизации финно-угорской этнографии, выразившийся в опытах с языковыми классификациями и романтических экспедициях в поисках утраченной истории [4]. Особенно в этом преуспели находившиеся на имперской службе финляндцы — А.И. Шёгрен и М.А. Кастрен, проложившие своеобразные этнографические векторы, по сей день ведущие нас на Север и Восток. Этнографичность истории финно-угорских народов стала еще одним побудительным мотивом для размышлений нового поколения финских этнографов, озабоченных идеей национального музея как овеществленного средоточия идентификационных характеристик «финскости».

В 1856 г. финский лингвист А. Алквист приобрел комплект марийской народной одежды, позднее переданный им в Историко-этнографический музей (г. Гельсингфорс, ныне Хельсинки), вместе с обскоугорскими вещами, привезенными из поездок по Сибири. Одновременно финляндские университетские землячества занялись поиском «характерных» артефактов и организацией выставок, представляющих локальную культуру населения Великого княжества Финляндского. Примечательно, что основатель этнографического музея под открытым небом на о-ве Сеурасаари А.О. Хейкель, пройдя школу студенческого движения за пропаганду финских традиций, затем перенес свои собирательские инициативы к родственным народам, проведя полевые сезоны 1881-1886 гг. среди мордвы, марийцев и удмуртов [5, р. 39 - 42]. Таким образом, фундамент будущего музея возводился на синтезе собственно финского и финно-угорского. в динамике которых можно было выстраивать экспозиции, как это и было сделано в 1923 г. на I Финноугорской выставке Национального музея Финляндии.

Музейные перспективы материальной культуры финно-угорских народов России, занимавшие финских этнографов-эволюционистов, часто пересекались с начинаниями русских ученых, не в меньшей степени очарованных теорией развития. Взаимополезные научные контакты возникли между специалистами в области народоведения, работавшими под эгидой Финно-угорского общества в Гельсингфорсе, Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии в Москве и Общества археологии, истории и этнографии в Казани, что как нельзя более точно отражает переписка А.О. Хейкеля, Н.Н. Харузина и И.Н. Смирнова [6]. Финно-угорские коллекции, представленные в 1886 г. на Сибирско-Уральской научно-промышленной вы-

ставке в Екатеринбурге и в 1890 г. на научнопромышленной выставке в Казани, еще раз показали, что в обществе укоренялась мысль о ценности народной культуры вне зависимости от языка исполнителя той или иной вещи. Или, как отмечал профессор И.Н. Смирнов в обзоре этнографической составляющей Казанской выставки: «Благодаря выставке оказалось впервые возможным наметить ряд вопросов, разрешение которых должны взять на себя музеи и ученые общества края – таковы: например, вопросы о взаимных культурных отношениях финнов и тюрков Поволжья и типических особенностях инородческого орнамента, происхождении утвари с звериным орнаментом и мн. др.» [7, с. 36]. Но при всей методологической близости между финскими и русскими этнографами во взглядах на музейную композицию имелась существенная разница. В первом случае это был динамический принцип, опиравшийся на концепт «один народ одна культура», правда, с множеством вариаций, во втором - сложное мозаичное полотно с проскальзывающими местами красками ассимиляционизма.

#### У.Т. Сирелиус и его «пермская экспедиция»

Казалось бы, какая связь между всем вышесказанным и темой настоящей статьи? Дело в том. что куратор I Финно-угорской выставки У.Т. Сирелиус был одной из ключевых фигур в истории этнографии пермских народов (коми и удмуртов), человеком, сумевшим транслировать идею этнографического музея на аудиторию своих читателей, почитателей и даже критиков. В зените своей карьеры он основатель кафедры финно-угорской этнографии Хельсинкского университета, заведующий этнографическим отделом Национального музея Финляндии, воспитатель плеяды финно-угроведов [8]. Выступая не только заинтересованным зрителем, но, порой, режиссером в театре «традиционной культуры» родственных народов, ученый прикладывал реальные усилия для вовлечения местных помощников и корреспондентов в научную работу, способствуя смене исследовательской парадигмы, идущей от «внешнего к внутреннему», к самоизучению.

Отправной точкой наших размышлений является лето 1907 г., когда, тогда еще доцент Императорского Александровского университета г. Гельсингфорс, У.Т. Сирелиус отправился в свою «пермскую экспедицию», одной из главных целей которой был сбор предметов труда и быта, образцов народной одежды и других вещей, олицетворяющих коми и удмуртскую культуру [9]. Имея опыт обско-угорских экспедиций, знание скандинавских и российских музейных традиций, он, безусловно, мог справиться с задачей по комплектованию пермских коллекций строящегося Национального музея Финляндии. Примечательно, что стержнем маршрутизации своей экспедиции он избрал принцип языкового родства, наверняка, осознавая его уязвимость, учитывая природно-географический и хозяйственный факторы. Но, по всей видимости, влияние современности не было для него чем-то определяющим. Этнограф верил в существование архаичных пластов коми и удмуртской материальности и, конечно, в типологический метод.

#### Зырянский музей

В краеведческой литературе история Национального музея Республики Коми традиционно начинается с момента учреждения в октябре 1911 г. Усть-Сысольского музея. Исследователи отмечают, что музейное дело в Коми крае было связано как с развитием на Русском Севере в конце XIX — начале XX в. народоведческого движения, так и пропагандой идеи формирования национального самосознания у коми-зырян как финно-угорского народа [10, с. 29—30; р. 243—264]. В этом контексте особый интерес представляет период, непосредственно предшествовавший этому событию.

Прежде всего обращает на себя внимание переписка У.Т. Сирелиуса с представителями коми интеллигенции, с которыми он познакомился в ходе совместных изысканий. Известно, что в Коми крае исследователь в полевой работе опирался на помощь студента Московского университета В.П. Налимова и его знакомых - молодых коми литераторов и сельских учителей. Так, в с. Усть-Кулом он работал вместе с учительницей А.Г. Кузивановой, в с. Скородум большую помощь в сборе полевых материалов оказал учитель начального земского училища Помоздинской волости А.И. Шомысов, в с. Выльгорт к нему присоединились в качестве переводчиков и проводников А.А. Чеусов и В.П. Налимов. А.А. Цембер помогал в сборе этнографических экспонатов в селах Мордино и Усть-Кулом [11].

Дневниковые записи У.Т.Сирелиуса, датируемые июлем 1907 г., красноречиво свидетельствуют о том, что он был несколько разочарован результатами поисков «аутентичной зырянской культурной традиции:». В этом плане показательна запись, сделанная им накануне отъезда из Усть-Сысольска в Вятскую губернию к удмуртам: «Национальное самосознание у зырян, по моим наблюдениям, как правило, отсутствует... Но не могу не упомянуть о последних днях, проведенных у зырян и ставших для меня приятным сюрпризом. Около Усть-Сысольска в дер. Выльгорт я встретил нескольких молодых людей, которые бурно размышляли о национальном просвещении зырян и в качестве фундамента для этой деятельности намеревались основать на своей родине Зырянский музей» [12]. Судя по фотографии, на которой У.Т. Сирелиус запечатлел «прощальную» встречу, этими молодыми людьми были студент В.П. Налимов, литератор А.А. Чеусов и учительница А.Г. Кузиванова [13, р. 99].

Впоследствии ученый поддерживал переписку со своими местными помощниками, получая от них необходимые консультации, и заочно руководил сбором сведений по материальной культуре у коми. Например, В.П. Налимов и А.А. Чеусов в течение нескольких лет собирали материалы по обширному своду вопросов, составленному финским коллегой, – об архаических типах жилищ, охоте и рыболовстве. Судя по переписке, А.И. Шомысов – учитель из с. Визинга – готовил для У.Т. Сирелиуса этнографический отчет о рыболовном промысле в селах Скородум и Визинга. В архиве исследователя

хранится датированная августом 1907 г. открытка от А.А. Цембера с известием о возможности приобретения ряда этнографических экспонатов в селах Подъельск и Усть-Кулом для музейной этнографической экспозиции по финно-угорским народам в Хельсинки [14].

В 1907–1910 гг. ученый активно занимался формированием этнографических коллекций по финноугорским народам России, а также организационными вопросами, непосредственно связанными с музейным строительством. По мнению В.В. Сурво, сбор материала У.Т. Сирелиусом и его коллегами у родственных народов «был в первую очередь направлен на конструирование финской идентичности и финно-угорского родства. Из экспедиционных поездок к финно-уграм России финляндские исследователи привозили богатейшие коллекции традиционных вещей, которые впоследствии составили основу первой финно-угорской выставки в Национальном музее Финляндии» [15, с. 17-18]. Закономерно, что в ходе совместной работы с У.Т. Сирелиусом и последующей переписки с ним В.П. Налимов и А.А. Чеусов советовались с финляндским профессором о конкретных деталях создания Зырянского музея и обсуждали роль музейной деятельности в формировании национального самосознания коми-зырян. Принимал участие в обсуждении планов создания Зырянского музея и А.А. Цембер – будущий директор Усть-Сысольского музея, который также отправлял в Финляндию этнографические, фольклорные и лингвистические сведения, собранные по просьбе Сирелиуса. В ходе этой переписки коми краеведы неоднократно благодарили его «за реальное сочувствие будущему зырянскому этнографическому музею».

В некотором смысле идею «зырянского музея» можно определить как план конструирования национальной культуры и идентитета, краеугольными камнями которого станут поиски в области коми мифологии и дохристианских верований, древних форм хозяйствования и базовых элементов материальной культуры, т.е. того, без чего народу невозможно двигаться вперед.

#### На пути к Удмуртскому музею

Так случилось, что среди удмуртской интеллигенции У.Т. Сирелиус не встретил тогда людей, близких по духу В.П. Налимову, в будущем профессору этнографии МГУ-2, или другому своему корреспонденту - Т.Е. Евсевьеву, позже возглавившему Марийский краеведческий музей. Впрочем, на отсутствие добровольных местных помощников он пожаловаться не мог. Первый удмуртский этнограф и писатель Г.Е. Верещагин, будучи отягощенным делами прихода в с. Бураново, препоручил заботы о госте сыну Ивану, с которым У.Т. Сирелиус переписывался и после экспедиции. В начале августа 1907 г. финский этнограф переехал в удмуртские селения западной части Сарапульского уезда, сделав длительную остановку в дер. Курчум-Норья. Помощником его стал сельский учитель Н.И. Васильев. Двигаясь к границе с Малмыжским уездом,

Сирелиус побывал в с. Нылга-Жикья и дер. Зумья, где собирал информацию с помощью учительницы А.И. Клавиковой [16, с. 63]. Нагруженный приобретенными вещами и впечатлениями, он выехал в стоящий на Каме г. Сарапул, откуда пароходом добрался до Казани и 21 августа был дома.

Становление музейного дела на территории Удмуртии (на рубеже XIX-XX вв. эти земли входили в состав четырех уездов Вятской губернии – Глазовского, Сарапульского, Малмыжского и Елабужского) имело ярко выраженный «земский» характер, тесно связанный с ростом регионалистских настроений провинциальной разночинной интеллигенции. Первый удачный опыт был связан с основанием в 1909 г. Музея Сарапульского уездного земства (ныне Музей истории и культуры Среднего Прикамья). Учредители и сотрудники музея проделали серьезную работу по сбору этнографических коллекций, отражающих полиэтничный состав населения уезда. Создание в 1913 г. «Общества изучения Прикамского края» сделало участниками музейного процесса активистов вновь созданного общества. В Малмыже также предпринимались попытки организации этнографических исследований, первопроходцем которых стал местный уроженец, профессор С.К. Кузнецов. Но только в 1918 г. трудами известного в будущем этнографа и археолога М.Г. Худякова было создано «Историческое общество», поставившее целью открытие в Малмыже музея местного края [17]. Членом этого общества был К.П. Чайников (К. Герд) – удмуртский поэт и этнограф, ставший символом пробуждающейся «удмуртскости». Не случайно именно ему удалось начать строительство Удмуртского музея в прямом и образном смыслах.

Учеба в Москве, в Высшем литературнохудожественном институте им. В.Я. Брюсова, создание Общества по изучению удмуртской культуры «Бöляк», одним из учредителей которого стал профессор В.П. Налимов, тот самый студент, 15 лет назад мечтавший о «зырянском музее» и совместно с которым К. Герд редактировал сборник «Вотяки», ставший одним из первых издательских опытов советского финно-угроведения [18]. Все это, наряду с Восточно-финской этнографической экспедицией, работой в Центральном музее народоведения и аспирантурой НИИ народов Востока СССР, подготовило его к вступлению в 1926 г. в должность директора Областного музея местного края. Пробыв на этом посту всего несколько месяцев, он заложил принципы, на которых во многом и сейчас строится работа Национального музея Удмуртской Республики им. К. Герда.

К. Герду этнографический музей виделся не просто выставкой красивых старых редких вещей. Это было материализованное воплощение этничности. Но для нормального функционирования музея были необходимы: приспособленное здание (Герд добился выделения особняка в центре Ижевска), фонды (приобрел сотни новых экспонатов в различных районах Удмуртии), полевые исследования (провел несколько фольклорно-этнографических экспедиций), техника (приобрел для музея

фонограф и фотоаппарат), научные связи (установил контакты с музеями и институтами Академии наук СССР), пропаганда (выступал перед «просвещенцами») и самосовершенствование. В части последнего директор музея шлет в Облисполком и Главнауку просьбы о научной стажировке, он пишет: «Для окончательно закругления моих работ по сравнительному изучению языка и культуры угрофинских народов мне необходимо некоторое время работать в финляндских, эстонских высших учебных заведениях. Как раз с октября по декабрь в Гельсингфорском университете читаются лекции по вышеуказанным предметам» [19].

#### Некоторые выводы и размышления

Три человека, три этнографа, три единомышленника оказались волею судьбы связаны идеей этнографического музея, идеей финноугроведения, идеей национального возрождения. В том же памятном 1926 г. К. Герд писал: «Каждый народ в период своего возрождения начинает интересоваться своей историей, своей культурой. Он тогда нетерпеливо и неустанно стремится познать самого себя, осознать себя как одно целое, отличающееся от других окружающих его народностей своеобразным, только ему присущим укладом быта, культуры и обычаев» [20, с. 91]. В.П. Налимов, побывавший летом того же года в поездке к удмуртам, сравнивая две традиции, еще более укрепился во мнении, что ценность народной культуры и значимость ее изучения были осознаны самими пермскими народами, когда из среды вчерашних просвещаемых выделились собственные просветители, для которых этнография стала тем средством, с помощью которого можно было заявить о себе научному миру [21]. Спустя почти 20 лет, минувших со времени «пермской экспедиции», У.Т. Сирелиус, скорее всего, и не предполагал, что резонанс от его собирательской деятельности коснется формирующегося идентитета родственных народов, сложно преломляясь в историографическом спектре и находя себя в музейных этнографических коллекциях [22].

Работая, полемизируя и строя, этнографы в те годы взяли на себя роль трансляторов новых ценностных ориентиров, одним из которых стала любовь к родному краю [23]. Можно сказать, что интерес к изучению и сохранению народной культуры и, в купе с этим к музейному делу, стал одним из важных стимулов развития современной финноугорской этнографии.

Статья подготовлена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Историко-культурное наследие и духовные ценности России». Направление 8. Музейные и архивные фонды: изучение, введение в научный оборот, обеспечение нового качества доступа к культурному наследию, проект «Новые источники по истории и культуре финно-угорских народов Среднего Поволжья и Приуралья».

#### Литература

- 1. *Станюкович Т.В.* Этнографическая наука и музеи. Л.: Наука, 1978.
- 2. *Фуко М*. Слова и вещи. Археология гуманитарных наук. СПб: A-cad, 1994.
- 3. Салмин А.К., Терюков А.И. Первая музейная коллекция одежды народов Волго-Камья в Кунсткамере Санкт-Петербургской Академии наук // Вестник Удмуртского университета. Серия 5: история и филология. 2010. Вып. 3. С. 42–51.
- 4. Загребин А.Е. Финно-угорские этнографические исследования в России (XVIII первая половина XIX в.). Ижевск: УИИЯЛ УрО РАН, 2006.
- Vuorela T. Ethnology in Finland before 1920. Helsinki, 1977.
- Museovirasto: Kansatieteen kasikirjoitusarkisto. Heikeliana. A.O. Heikelin kirjekokoelma.
- Смирнов И.Н. Этнография на Казанской научно-промышленной выставке. Казань, 1890.
- 8. *Lehtonen J.U.E.* U.T. Sirelius ja kansatiede. Helsinki, 1972.
- 9. Sirelius U.T. Matkakertomus kansatieteelliseltд matkalta permalaiskansain keskuuteen kesдllд 1907 // Journal de la Sociйтй Finno-Ougrienne. 1908. Vol. 25. S. 15–17; Загребин А.Е., Шарапов В.Э. К истории «Пермской экспедиции» У.Т. Сирелиуса // Этнографическое обозрение. 2008. № 1. С. 110–117.
- 10. Рогачев М.Б. Общественная жизнь в Усть-Сысольске (XIX начало XX в.) // Повседневная жизнь Коми края. Сыктывкар, 2006. Вып. 1;  $J\partial \partial ts$  I. Etnilised protsessid Vene impeeriumi siseperifeerias 1801–1904. Komi rahvusluse sьnd. Tartu: Tartu University Press, 2005.
- 11. *Цембер А.А.* Дневник / Подгот. текста, вступ. статья и комментарий Л.П. Рощевской. Сыктывкар, 1997.
- 12. *Сирелиус У.Т*. Из путешествия по северовостоку России / Перевод с финск. яз. А. Сурво // Арт (Лад). 1998. №3. С. 177.
- 13. Iso karhu: arkistokuvia etπisten kielisukulaistemme asuinsijoilta / The Great Bear: old photographs of the Volga-Finnic, Permian Finnic and Ob-Ugrian peoples. Ed. by I. Lehtinen, J. Kukkonen. Helsinki, 1980.
- 14. Сурво В. Культурные и идеологические аспекты «проблемы полевой работы» (на примере финляндской этнографии)// Полевая этнография 2006. Материалы Международной научной конференции. СПб., 2007. С. 14–18.
- 15. *Из письма А.А.* Чеусова к У.Т. Сирелиусу от 01.09.1907 г. // Museovirasto: Kansatieteen kдsikirjoitusarkisto. Sirelius U.T. Permalaismatka, 1907.

- 16. Загребин А.Е. Финны об удмуртах. Финские исследователи этнографии удмуртов XIX первой половины XX в. Ижевск: УИИЯЛ Уро РАН, 1999.
- 17. Юрпалов А.Ю. Роль музея Сарапульского уездного земства в этнографическом изучении Среднего Прикамья // Ежегодник финно-угорских исследований. 2010. Вып. 2. С. 116–120; Он же. К истории Малмыжского исторического общества // Финно-угры славяне тюрки: опыт взаимодействия (традиции и новации): Сборник материалов Всероссийской научной конференции. Ижевск, 2009. С. 480–484.
- 18. Вотяки. М., 1926; Ермаков Ф.К. Кузебай Герд (жизнь и творчество). Ижевск: Полиграф-комбинат, 1996.
- 19. *Из переписки Кузебая Герда* // Как молния в ночи... К. Герд. Жизнь. Творчество. Эпоха. Ижевск: УдГУ, 1998. С. 549.
- 20.  $\Gamma ep\partial$   $K.\Pi$ . К вопросу о происхождении вотяков // Труды научного общества по изучению Вотского края. 1926. Вып. 2. С. 91–95.
- 21. Отчет этнографической экспедиции за 1926 г. // В.П. Налимов. Очерки по этнографии финно-угорских народов. Ижевск-Сыктывкар: УИИЯЛ УрО РАН, ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН, 2010. С. 174-318; Загребин А.Е., Шарапов В.Э. Новые материалы об экспедиции В.П. Налимова в Удмуртию (1926 г.) // Вестник Поморского университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2010. №6. С. 10-14.
- 22. Lehtinen I. The Finno-Ugric collections at the National Museum of Finland. Helsinki, 1990; Idem. Museoesine ja kontekstit: "etnografista todellisuutta" kohtaamassa // Suomen Museo. 1995. S. 27–37; Suomalais-ugrilaisia kokoelmia Venдjдп museoissa Finno-Ugrian collections in Russia's museums / Toim. I. Lehtinen. Helsinki, 1999.
- 23. Резолюции I Всероссийского съезда работников просвещения и социалистической культуры вотяков. Казань, 1921. С. 15−16; Жеребцов И.Л., Таскаев М.В., Кузнецова Т.Л. Их объединило краеведение. Сыктывкар: ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН, 2008; Загребин А.Е., Куликов К.И. Советское финно-угроведение 1920-х начала 1930-х гг.: первые действия и противодействия // Проникновение и применение дискурса национального в России и СССР. Тарту, 2011. С. 163−176.

Статья поступила в редакцию 06.09.2011.

УДК 930.2:631.5(470.1)

## ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ УРОВНЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ПРИМЕРЕ ШЕНКУРСКОГО УЕЗДА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ГУБЕРНИИ

#### П.П. КОТОВ

Сыктывкарский государственный университет, г. Сыктывкар <u>kotovpetr55@ mail.ru</u>

Выявляются возможности объективного освещения уровня земледелия по историческим источникам конца XVIII— начала XX в. Показана технология получения данных о посевах и урожаях хлебов и доказана высокая степень достоверности этих сведений. Обращено внимание на ошибочные и неточные выводы по вопросам анализа уровня земледелия, которые утвердились в исторических исследованиях. На примере отдельного региона предлагается методика обработки разнохарактерных источников для объективной оценки уровня земледелия.

Ключевые слова: источники, отчеты губернаторов, уровень земледелия, посевы и урожаи хлебов, пробные умолоты

## P.P. KOTOV. THE PROBLEMS OF STUDYING THE LEVEL OF AGRICULTURE ON THE EXAMPLE OF SHENKURSKY DISTRICT OF ARKHANGELSK PROVINCE

The possibilities of objective studying of the level of agriculture on historical sources of the late XVIII – early XX centuries are revealed. The technology of data obtaining on crops and harvests of cereals is shown and high degree of reliability of these data is proved. The attention is paid to erroneous and inexact conclusions concerning the analysis of the level of agriculture given in historical researches. On the example of a separate region the technique for processing of various sources for objective estimation of the level of agriculture is proposed.

Key words: sources, governors' reports, level of agriculture, crops and harvests of cereals, trial yields

История земледелия Европейского Севера России уже нашла отражение в многочисленных исторических исследованиях. Основное внимание в них уделялось вопросам обеспеченности крестьян землей и рабочим скотом, эволюции севооборота, состоянию орудий труда и другим важным аспектам. Однако на основе анализа указанного круга вопросов фактически невозможно показать эволюцию результативности земледелия, его уровня. Ведь основные показатели уровня земледелия —

урожайность, посевы и сборы хлебов не являлись предметом специального изучения.

Нельзя сказать, что проблема уровня земледелия совсем не разрабатывалась в русской историографии. Но в силу поставленных задач историки рассматривали эту проблему в целом по регионам или губерниям (включая Север) и по отдельным периодам конца XVIII — второй половины XIX в. [1,2]. При этом использовались материалы лишь центральных архивов. Каждый из ученых применял свою методику обработки архивных и опубликованных источников. Такой же подход во многом был характерен и для исторических изысканий по Европейскому Северу страны [3,4]. В результате на основе существующих исследований невозмож-

но охарактеризовать изменение уровня земледелия на протяжении длительных хронологических периодов даже по губерниям России.

На наш взгляд, указанные недостатки анализа уровня земледелия вполне можно преодолеть, причем не только в рамках губерний, но и отдельных уездов. Попытаемся это доказать на примере характеристики источников о посевах и урожаях хлебов в Шенкурском уезде за период с конца XVIII по начало XX в., т.е. на протяжении более чем векового этапа истории. Этот уезд был образован в южной части Архангельского наместничества в 1780 г., а с 1796 по 1917 г. входил в состав Архангельской губернии. Основную часть его населения составляли крестьяне, среди которых до буржуазных реформ 60-70-х гг. XIX в. преобладали дворцовые (с 1797 г. - удельные) крестьяне. К дворцовым - удельным поселянам относилось примерно 87 % жителей уезда.

До последнего времени в нашей историографии отсутствовал анализ даже законодательной базы, на основе которой составлялись данные о посевах и урожаях хлебов [5]. В общем виде отметим, что подобные сведения требовали присылать в Камер-коллегию еще по распоряжениям

Петра І. В дальнейшем указы Елизаветы І ввели уже единую форму отчетности о посевах и урожаях хлебов, а законы Екатерины II – единообразную табличную форму «хлебной отчетности». Во всех случаях изменялись сроки и учреждения, в которые следовало высылать эти сведения. В начале XIX в. по всем губерниям России стали составляться «Всеподданейшие отчеты», в которых наряду с многочисленными и разнообразными сведениями фиксировались и данные о посевах и урожаях хлебов. Из самостоятельного документа сведения «хлебной отчетности» превратились в элемент комплексных губернаторских отчетов. В 1837, 1842 и 1870 гг. изменялись формы представляемых данных о посевах и урожаях хлебов [5]. На основе законов в XVIII в. фиксировались сведения о посевах, валовых и чистых сборах каждой из высеваемых культур по уездам, провинциям и губерниям (нередко - по волостям и селениям). С 90-х гг. XVIII в. подобные сведения представлялись по уездам и губерниям, но не по каждой из зерновых культур, а суммарно по озимым и яровым хлебам. Такие же данные, но только в целом по губерниям, требовались с 1837 г. Затем, с 1842 по 1869 г., в отчетах губернаторов следовало выводить показатели о посевах, валовых сборах и урожайности озимых, яровых и картофеля по сословным группам населения и категориям крестьян опять же в целом по губерниям. Начиная с 1870 г. документы содержали данные о посевах и сборах каждой из земледельческих культур по сословным группам населения в рамках уездов.

Непосредственно сами сведения «хлебной отчетности» отложились: по XVIII в. – в Российском государственном архиве древних актов (РГАДА. Ф. 263 – Пятый департамент Сената; Ф. 1239 – Московский дворцовый архив) и по XIX — началу XX в. – в Российском государственном историческом архиве (РГИА. Ф. 1263 – Комитет министров; Ф. 1276 – Совет министров внутренних дел; Ф. 1281 – Канцелярия министерства внутренних дел; Ф. 1287 – Хозяйственный департамент МВД; Ф. 1409 – Собственная его императорского величества канцелярия). Однако за некоторые годы отчеты о посевах и урожаях хлебов в них отсутствуют, вероятно, в течение времени они были утрачены.

С другой стороны, с 1837 по 1869 г. по Шенкурскому уезду (как и по другим уездам) данные о посевах и урожаях хлебов, в силу требований законов, изначально в губернаторских отчетах не фиксировались. В этой связи, особое значение приобретают источники местных архивов и фондов ряда учреждений центральных архивов. В них отложились многие документы, представляющие из себя подготовительные материалы к отчетам о посевах и урожаях хлебов, «первичные» данные, черновые варианты и копии самих отчетов (например: РГИА. Ф. 515 – Департамент уделов). За счет материалов Государственного архива Архангельской области (ГААО. Ф. 1, 2, 4, 6, 51, 53) удалось восстановить за 48 лет данные о посевах и урожаях хлебов в Шенкурском уезде, которые отсутствуют в центральных архивах. Эти же материалы существенно восполнили сведения «хлебной отчетности» и по удельной деревне уезда. В фондах всех архивов были выявлены данные о посевах и урожаях хлебов в Шенкурском уезде за 9 лет XVIII в. и за период с 1801 по 1904 г. Стало возможным воспроизведение показателей посевов и урожаев за 1784—1785, 1792—1795 и 1800—1868 гг. по удельной деревне уезда. За ряд лет такие данные обнаружены по отдельным волостям и селениям государственной деревни и по г. Шенкурск (нередко по каждой из выращиваемых хлебных культур).

Именно подготовительные материалы позволяют существенно уточнить процедуру составления отчетов о посевах и урожаях хлебов и содержат новые факты о степени объективности этих сведений. В общем виде схема составления «хлебной отчетности» заключалась в следующем: вначале показатели посевов и урожаев хлебов определялись по селениям, затем выводились по волостям и далее – по уездам и губерниям. На низовом уровне (в селениях и волостях) эти сведения представляли органы крестьянского самоуправления, все остальное лежало на обязанности удельных, уездных и губернских чиновников.

Процедура сбора первичных сведений о посевах и урожаях хлебов на низовом, сельском уровне ни в одном из законодательных актов не регламентировалась. На наш взгляд, она сформировалась и прочно укрепилась в крестьянской среде в силу хозяйственных потребностей еще до появления «хлебной отчетности». Во всяком случае, и законодатель, и исполнители (включая крестьян), начиная с XVIII в., рассматривали эту процедуру как обыденную и не представляющую сложности. По архивным источникам видно, что посевы хлебов определялись довольно точно. К осени, к моменту составления отчетов, затраты зерна на семена были известны каждому из крестьян и сельским старостам. Эти затраты, учитывая нормы высева зерна на единицу запашки, можно было легко проверить и уточнить.

Данные о сборах хлебов определялись в России по так называемым пробным умолотам. Это была вынужденная мера, так как хлеб крестьяне обмолачивали не сразу после жатвы, а постепенно – в течение зимы и весны. Проведение пробных умолотов производилось в следующем порядке: в селениях выбиралось несколько участков «худой» и «доброй» по качеству пашни, с которых зерновые убирали и обмолачивали. Затем, по мнению И.Д.Ковальченко, подсчитывали средний показатель сбора хлебов с единицы запашки, перемножали его на количество засеянных десятин и получали искомые размеры валовых сборов [1, с. 54–58].

Вероятно, такая методика проведения пробных умолотов практиковалась в южных и центральных регионах России. Однако в Шенкурском уезде, как и в других уездах Европейского Севера страны, ее буквальное применение было невозможно в связи с отсутствием достаточно точных данных о размерах пашенных угодий. Здесь при составлении отчетов о посевах и урожаях хлебов в графе о площади запашки писали: «По неизмерению пока-

зать немочно» или «размеру земель в десятины никогда не бывало и затем показать неможно». Поэтому на выбранных участках «плохой» и «доброй» земли учитывали не только обмолоченное зерно, но и количество сжатых на них снопов, скирд и копен хлебов. Далее фиксировали, сколько зерна в среднем вымолачивалось из снопа, скирды или копны. Следует учитывать, что число снопов в скирдах и количество скирд в копнах было примерно одинаково. Зная общее количество сжатых скирд и копен не сложно было подсчитать и валовые урожаи хлебов. Вероятно, И.Д. Ковальченко все-таки ошибался и в отношении других регионов России. Так, в указе от 29 ноября 1799 г. отмечено, что губернаторы «...по учиненному обмолочением нескольких снопов опыту...» должны представить сведения [6, т. XXV, с. 898].

С другой стороны, на Севере практиковали опыт, когда участки для пробных умолотов определяли еще при севе и учитывали количество посеянного на них зерна. Осенью после обмолота хлеба высчитывали среднюю урожайность в «самах» и полученный показатель перемножали на общее количество посеянного хлеба. Окончательно этот способ определения валовых сборов хлебов устанавливается на Европейском Севере России в первой трети XIX в. Заметим, что описанные способы определения сборов хлебов часто сочетались для взаимной проверки полученных данных.

Сама процедура пробных умолотов осуществлялась при понятых и подразумевала возможности проверки выводимых показателей. Кроме этого, проводились еще и контрольные пробные умолоты по волостям специально командированными уездными чиновниками в присутствии сельских и волостных начальников и выбранных из крестьян свидетелей [7, с. 26—31].

По нашему мнению, источники, условно объединенные как губернаторские отчеты, обладали высокой степенью объективности в отношении данных о посевах и урожаях хлебов. В этом можно убедиться на примере материалов об общественной запашке в удельной деревне Шенкурского уезда. Под нее в 1828-1829 гг. была выделена часть крестьянской пашни. Получаемое зерно складировалось в так называемые сельские запасные хлебные магазины (на случай неурожая). Первоначально урожайность хлебов на общественной запашке не отличалась от урожайности на крестьянских полях. В 1834 г. удел ввел «минимум урожайности для полей общественной запашки». Этот «минимум» для Шенкурского уезда был установлен в озимом клине – «сам 3», в яровом – «сам 2». Все зерно сверх этого «минимума» продавалось, а деньги распределялись между удельными чиновниками. Поэтому с 1835 г. убранный с общественной запашки хлеб тщательно измеряли (вплоть до гарнцев и фунтов) в течение зимы – начала весны. Сведения о реальных сборах хлебов поступали в Департамент уделов, который контролировал правильность распределения между чиновниками денежных средств, выручаемых от продажи зерна «сверх установленного минимума» [8].

С другой стороны, как и раньше, в удельное ведомство и губернские органы власти осенью высылались данные о посевах и урожаях хлебов как на крестьянских, так и на общественных полях. В этом случае сведения о валовых сборах определялись по пробным умолотам. В результате за 1835-1858 гг. можно сравнить данные о пробных и действительных умолотах зерновых на общественной запашке Шенкурского уезда. Данные пробных умолотов относительно реальных чаще занижались, но иногда были и выше. Они по отношению к действительным умолотам колебались в крайних точках по озимым от -7,1 % (1843 г.) до +8,2 % (1835 г.), по яровым – от -6.3 % (1843 г.) до +0.6 %(1848 г.). Разница между данными об урожаях хлебов по пробным и действительным умолотам существенно сглаживается, если оперировать не годовыми, а средними показателями за 8-10 лет, как это и принято в исторических исследованиях. В среднем по 8-летним периодам за 1835-1858 гг. отличия между пробными и действительными умолотами на общественной запашке Шенкурского уезда составляли в озимом поле от −2.0 до +0.8 % и в яровом поле – от –2,5 до –3,6 %. Схожие характеристики наблюдались и по общественной запашке Вологодской, Вятской и Пермской губерний [8]. Подчеркнем еще раз – пробные умолоты и на общественной запашке, и на крестьянских полях проводились одновременно, по одинаковой процедуре и теми же людьми. Поэтому и данные губернаторских отчетов о посевах и урожаях хлебов на полях всего Шенкурского уезда, выведенные по 8-10-летним периодам, обладают достаточной степенью объективности. В пользу этого вывода можно привести еще одно свидетельство.

С 1883 г. данные о хлебной статистике стал собирать Центральный статистический комитет МВД России (далее - ЦСК). Методика сбора первичных сведений о посевах и урожаях хлебов по линии ЦСК в течение первого десятилетия неоднократно изменялась. Окончательно она была отработана к 1893 - 1894 гг., после чего практиковалась до 1915 г. По линии ЦСК сведения собирались по следующей схеме: вначале по всем уездам учитывалась площадь запашки каждой из возделываемых земледельческих культур. Затем высылалось несколько видов анкет, которые заполнялись, как правило, по шести разным хозяйствам каждой волости. Весной – в начале лета в анкетах хозяева фиксировали количество семян. которое было использовано на 1 десятину запашки каждой из культур. В конце лета отмечались объемы зерна и соломы, которые собирались с 1 десятины озимого клина, а осенью такие же сведения подавались о картофеле, яровых, технических и других выращиваемых культурах. Во всех случаях сообщалось о весе четверти в пудах, урожайности хлебов в «самах» и некоторая другая информация. Эти сведения поступали в ЦСК, обрабатывались и публиковались в специальных ежегодниках вплоть до 1916 г. После 1892 г. в них по всем уездам и губерниям страны сообщались данные о площади запашки, посевах, сборах, урожайности, весе в пудах каждой из земледельческих культур и некоторые другие сведения [9].

Информативно эти материалы были значительно разнообразней, чем данные губернаторских отчетов, и позволяют, например, проследить эволюцию структуры запашки в Шенкурском уезде на рубеже XIX-XX вв. Они свидетельствуют, что в среднем по периодам 1893-1915 гг. продуктовые культуры стабильно занимали не менее 95 % всей запашки Шенкурского уезда. В эти годы явно просматривается тенденция сокращения запашки овса, яровой пшеницы и технических культур. Доля картофеля в посевном клине, напротив, увеличивалась. Посевные площади основных зерновых ржи и ячменя - колебались, составляя, соответственно от 40,7 до 42,5 % и от 30,3 до 32,2 % всей запашки по Шенкурскому уезду. Отметим, что в уезде на рубеже XIX-XX вв. не было классического трехполья, при котором озимые, яровые и пар занимали примерно одинаковую площадь земли [9].

Материалы ЦСК позволяют охарактеризовать и ряд других важных сторон земледельческого производства в Шенкурском уезде. Так, они показывают, что в среднем по периодам за 1893-1915 гг. посевы ржи на 1 десятину запашки составляли от 1,13 до 1,18 четверти, ячменя – от 1,67 до 2,00 и овса - от 2,27 до 2,41 четверти. Такие колебания расходов семян свидетельствуют о неустойчивости зернового производства в уезде, прежде всего, в связи с суровыми природно-климатическими условиями. Об этом же говорят и колебания чистых сборов основных зерновых культур в указанные годы. И все же, население уезда получало довольно качественное зерно. Это доказывается тем, что вес четверти зерновых в среднем по периодам за 1893 -1915 гг. имел относительно небольшие отклонения. Он составлял: ржи – от 8,0 до 8,1 пуда, ячменя - от 6,8 до 7,0 и овса - от 5,3 до 5,6 пуда. Еще более устойчивым был вес четверти картофеля - от 8,5 до 8,6 пуда. Кроме того, его чистые сборы с 1 десятины пашни стабильно увеличивались с 34,5 четвертей до 45,7 т.е. для выращивания этой культуры условия в уезде были вполне благоприятными [9].

По мнению большинства историков, материалы ЦСК более объективно, чем губернаторские отчеты, отражали состояние посевов и урожаев хлебов. В этой связи материалы ЦСК важны не только для восполнения данных об урожаях хлебов за 1893-1915 гг., но и для уточнения уровня ошибочности сведений губернаторских отчетов. Соотношение данных о посевах и урожаях хлебов в Шенкурском уезде за 1894 –1903 гг. по двум названным комплексам источников приведено в табл. 1. Заметим, что расхождения основных показателей уровня земледелия, выведенных по Шенкурскому уезду за 1894 -1903 гг. на основе материалов ЦСК и губернаторских отчетов, не были очень большими. Среди зерновых они наиболее заметны по озимой ржи и ячменю. При этом посевы и валовые сборы последнего по материалам губернаторских отчетов были выше, чем по данным ЦСК (табл. 1).

Полученные в табл.1 цифровые соотношения показателей уровня земледелия принимаются в качестве коэффициентов поправки для данных губернаторских отчетов по соответствующим культурам и хлебам в целом. В этом случае сведения разнохарактерных источников (ЦСК и губернаторских отчетов) о посевах и урожаях хлебов будут переведены на единую основу.

Таблица 1

Соотношение основных показателей уровня земледелия по материалам ЦСК и губернаторских отчетов в Шенкурском уезде за 1894–1903 гг.\*

Показа- тели	Озимая рожь	Ячмень	Овес	Итого яровые	Всего зерно- вые	Карто- фель
Посев	1,092	0,926	1,063	1,010	1,034	1,188
Сбор	1,158	0,926	1,069	0,997	1,049	1,006
Урожай	1,060	0,996	1,005	0,987	1,015	0,847

\*Примечание. 1. Источники: РГИА. Ф. 1263. Оп. 1, 2. Д. 5006-5715 (Журнальные статьи «Архангельская губерния»); Урожай {1894-1903} года. СПб., {1895-1904}; 2. Данные ЦСК приняты за «1»; 3. Все исходные данные о посевах и валовых сборах хлебов определялись в четвертях, урожайность — в «самах».

Дальнейшая методика работы с «хлебной отчетностью» предполагает обобщение данных и их математическую обработку. В качестве примера изберем сведения о посевах и урожаях хлебов в целом по Шенкурскому уезду. Основные показатели уровня земледелия подсчитываются, когда это возможно, в среднем по десятилетним и более крупным хронологическим отрезкам. При этом показатели посевов и чистых сборов хлебов выводятся в четвертях на одного жителя уезда. Численность жителей определяется по данным IV-X ревизий, отчетам губернаторов и материалам ЦСК. В этом случае учитываются сведения Первой Всеобщей переписи населения 1897 г., а также вводится коэффициент поправки для данных ЦСК и губернаторских отчетов о численности населения.

Определение душевых посевов и чистых сборов хлебов более наглядно иллюстрирует эволюцию уровня земледелия, чем простая фиксация общих посевов и сборов зерновых. Так, данные табл. 2 показывают, что в конце XVIII - первой трети XIX в. посевы озимых в Шенкурском уезде были относительно стабильны и составляли в среднем по десятилетиям 0,14-0,15 четверти на душу. Душевые посевы яровых, напротив, начинали снижаться с 0,32 четверти в 1792-1799 гг. до 0,29 четверти в 1811-1820 и 1821-1830 гг. В удельной деревне, которая и определяла земледельческое производство в Шенкурском уезде, начинается «политика попечительства». В частности, в рамках этой политики удельным крестьянам существенно была ограничена возможность для занятий неземледельческими промыслами. С другой стороны, крестьян принуждали усиливать внимание к земледелию. В результате в 1841–1850 гг. посевы зерновых в Шенкурском уезде увеличились. Однако, как только в 50-х гг. XIX в. «политика попечительства» пошла на спад, сразу снизились и душевые посевы хлебов – до уровня первой трети столетия. В 1860-х гг. вновь наметился подъем посевов зерновых (табл. 2). На наш взгляд, связано это было с проведением реформы удельной деревни, в ходе которой крестьянам не на много, но увеличили пашенные наделы. В то же время произошла заметная отрезка сенокосных угодий, и крестьянам ограничили свободу лесопользования [10].

После реформы 1863 г. основная часть населения Шенкурского уезда вынуждена была расширять пашенное хозяйство. В 1871–1890 гг. посевы зерновых в уезде увеличились до 0,54 четверти. И далее начинают действовать два фактора. Вопервых, население исчерпало ресурсы свободных

пашенных угодий, во-вторых, в начале 90-х гг. XIX в. была построена железная дорога Москва—Вологда—Архангельск. Последнее обстоятельство обусловило то, что население Шенкурского уезда начинает довольно быстро увеличиваться, а с другой стороны — на Север стал поступать дешевый хлеб из других регионов России. Поэтому в 1901—1910 гг. посевы зерновых уменьшаются до 0,46 четверти на человека и в 1911—1915 гг. — уже до 0,40 четверти (табл. 2).

Урожайность зерновых в табл. 2 определяется в «самах», так было принято до начала XX в. Напомним, что источники позволяют подсчитать урожаи хлебов в расчете на единицу запашки только за 1893 –1915 гг. В рассматриваемые годы урожайность зерновых хлебов в Шенкурском уезде имела явную тенденцию к уменьшению (табл. 2). Если в среднем за 1801–1830 гг. она составляла по

Таблица 2 Показатели уровня производства зерновых в Шенкурском уезде Архангельской губернии в 1784–1915 гг.\*

Годы	Дан- ные, лет	Посев, четвертей на душу		Урожайность, «сам»		Чистый сбор, четвертей на душу			Обеспеченность, %				
		Озимые	Яровые	Итого	Озимые	Яровые	Итого	Озимые	Яровые	Итого	Озимые	Яровые	Итого
1784–1785	2	0,17	0,38	0,56	4,3	3,4	3,7	0,57	0,93	1,50	38,3	61,8	50,0
1792–1799	7	0,15	0,32	0,47	5,8	4,3	4,7	0,72	1,04	1,76	47,8	69,3	58,6
1801–1810	10	0,14	0,31	0,46	4,0	3,5	3,7	0,44	0,78	1,22	29,0	52,0	40,5
1811–1820	10	0,14	0,29	0,44	4,4	3,9	4,0	0,48	0,84	1,32	32,0	56,3	44,1
1821-1830	10	0,15	0,29	0,44	4,9	3,9	4,2	0,59	0,84	1,43	39,3	55,9	47,6
1801-1830	30	0,15	0,30	0,44	4,5	3,8	4,0	0,50	0,82	1,32	33,6	54,8	44,2
1831–1840	10	0,16	0,29	0,44	3,8	3,1	3,3	0,44	0,60	1,04	29,5	39,8	34,7
1841–1850	10	0,18	0,33	0,51	4,2	3,9	4,0	0,58	0,97	1,55	38,3	64,8	51,6
1851–1860	10	0,17	0,28	0,45	4,5	3,3	3,7	0,59	0,64	1,23	39,2	42,7	40,9
1831-1860	30	0,17	0,30	0,47	4,2	3,5	3,7	0,54	0,74	1,27	35,8	49,0	42,4
1861–1870	10	0,17	0,31	0,48	3,9	3,0	3,3	0,49	0,63	1,11	32,3	41,8	37,1
1841-1870	30	0,17	0,31	0,48	4,2	3,4	3,7	0,55	0,74	1,29	36,5	49,2	42,9
1871–1880	10	0,17	0,37	0,54	4,0	3,3	3,6	0,52	0,86	1,38	34,8	57,4	46,1
1881–1890	10	0,18	0,36	0,54	4,5	3,6	3,9	0,63	0,93	1,56	42,0	62,0	52,0
1891–1900	10	0,16	0,36	0,52	4,3	3,4	3,7	0,54	0,85	1,39	35,9	56,6	46,3
1871-1900	30	0,17	0,36	0,53	4,3	3,4	3,7	0,56	0,88	1,44	37,6	58,6	48,1
1901–1910	10	0,13	0,32	0,46	3,9	3,3	3,5	0,37	0,74	1,12	25,7	49,1	37,4
1911–1915	5	0,13	0,28	0,40	4,5	3,5	3,8	0,44	0,69	1,13	29,1	46,1	37,6
1901–1915	15	0,13	0,31	0,44	4,1	3,4	3,6	0,40	0,72	1,12	26,9	48,0	37,5

\*Примечание. 1. Источники: ГААО. Ф. 1. Оп. 1. Т. 6. Д. 10963, 11362, 11962, 12304; Оп. 2. Т. 1, Д. 27, 290, 573, 649, 758, 819, 896; Оп. 3. Д. 110, 203, 277, 279, 401, 741, 1110, 1442; Оп. 4. Т. 5а. Д. 109, 123, 139, 157, 203, 204; Оп. 8. Т. 2. Д. 61, 64, 310; Оп. 9. Д. 271; Оп. 11. Д. 367, 410; Ф. 2. Оп. 1. Д. 1200, 2053; Оп. 2. Д. 43; Ф. 4. Оп. 7. Д. 56; Оп. 9. Д. 19, 33, 52, 66, 81, 88; Ф. 6. Оп. 2. Д. 6, 7; Оп. 3. Т. 1. Д. 1–4; Ф. 53. Оп. 1. Т. 1, Д. 707, 797; Оп. 1. Т. 2. Д. 35, 62, 113, 172, 184, 202, 214, 228, 245, 259, 273, 288, 310, 327, 334, 342, 350, 355, 360, 368, 384, 402, 402в, 5776, 629, 690; РГАДА. Ф. 1239. Оп. 3. Ч. 111. Д. 59129, 59243; РГИА. Ф. 515. Оп. 1. Д. 39–70; Оп. 5. Д. 83–84; Оп. 10. Д. 55–113; Оп. 12. Д. 415–2074; Оп. 15. Д. 616–2287; Оп. 16. Д. 9, 12; Ф. 1263. Оп. 1–2. Д. 1254–5749 (Журнальные статьи «Архангельская губерния»); Ф. 1276. Оп. 17. Д. 16 (Журнальная статья 2); Ф. 1281. Оп. 1. Д. 1–3; Оп. 11. Д. 5; Урожай {1901–1915} года. СПб., {1902–1916}; 2. Нет сведений за 1797 г.; 3. Показатели обеспеченности в % при одинаковых показателях душевых чистых сборов могут не совпадать в связи с сокращениями чисел до десятых и сотых долей.

всем зерновым «сам 4,0», то за 1831–1860 гг. – «сам 3,7» и за 1901–1915 гг. – «сам 3,6». В рамках этих крупных хронологических периодов урожайность озимых и яровых в Шенкурском уезде изменялась, иногда довольно заметно. Средние показатели урожаев озимых в уезде всегда были выше показателей урожаев яровых (табл. 2). Отметим, что явного и однозначного влияния «политики попечительства», реформы 1863 г. и других явлений общероссийского характера на изменение урожайности зерновых в Шенкурском уезде не прослеживается.

По тому же принципу, как душевые посевы, выведены и показатели душевых чистых сборов хлебов в Шенкурском уезде (табл. 2). Они в течение XIX в. в отношении озимых имели тенденцию к увеличению. Сборы яровых были неустойчивыми, но в последней трети XIX в., составляя 0,88 четверти на человека, превышали показатели средних сборов за первую и вторую треть столетия (0,74—0,82 четверти на душу). В начале XX в. чистые сборы хлебов в уезде сократились, особенно заметно по озимым (табл. 2).

В соответствии с изменениями душевых чистых сборов хлебов изменились и показатели обеспеченности населения Шенкурского уезда своими хлебами. Данный показатель, на наш взгляд, является наиболее важным при характеристике уровня земледелия. Он выводится в процентах от соотношения чистых среднедушевых сборов к минимальной душевой норме хлебов. Эта норма определена нами в 3 четверти хлебов на человека в год. Она включает в себя 1,5 четверти озимых и столько же яровых. Среди последних условно учитывается минимальная потребность в 0,75 четверти овса и такое же количество других яровых. В минимальную душевую норму входит зерно (2,5 четверти), необходимое для пропитания собственно человека и фуражное зерно (примерно 0,5 четверти), предназначенное для содержания рабочего скота [7, с. 39–40].

Возвращаясь к материалам табл. 2, отметим, что в конце XVIII— начале XX в. население Шенкурского уезда лучше обеспечивалось своими яровыми хлебами по сравнению с озимыми. В целом жители уезда нечасто обеспечивались своими хлебами наполовину. Недостаток зерна восполнялся за счет привозного хлеба.

Таким образом, источники о посевах и урожаях хлебов с высокой степенью объективности позволяют охарактеризовать уровень земледелия в Шенкурском уезде на протяжении более чем столетнего периода. Этот анализ может быть существенно обогащен характеристикой уровня земледелия в удельной деревне уезда за 1800—1868 гг. и за многие годы — по экономической и государственной деревне, г. Шенкурск, отдельным волостям и селениям. При рассмотрении показателей уровня земледелия, например, по отдельным волостям уезда выясняется несколько важных моментов. Во-первых, в ряде волостей не выращивали овес, и в них за некоторые

годы существовал избыток ячменя. В других волостях наблюдалась противоположная ситуация, при избытке своего овса население ощущало дефицит ячменя. Во-вторых, основные показатели уровня земледелия по волостям очень существенно варьировались.

Рассмотрение основных проблем земледельческого производства в Шенкурском уезде можно значительно расширить за счет анализа уровня картофелеводства и характеристики выращивания отдельных зерновых и технических культур (льна и конопли).

И, наконец, предложенная в статье методика выявления уровня земледелия успешно апробирована в соответствующих разделах обобщающего труда по истории Республики Коми [11].

#### Литература

- 1. *Ковальченко И.Д.* Динамика уровня земледельческого производства в России в первой половине XIX в. // История СССР. 1959. № 1. С. 53–86.
- 2. *Нифонтов А.С.* Зерновое производство в России во второй половине XIX в. М.: Наука, 1978. 318 с.
- 3. *История* северного крестьянства. В 2-х т. Т. 2. Архангельск: Северо-Западное кн. изд-во, 1985. 383 с.
- 4. *Островский А.В.* Сельское хозяйство Европейского Севера России 1861–1914 гг. СПб.: Нестор, 1998. 355 с.
- 5. Котов П.П. Роль законодательных актов Российской империи в изучении результативности земледелия XVIII XIX вв. // История государства и права. 2010. № 22. С. 12-14.
- Полное собрание законов Российской империи. Собрание Первое (ПСЗ РИ 1). СПб., 1830. Т. 1 – 45.
- 7. *Котов П.П*. Динамика уровня земледелия в Коми крае в конце XVIII-начале XX вв. Сыктывкар: Сыктывкарский ун-т, 1996.
- 8. Котов П.П. Материалы об общественной запашке удельных крестьян Европейского Севера России как исторический источник // Петербург и Россия. СПб.: Петровский фонд, 1997. С. 453 457.
- 9. Урожай (1893–1915) года. СПб., (1894–1916).
- 10. Котов П.П. К вопросу о реформе 1863 г. на Севере // Изучение аграрной истории Европейского Севера СССР на современном этапе. Сыктывкар, 1989. С. 78-83. (Коми НЦ УрО АН СССР).
- 11. История коми с древнейших времен до современности. В 2 т. 2-е изд., испр. и доп. Сыктывкар: Анбур, 2011. Т. 1. С. 303 310, 402 407; Т. 2. С. 66 79.

Статья поступила в редакцию 28.09.2011.

УДК 398 (=945.32)

#### ОБРАЗ МОРОЗА В КАЛЕНДАРНОЙ МИФОЛОГИИ КОМИ-ЗЫРЯН

#### А.В. ПАНЮКОВ

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

apankomisc@mail.ru

В статье анализируются коми традиционные представления о морозе, имеющие ряд микролокальных отличий. Опираясь на этнографический контекст, лингвистические и фольклорные данные, автор демонстрирует взаимосвязь этого образа с мифологическими представлениями о святочных духах.

Ключевые слова: традиционная культура, коми фольклор, образ мороза, святочные духи

### A.V. PANYUKOV. THE IMAGE OF FROST IN CALENDAR MYTHOLOGY OF THE KOMI-ZYRYANS

Komi traditional ideas on frost, having a number of microlocal versions are analyzed. Basing on ethnographic context, linguistic and folklore data of this local tradition, the author demonstrates the relationship of this image with the mythological views of Christmastide spirits.

Key words: traditional culture, Komi folklore, image of frost, Christmastide spirits

В силу целого ряда культурно-исторических, хозяйственно-бытовых, природно-климатических условий календарная обрядность коми, православная в своей основе, и на сегодняшний день представляется в виде определенного аналога русской календарной традиции. Это же можно сказать и о святочной обрядности и о зимнем периоде. На этом фоне было бы вполне логично для северной культуры обнаружить какие-то отголоски ритуального кормления Мороза в святки или на Великий четверг, известного русским, или фольклорных представлений о деде Морозе, однако ничего такого у коми не фиксировалось. Вместо этого мы имеем уникальный, но «узкоспециализированный» мифологический образ трескучего мороза, с которым связан широкий ряд микролокальных демонимов: пашляк 'потрескивание в стене во время мороза' (этимологически затемненное слово), сьлепой Паш букв. 'слепой Паша' (вероятно, реэтимологизация предыдущего демонима пашляк, актуализирующая мотив «стрельбы вслепую»), öжын (возможно, по акустической ассоциации с *öжын* 'долото', *öжынасьны* 'долбить'), *ошым* (возможно, связано с древнекоми названием декабря *ошым*, которое, в свою очередь, соотносят с *ошым* 'прорубь'), шоштак [1] (возможно звукоподраж.: шаштыны, шаштысьны 'расколоться'), коч-вола 'некто на запряженном зайце', коч вола баба букв. 'женщина на лошади-зайце', кодзыд баба 'морозная женщина'. Соответственно, когда от мороза трескаются бревна, говорят: пашляк лыйсьо букв. 'пашляк стреляет', *ожын ліас*, *ошым ліас*, *ошым шучкас 'ошым* выстрелит, ударит, стукнет', шоштак школотчо букв. 'шоштак бухает, гулко

стучит, стреляет', кодзыд баба шваччодло букв. 'морозная женщина стучит', коч вола баба чужъясе букв. 'женщина на лошади-зайце пинается (в стены)', коч-вола шердын додьнас стенмас инмало 'запряженный заяц задевает об стены санямилотком'. Из всего списка только последний образ имеет более развернутое объяснение: «Гым!» стенад мыйкекерэ, товнад особенно, кыдзикон гымало мыйкокеро. «Тая коч волаыс по, аддзан, ветлодло, зэв одйо пышйало да кыдзикон гымало мыйкöкерö». Кутшöм нö мися, бабö, кöч вöлаыс? – «Сылон по шердын по зэв кокнид, и кочыс по сія пышйало, стенас по сія вартас, ся зэв одйо мунас да бара вартас!». Баб вöлы висьталö меным «кöч вöлас», а ме нач вöлы верита, мый правда шердын вылын коч волаыс ветлодло. Кочыс сія лоо вов, а шердін дзоляндзи, зэв кокнид, а коді сэн пукало? Коч волаыс по стенад вартало. А сійа кодзыд да трещито керйис»[2] (Громыхнет в стену, зимой особенно, как будто гром гремит: «Это на запряженном зайце, слышишь, быстро ездит, и как будто гром гремит (задевает стены)». А какой он на зайцелошади? - «Вместо саней берестяной лоток, очень легкий, и заяц этот быстро бегает, ударит, дальше побежит и опять ударит (об стену)!». Бабушка говорила мне про «упряжку с зайцем», а я вправду верила, что на лотке, запряженном зайцем, ездит кто-то. Заяц – это лошадь, лоток – сани, а кто там сидит? На зайце-лошади кто-то в стены бьет. А это морозно, и бревна трещат).

Образ зайца-лошади кажется вполне подходящим для «морозной упряжки», учитывая его белый цвет, быстроту, да и популярность зайца в детском фольклоре коми. В контексте мифологемы «дикой езды» значим и амбивалентный характер этого образа в мифологических представлениях коми [3], что находит отражение и в языке (кöч 'солнечный зайчик' и 'промерзшее, заиндевевшее место на стене', кöчавны 'дурачиться; кидаться, бросаться, метаться туда-сюда', кöчмыны 'одуреть' – букв. 'вести себя как заяц' и т.п. [4]. Применительно к коми языку стоит отметить еще и звукосмысловую ассоциацию кöч 'заяц' — кöдзыд 'мороз'.

Из приведенного списка наименований наиболее «темным» по происхождению является демоним пашляк. Фиксируемый синонимический ряд образов позволяет говорить о возможной звукосимволической семантике этого термина, тем более что «стреляющий» образ связан с акустическим кодом: па звукоизобр. 'расщелиться с призвуком'; па полян 'дудка па' – представляет собой дудку с продольной прорезью-щелью, которая при сильном вдувании раздвигается и звучит (подобный инструмент имеется у эстонцев – руккирээк)[5]; пашодны диал. 'дать по уху' [6]; в демонологическом контексте стоит подумать над пашмыны 'захиреть, зачахнуть, выродиться' [7]. В параллель к морфологическому облику слова: ляк 'недоразвитый, низкорослый, мелкий', ляк бадь 'вид низкорослой ивы', нин ляк 'лыко липовой поросли', пыш ляк 'самый низкий сорт конопли, который обычно остается на поле [8]', пышляк роч 'ненастоящий русский (о коми, говорящем на искаженном русском языке)' [об этом: 9]. В нашем распоряжении нет зафиксированных представлений об облике пашляка, но, вероятно, этот семантический ряд ассоциативно может быть связан и с ним (антропоморфный персонаж маленького роста). Проблематично выводить коми пашляк из севернорус. плящий 'очень сильный, жгучий, палящий (о действии огня, холода)', (плящий мороз, плящие холода); с таким же успехом можно сближать с рус. пощелять: мороз все стены пощелял (гипотетически допустимый вариант типа пощеляк 'делающий щели'; ср.: *пощелейница* ж. костр. 'метель, вьюга, забивающая снег во все щели' [10]; здесь же еще раз можно обратить внимание на па звукоизобр. 'расщелиться с призвуком'), или даже с паронимичным рус. пошляк, исходя из достаточно позднего времени фиксации этого демонима. Так, нами зафиксировано прозвище Пашляк Ирина, которое было дано бойкой, громкоголосой женщине маленького роста (жившей в первой половине XX в.), и сложно сказать однозначно, какие из вышеприведенных ассоциаций здесь задействованы (низкорослость, «громоголосость» или же не характерная для традиции пошлость). В целом, этимология слова пашляк остается пока невыясненной.

Образ морозной женщины в санях-лотке выводит нас к еще одному «трескучему» образу – к образу печи. Здесь возникают вполне прозрачные смысловые пересечения: «печь стреляет, трещит – к морозу» – «мороз трещит, стреляет – к скорому потеплению»; демоним шоштак явно сближается с паронимичными шоштэг, шоштог, шошток, шешток < 'шесток (печи)'; те же приметы со «стреляющей печью»: «головня на шесток – нечаянный

гость». Кроме того, в коми фольклоре с печью связаны соотносимые с представлениями о «морозной упряжке» «санные» сюжеты. Например, в одной из приговорок на растопку печи, когда-то, вероятно, выполнявших магическую функцию:

Пачö, пачö, яр, яр, Печка, печка, ярче разго-

райся,

Уль пу доддя муно, Сани с сырыми дровами

отъезжают,

Кос пу доддя локто! Сани с сухими дровами

прибывают!

Гыр по и волыс, Шердын по и доддьыс, Пач кымос мегырыс, Идзас сийосыс, Сюмод шлияыс, Тоин плетьыс, Пу акань гостяыс. Ступа – лошадь, Лоток – сани, Чело печи – дуга, Хомут из соломы, Шлея из бересты, Пест – погоняло, Деревянная куколка –

гостья [11].

Эта фольклорная параллель естественным образом актуализирует «огненную» семантику мороза: рус. жгучий, палящий, каленый – коми би мороз 'огненный, жгучий мороз', тшын кодзыд 'очень холодно' букв. 'в дым холодно'. Далее, демонологическая семантика стреляющего мороза может быть соотнесена с другими акустическими мифологемами треска, а вместе с ними и с другими мифологическими персонажами. Например: кодко ко зымнитас керкаад – выль кулысь водзын 'если ктото стукнет в избе – перед чьей-то смертью'; матич мутшкакыло – нывбаба юр быром водзын 'матица трещит – к смерти хозяйки'; керкаын мутшкакыло – кодко куло 'если в избе трещит – кто-то умрет'; орт оло, мутшкакыло – выль кулысь лоо 'домовой беспокойно живет, скрипит, трещит – будет покойник'; шуля пу ен улын – кöзяин висьны пондас, а паччöр пельосын – козяйка висьны пондас 'если расщепится бревно в переднем углу – хозяин будет болеть, а в углу около печки – хозяйка' [12].

Даже исходя из приведенных выше сведений, мы можем уверенно сказать, что перед нами семантически «сильная» микротема, которая не могла остаться незамеченной традицией. Соответственно, именно этот акустический мотив мог стать центральным в мифопоэтических представлениях о морозе. Мы имеем дело с двумя параллельными мифологемами «стрельбы» и «дикой езды», которые, в свою очередь, связаны с параллельными мужскими и женскими персонажами, однако сказать однозначно, что бытующие микролокальные вариации восходят к общему, инвариантному образу мороза, мы сейчас не в состоянии. Но самое интересное то, что, вопреки логике, такого мифологического персонажа нет у самых северных коми - у комиижемцев. Этот факт заставляет еще раз внимательнее присмотреться к календарным представлениям коми и, прежде всего, к святочному циклу.

Насколько позволяют судить имеющиеся на сегодняшний день исследования, святочный обрядовый комплекс представляет собой общую многих этнокультурных традиций последовательность символических моделей поведения, и на уровне общекультурных обобщений коми и русская традиции

достаточно схожи. При этом главным отличием коми представлений о святочном цикле является, опять же, ее микролокальная вариативность. Об этом говорит и широкий ряд терминов, обозначающих этот персонаж (более двух десятков наименований), каждый из которых актуализирует разные стороны общих представлений о святочных духах [13].

Святочный период традиционно связывается с наступлением самых морозных дней в году, поэтому выражения вежа кодзыд, вежа мороз 'святочные морозы' проявляют определенную синонимичность с идиомой веж мороз 'сильный, трескучий мороз' букв. 'злой, гневный мороз', что актуализирует этимологические истоки понятия вежа 'святой': веж 'зависть, страстное желание, ненависть, злоба, гнев' > вежа 'запретный, греховный' > 'священный, святой' [14]. В таком ключе святочные духи в образе ледяных человечков – куття войса (< рус. кутья 'сочельник' букв. 'появляющиеся в ночь на (Рождественский) сочельник') неотделимы от обозначений сосульки йи куть, йи кутюк, что позволяет говорить и о другой, вполне исконной, «морозной» этимологии демонима куття. Однако наиболее четко связь морозов со святками отражена именно у коми-ижемцев, самых северных коми. Здесь само появление святочных духов – шы пуляков, их активизация соотносятся с наступлением морозов: «Вежа пораас шы пулякэн чуйдалісні. Шы пулякъяс войлэны, посниэсь, гонаэсь, еджыдэсь. Одьде войлэні, мортысь поснид, лилипут кодесь, висьталэны. Котралэны по, кор зэй кодзыд, войлэны. Вежа дырйиыс должен пыр кöдзыд лоны. Трещенье – празник тай выйим, самэй кодзидъясыс. Трещенье сэк трещитэ» (В святки пугали «шы пуляками». «Шы пуляки» бегают, маленькие, мохнатые, белые человечки. Быстро бегают, поменьше человека, как лилипуты, говорят. Бегают, когда очень холодно. В святки всегда должно быть морозно. Трещенье праздник такой ведь есть, самые морозы. Трещенье – тогда трещит) [15]. В современных полевых записях, сделанных от ижемцев-оленеводов, проявлению святочных духов может приписываться и сам морозный треск: «Пуясыс кучасны трещитны, асьным шуам: «Шы пулякъяс бара войлалэны» (Деревья станут трещать (от мороза), сами и говорим, что «шы пуляки» снова бегают) [16]; несколько более размыто: «С Рождества до Крещенья век тай кöдзыд овлö, керка пелесын тратшкисяс: «Лёкъяс по ветлалоныс». – дедэ висьтавліс» (С Рождества до Крещенья морозно бывает, в углу избы затрещит: «Это нечистые ходят», – дед нам говорил) [17].

Связь демонима *шы/ши пуля(к)* с темой мороза непосредственно отражена в арготическом слове *шинпуля '*мороз', вошедшем в язык шерстобитов наряду с другими коми словами (*зеп 'карман', нянь 'хлеб', кокур '*два, две копейки' < *кык ур '*две копейки' и др.) [18]. На этом фоне возникающая паронимическая близость слов-демонимов *пашляк* и *шипуляк* уже не кажется случайной, как и то, что в ижемской традиции нет отдельного образа мороза.

Далее тема стука может быть развернута и в других планах. Прежде всего, это святочные запреты на шумное поведение вообще: нельзя делать

громкую работу, возится с железными предметами и т.д. - в целом, «усиленный» вариант традиционных праздничных запретов. Здесь важно то, что среди общераспространенных запретов на шум достаточно четко выделяются запреты, связанные со стуком и треском, а если более узко - определенного рода «деревянным» шумом: нельзя колоть дрова и заносить их в вечернее время (чтобы не стучать поленьями), нельзя стучать веретеном, щепать и ломать лучину. Чтобы показать, что эти, казалось бы, совершенно обычные запреты, могут иметь другое символическое наполнение, приведем мотивировку, записанную нами в той же ижемской традиции: «Вежа пора оз позь жель юкавны. «Эн жельсо юкало, вежа пора да, жель юкалан да ся чеглалан, да вежа пуляк ловзе». Ме ог тод, мый сыа вежа пулякыс. Чегъялан кö пö, вежа пулякыс ловзяс» (В святки нельзя лучины делать. Говорят: «Не лучите лучину, налучишь, потом наломаешь, и «вежа пуляк» оживает (просыпается)». Не знаю, что это - «вежа пуляк». Наломаешь если лучин, говорят, «вежа пуляк» оживет, проснется) [19].

С другой стороны, именно «деревянный» стук интерпретируется как вызов, как некий язык вхождения в контакт с самими святочными духами: Прядешь и веретено роняешь об пол. Говорили: «Куття двери откроют, подбросят железное веретено: «На — пряди!». Вечером, после восьми гдето. Бросали кому-то, если веретеном стучишь, шумишь [20]. Наложение звуковых мотивов «стук и треск, издаваемый деревом, связаны с появлением святочных духов» и «стук и треск, издаваемый деревом, связаны с проявлением мороза» позволяет говорить еще об одном канале сближения этих образов.

Далее отметим, что коннотация «трескучий, стреляющий» придается и заимствованному слову мороз: «Кор тай штенад кöдзид дырйи колгиштас, сэк шуэні колгиштэмсэ морозэн» (Когда в холода в стены как будто стукнет, этот стук называют «мороз») [21]. Мотивировка «заморозит» подходит и для такой святочной приметы: Вежа дырйи ке таркедчан, сэки нянид омеля воас Если в святки постучишь, то хлеб плохой уродится' [22]; в противовес метеорологической примете: Швачкакылан кöдзыд ко лоло товнас – бур, урожая во лоо ' Трескучий мороз зимой – к хорошему, урожайному году' [23]. В контекст календарных представлений (Пашляк лыйсью – дженьыда кодзыдалас 'Мороз трещит – недолго холодно будет') [24] может быть введен и другой магический текст, разыгрывающий связь стука и мороза: «Кор кöдздэдас да кык водча чер тыш поттэдзис нойтан, сэки шондэдас» (Когда похолодает, и два топора обухами будешь бить до того, что они лопнут, тогда потеплеет) [25].

Таким образом, перед нами, казалось бы, совершенно традиционный набор святочных мотивов и представлений, но все они начинают выступать в абсолютно ином качестве, наполняются новым смыслом: святки становятся метонимическим обозначением святочных морозов, активизация святочных духов — активизацией мороза, «деревянный шум» метонимией «трескучего мороза», треск расщепляемых и ломаемых лучин — метонимией ожи-

вающего демона; точно также арготическое шинпуля становится метонимическим обозначением мороза. Все это позволяет сказать, что появление мифологического образа трескучего мороза было подготовлено широким спектром языковых и фольклорных «заготовок», которые «сработали» в определенных условиях. Ключевой среди этих условий, вероятно, стала высокая степень нестабильности коми фольклорной традиции, вариативная неустойчивость микролокальных календарных представлений. Для сравнения, в той же северно-русской культуре можно отыскать немало ярких параллелей к образу трескучего мороза (например, «Трещит Варюха: береги нос да ухо» (О Варварином дне – 17 декабря), «Трещи не трещи, а прошли водокрещи» (О Крещении), или загадка о морозе: «За нашим амбаром стоит дед с барабаном»), но поскольку фольклорная традиция (данный участок традиции) находилась в устойчивом состоянии, в ней не произошло качественных изменений.

#### Литература

- 1. Сравнительный словарь коми-зырянских диалектов / Сост. Т.И. Жилина, М.А. Сахарова, В.А. Сорвачева. Сыктывкар, 1961. С.278.
- Фольклорный фон∂ Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН: В0909-41с. Село Вымь Усть-Вымского р-на РК (далее ФФ ИЯЛИ).
- 3. Конаков Н.Д., Уляшев О.И. Кöч // Мифология коми. Энциклопедия уральских мифологий. М., 1999. Т.І. С.209.
- 4. Сравнительный словарь коми-зырянских диалектов. С.174.
- 5. *Чисталев П.И*. Коми народные музыкальные инструменты. Сыктывкар, 1984. С.42–43.
- 6. Сравнительный словарь коми-зырянских диалектов. C.278.
- 7. Там же. С.277.
- 8. Там же. С.213.

- 9. Панюков А.В. Роч 'русский' в коми традиционной картине мира // Локальные традиции в народной культуре Севера: Материалы научной конференции «Рябининские чтения-2003. Сб. науч. докладов. Петрозаводск, 2003. С. 216–219.
- Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка. В 4-х т. М., 1989. Т. 3. С.375.
- 11. Челядь сыыланкывтяс да мойдкывтяс (Детские песни и сказки) / Сост. Ю.Г. Рочев. Учебное издание. На коми языке. Сыктывкар, 1994. С.33.
- 12. *Коми народные приметы* / Сост. В.М. Кудряшева. Сыктывкар, 1993. С.141−142.
- Конаков Н.Д. Мифология коми. Энциклопедия уральских мифологий. М., 1999. Т.І. С.219–220.
- 14. *Лыткин В.И., Гуляев Е.С.* Краткий этимологический словарь коми языка. Сыктывкар, 1999. С. 50.
- 15. *ФФ ИЯЛИ* В0318-48. Село Кипиево Ижемского р-на РК.
- 16.  $\Phi\Phi$  ИЯЛИ В2015-16. Село Красное Нарьян-Марского р-на Ненецкого автономного округа
- 17. *ФФ ИЯЛИ* В2009-14. Город Нарьян-Мар Ненецкого автономного округа.
- 18. *Бондалетов В.Д.* В.И. Даль и тайные языки в России. М.: Флинта: Наука, 2004. С.134.
- 19. *ФФ ИЯЛИ* A0305-6. Деревня Варыш Ижемского р-на РК.
- 20. Традиционная культура коми: этнография детства / Сост. А.В. Панюков, Г.С. Савельева. Сыктывкар, 1999. С.70 (с.Большелуг Корткеросского р-на РК).
- Syrjanische Texte. Gesamelt von T. E. Uotila / P. Kokkonen. Helsinki, 2006. Bd.5. S.410.
- 22. Syrjanische Texte. S.428.
- 23. Коми народные приметы. С.29.
- 24. Коми народные приметы. С.29.
- 25. Syrjanische Texte. S.404.

Статья поступила в редакцию 31.10.2011.

#### ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 502.171:113 (470.1/2)

ИДЕИ М.В. ЛОМОНОСОВА И Н.Ф. ФЕДОРОВА О ФОРМИРОВАНИИ СЕВЕРО-СИБИРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО КОЛЬЦА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЕВРОАЗИАТСКОЙ СОЦИОДИНАМИКЕ И ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Н.Д. ЦХАДАЯ, И.Н. АНДРОНОВ, И.Е. ЗАДОРОЖНЮК

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта <u>iandronov@ugtu.net</u>, <u>zador46@yandex.ru</u>

Сегодня Север России выступает местом встречи цивилизаций Востока и Запада, что предвидели отечественные мыслители М.В. Ломоносов и Н.Ф. Федоров. С опорой на их идеи и с учетом тенденций технологического развития определяются контуры и функции двусоставного транспортного кольца России: Транссибирской магистрали и Северного морского пути в плане не только прокладывания оптимальных торговых путей, но и научно обоснованного освоения естественных богатств Севера.

Ключевые слова: регионы Севера, новые технологии, здоровьесбережение, природная среда, Северный морской путь, Транссибирская магистраль

N.D. TSKHADAYA, I.N. ANDRONOV, I.E. ZADOROZHNYUK. IDEAS OF M.V.LOMONOSOV AND N.F.FEDOROV ON FORMATION OF THE NORTH SIBERIAN TRANSPORT RING WITH REFERENCE TO THE EUROASIAN SOCIO-DYNAMICS AND HIGHER EDUCATION

Today the North of Russia is a place where the civilizations of the East and the West meet and domestic thinkers M. V. Lomonosov and N.F. Fedorov expected that. Relying on their ideas and taking into account the tendencies of technological development we can define the contours and functions of the two-staged transport ring of Russia: the Trans-Siberian Railway and Northern seaway considering not only laying the optimum trading ways but also the scientifically proved development of the North natural resources.

Key words: the North regions, new technologies, health care, environment, Northern seaway, the Trans-Siberian Railway

Многие природные и социальные процессы XXI в. можно интерпретировать как свидетельство того, что Север в целом (циркумполярная зона) и Север России в особой степени становятся местом встречи цивилизаций по самым различным векторам и параметрам. Северный морской путь (протяженностью 4 630 км) при этом демонстрирует тенденцию превращения в транспортную артерию, способную дать новые импульсы единению человечества. Одно из основных препятствий для ее полноценного функционирования - арктические льды – преодолевается со все большей эффективностью, причем не столько вследствие глобального потепления (оно может и прекратиться), сколько в связи с появлением новых технологий подвижки в судостроении обусловлены в первую очередь развитием новых материалов). Об этом в частности шла речь на состоявшемся 22-23 сентября 2011 г. в Архангельске Втором Международном форуме «Артика - территория диалога», где

академик Н.П.Лаверов отмечал, что площадь ледяного покрова в Северном Ледовитом океане составляет менее 4,2 млн. кв. км, и что за последние 30 лет она уменьшилась в два раза. Другие участники Форума подчеркнули, что время следования эталонным маршрутом Роттердам-Иокагама сокращается при северном варианте по сравнению с доминирующим ныне южным с 33 до 20 суток, экономия топлива составляет 800 т в расчете на среднестатистическое судно, а рентабельность Севморпути достижима при прохождении грузов в 30 млн. т в год [1].

В этих условиях возрастает спрос на новые технологические разработки, осуществляемые по многим направлениям учеными Ухтинского государственного технического университета (УГТУ), который является форпостом нефтегазового образования на Севере России и в рамках которого развиваются мощные научные школы. Не меньшую роль играют осуществляемые учеными УГТУ и гу-

манитарные исследования [2–5], а также работы Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра УрО РАН [6].

Общецивилизационное значение начало осознаваться в русской научной мысли еще в середине XVIII в. и обогатилось новыми истолкованиями в конце XIX в. Это связано с именами выдающихся отечественных мыслителей - М.В. Ломоносова [7] и Н.Ф. Федорова [8]. Со второй трети XX в. началось интенсивное практическое освоение Северного морского пути. Однако его результаты и перспективы столь мощному осмыслению пока не подвергались. Достаточно хотя бы познакомиться с трудами М.В. Ломоносова в области естествознания, социальных наук и художественного творчества, чтобы убедиться в том, что ключевые идеи как бы просвечивают во всем «корпусе» его произведений. При этом физико-химические, метериаловедческие, астрономические, климатические знания имеют большую ориентированность на решение проблем Севера. Социальная значимость работ ученого во многом исходит из тезиса, в соответствии с которым могущество России будет прирастать Сибирью. Он явился первым мыслителем, обосновавшим общецивилизационную значимость Северного морского пути, включая возможный проход Сибирским океаном в Восточную Индию. Мореплаватель В.Я. Чичагов в 1764 г. предпринял попытку в осуществление проекта М.В.Ломоносова пройти через Северный Ледовитый океан, но, встретив тяжелые льды, вернулся в Архангельск. Неудачной была и его попытка 1766 г.

В 115 параграфе своей работы М.В.Ломоносов пишет: «Когда по щедрому божескому промыслу и по счастию всемилостивейшия самодержцы нашея желаемый путь по Северному океану на восток откроется, тогда свободно будет укрепить и распространить российское могущество на востоке, совокупляя с морским ходом сухой путь по Сибире на берега Тихого океана». В дальнейших параграфах выгоды от освоения территорий и разработки ресурсов, в том числе и полезных ископаемых, характеризуются подробнее. В Заключении М.В.Ломоносов описывает препятствия к возможному освоению: «...неудачные предприятия произошли: 1) от неясного понятия предприемлемого дела, что не имели не токмо наши, но и англичане и голландцы довольного знания натуры, ниже ясного воображения предлежащей дороги; 2) что приуготовления были беспорядочны, следовательно, и сами предприятия неудачны и бедственны; 3) особливо же представим о наших прежних предприятиях, что промышленники ходили порознь, одинакие, не думали про многолюдные компании, без которых всякие предприятия слабы» [7, С. 388, 390]. Относительно последнего можно сказать, что освоение Севера М.В.Ломоносов связывает с освоением социальных технологий, делая акцент на мобилизацию массовых ресурсов как государственных, так и частных. Упомянутое произведение, равно как и ряд других работ, фактически создали научно обоснованную базу для освоения Северного морского пути. Если бы вслед за этим последовали и соответствующие мероприятия, он был бы проложен куда раньше. Но дальнейшие экспедиции более чем на столетие были свернуты, хотя западная и восточная части этого пути все же продолжали активно осваиваться, а на Аляске и в других частях Северной Америки появились постоянные русские поселения.

Фактически завет М.В. Ломоносова – прилагать совокупные усилия к столь социально значимому делу с использованием всех ресурсов на основе синергетики – лишь предстоит осуществить. О том, что это дело общечеловеческого масштаба, требующее нового качества отношений между народами и людьми, почти полтора столетия спустя начал писать другой русский мыслитель Н. Ф. Федоров [8]. В его время развитие производительных сил придало новое качество Северному морскому пути, который предстал как полукольцо, дополняемое железной дорогой от Владивостока до Мурманска. Вскоре после начала строительства Транссибирской магистрали весной 1894 г. Н.Ф.Федоров пишет: «С постройкой Сибирской железной дороги полагается начало не только соединения западных и восточных берегов Российской империи, европейской и западной частей ее, но и северных и южных окраин, ибо исследуется Карское море, устье Оби и Енисея, а в Алтайских и Саянских горах возникает, кроме Уральских, металлургическая деятельность. Эта великая дорога представляет завершение Русской земли, составляющее лишь начало собирания всей земли». Столь широкую трактовку функций данной дороги - масштабного российского проекта, который в XX в. можно сравнить лишь с освоением космоса – не давал никто. В полной мере не повторял ее и сам Н.Ф.Федоров в более поздних своих трудах.

Ключевая идея его статьи — связь двух портов на крайнем востоке и крайнем Севере России. Связывающие их северные ответвления Транссибирской магистрали предполагают возможность нескольких выходов на побережье Ледовитого океана (упоминаются Хайпудырская губа, зыряновотяцко-пермские земли, устье Оби, Карское море), что имплицитно содержит идею о возможности их морского соединения.

Прямых указаний на то, что первое транспортное полукольцо может быть дополнено другим, у Н.Ф.Федорова практически нет. Одна из причин заключалась в том, что хотя русскими поморами акватория Баренцева моря была исследована еще в XV-XVI вв., а к середине XVII в. русские мореплаватели практически нашли проход из Северного Ледовитого океана в Тихий, проблема сквозного пути решалась лишь в конце XIX в., когда швед А.Э. Норденшельд в 1878-1879 гг. прошел до Чукотского моря, а затем после зимовки - до мыса Дежнева. Лишь в 1932 г. Северный морской путь (в 1920-е гг. именовался Северо-Восточным проходом) был пройден за одну навигацию. Идею двусоставного транспортного кольца по периметрам российской территории Н.Ф.Федоров четко не высказывал. Однако его интуиция и рефлексия очень

важны для понимания того, что она значит как для современной России, так и для всего мира. Геополитические функции указанного кольца ясны до недвусмысленности: это граница, сберегающая Россию. Поэтому ее защита – дело первостепенной важности. Но это же кольцо - пример сотрудничества со всеми странами, круг которых будет расширяться: от имеющих прямые интересы в Арктике (Скандинавские страны, США, Канада) до всех европейских стран, а в дальнейшем Индии, Китая и Японии, а также тех стран, которые Н.Ф.Федоров относил к мусульманскому миру. Север в этом плане предстает как некая лаборатория, по словам исследователя, а братское сожительство народов, по-новому выстраивающих без разновидностей любого эгоизма свои отношения как к природе, так и между собой. Для освоения других экстремальных территорий и даже космоса может пригодиться культура малочисленных народов Севера, поскольку они накопили большой опыт выживания в условиях эмоциональной депривации. Его использование – общее дело планетарного масштаба.

Итак, местом продуктивного сотрудничества Востока и Запада в значительной мере может служить Север России. На это косвенно указывал М.В.Ломоносов и полнее аргументировал Н.Ф.Федоров. Эта идея вырисовывается во многих научных проектах и практически ориентированных инициативах начала XXI в. Но их реализация невозможна без использования потенциала северных вузов и высоких образовательных стандартов. Образно говоря, сегодня Север может осваивать только высокообразованный и здоровый человек, способный реализовывать свой потенциал профессионализма с привязкой научных знаний к местным условиям проживания. Очень важны информационно-коммуникационные технологии, которые в принципе способны резко повысить качество жизни северян.

Специалист на Севере (и с Севера) в сравнении со специалистом среднероссийского уровня был и остается лучшим по многим параметрам. Но сегодня он должен обладать не только высоким профессионализмом, но и широким социальным видением в плане тех же экологических последствий своей деятельности на Севере. Поскольку дальнейшее разрушение за десятилетия освоения Севера природной среды обитания чревато катастрофическими последствиями.

Поэтому ученые-северяне и ученые-североведы в первую очередь способны осознать безальтернативность мирного и продуктивного сотрудничества стран, особенно в циркумполярном масштабе. Когда же транспортное кольцо России станет полноценной трассой и появятся новые шансы для решения проблем глобального развития, тогда фигуры М.В. Ломоносова и Н.Ф. Федорова еще ярче предстанут в качестве провозвестников идей, востребованных новым тысячелетием.

В современных североведческих исследованиях особенно востребованы межцисциплинарные подходы, которые были присущи научным взглядам и гражданским позициям М.В.Ломоносова и Н.Ф. Федорова. В рамках УГТУ разработка междис-

циплинарных проектов сводится к обеспечению исследований разнородных феноменов на месте их проявления и существования. Эта миссия УГТУ находит выражение и в модели этого северного вуза. Практически все его научные школы, и в первую очередь школа материаловедения, активно ориентированы на реализацию научно-практических задач. Поскольку фактически каждый их северных вузов имеет свой спектр разработок в сходных направлениях, которые необходимо координировать. Работа в этом направлении уже началась и приносит первые результаты. Но при этом нужны и соответствующие финансовые вложения, которые, несомненно, окупятся. Поскольку и экологически приемлемое освоение богатств Севера, и использование ресурсов Северного морского пути возможно лишь на базисе современных научных исследований. Такая работа должна строиться с использованием транспортных и информационных сетей, и научный потенциал УГТУ уже сейчас может быть предоставлен в распоряжение соответствующей координирующей структуры. Есть все основания ожидать, что к этой провозглашенной инициативе северного вуза присоединятся как государственные, так и бизнес-структуры. Очень уж очевидны выгоды от полноценного «запуска» Северного морского пути в соединении с другой транспортной артерией - Транссибирской магистралью. Находящиеся и внутри этого кольца, и вне его транспортные сети ощутимо повысят свою продуктивность, что приведет как к экономическому росту, так и новому контуру в современной России постиндустриального общества (общества знаний). Тогда и тезис о продуктивности дружественных отношений между народами на базе освоения Северного морского пути может перейти из области утопии в реальность, а Север России даст импульс для экономического и культурного развития восточной и западной цивилизаций.

#### Литература

- 1. Российская газета. 23 сентября 2011 г.
- 2. *Цхадая Н.Д.* Формирование единого образовательного пространства в циркумполярном поясе // Сборник материалов I Северного социально-экологического конгресса «Культурная и природная палитра северных территорий России». Сыктывкар: КРАГСиУ, 2006. 249 с.
- 3. *Цхадая Н.Д.* Северный российский вуз в условиях модернизации системы образования в стране // Горизонты экономического и культурного развития: материалы пленарного заседания II Северного социально-экологического конгресса (Сыктывкар, 19-21 апреля 2006 г.). М., 2007. 296 с.
- 4. *Цхадая Н.Д.* Университет в северном российском городе: ухтинский опыт инновационного подхода к образованию // Арктическая идея. 2009. № 2. С. 18-21.
- 5. *Цхадая Н.Д., Безгодов Д.Н.* Университетский комплекс как фактор устойчивого развития северного региона: экономический, экологический, социокультурный аспекты. Доклад

- на VI Международном Северном социальноэкологическом конгрессе. Москва, апрель 2010 г
- 6. *Лаженцев В.Н.* Географические идеи М.В. Ломоносова. Известия Коми научного центра УрО РАН, 2011. № 1(5) С. 98-101.
- 7. Ломоносов М.В. Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание
- возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию // Записки по русской истории. М., 2003. С. 323-393.
- 8.  $\Phi e \partial o pos H$ .  $\Phi$ . В защиту дела и знания // Собрание сочинений в 4-х томах. М., 1995 2000. Т. 4. С. 144-146.

Статья поступила в редакцию 07.10.2011.

УДК 332.122 (470.1 - 772)

#### КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ МАЛО-ИЗУЧЕННЫХ И СЛАБОВОВЛЕЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕВРОПЕЙ-СКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА: ПРЕДПОСЫЛКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

#### А.А. КАЛИНИНА, В.П. ЛУКАНИЧЕВА

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар lukanicheva@energy.komisc.ru

В статье оцениваются возможности приращения топливного потенциала Республики Коми за счет слабоосвоенных территорий. Показано, что создание новых центров угледобычи напрямую зависит от реализации транспортных мегапроектов, способствующих усилению макроэкономических связей по линии «Север-Юг». Освоение топливных ресурсов таких территорий старопромышленной части республики будет способствовать повышению эффективности использования потенциала лесных, углеводородных ресурсов и горючих сланцев. Особенность предлагаемых проектов — комплексный подход к освоению с получением продукции с максимальной рыночной стоимостью.

Ключевые слова: Республика Коми, типы малоосвоенных и слабозаселенных территорий, комплексное освоение, новые центры добычи и переработки топливных ресурсов, региональное развитие

# A.A.KALININA, V.P.LUKANICHEVA. COMPLEX DEVELOPMENT OF ENERGY RESOURCES OF INSUFFICIENTLY EXPLORED AND INVOLVED TERRITORIES OF THE EUROPEAN NORTHEAST: PRECONDITIONS AND PROSPECTS

The possibilities of incrementation of fuel potential of the Komi Republic at the expense of poorly developed territories are estimated. It is shown that creation of new centers of coal extraction directly depends on implementation of transport mega-projects, promoting strengthening of macroeconomic relations through North-South. Development of energy resources of such territories of the old-industrial part of the republic will promote increase in efficiency of use of forest, hydrocarbon resources and combustible shales. The specificity of the proposed projects is a complex approach to development with obtaining of products with maximum market value.

Key words: Komi Republic, types of poorly developed and sparsely populated territories, complex development, new centers of extraction and processing of fuel resources, regional development

Главная проблема освоения северных территорий — значительная их удаленность от рынков сбыта и недостаточно развитая или совсем отсутствующая инфраструктура, требующая в условиях Севера высоких затрат на ее реализацию, что определяет реализацию инвестиционных проектов в этих условиях на пределе рентабельности. Поэтому формой реализации северных проектов может быть только государственно-частное партнерство, как в других северных странах.

Опыт северных стран (Норвегия, Гренландия, северо-западные канадские территории, Аляска – США) показывает, что проблемы развития таких территорий не могут быть решены в рамках «чистого бизнес-подхода», ориентированных только на коммерческую эффективность. Новые проекты на неосвоенных северных территориях могут быть успешными только при самом активном уча-

стии государства в лице федеральной и местной властй, особенно в части развития необходимой инфраструктуры.

Таким примером государственно-частного партнерства в России являются намечаемые к реализации два крупных северных мегапроекта — «Урал промышленный — Урал Полярный» и «Белкомур», а также инвестиционный проект «Развитие объектов железнодорожной инфраструктуры на действующем направлении Лабытнанги — Чум — Котлас — Коноша», принятый экспертным советом ОАО «Российские железные дороги» в апреле 2011 г.

Создание такого мощного транспортного каркаса усиливает макроэкономические тенденции в северном экономическом пространстве и расширяет возможности межрегиональной интеграции по линии «Север – Юг». Проблемы и направления экономической интеграции «Коми – Урал» рассматривались нами в ранее опубликованной статье [1]. В данной работе оцениваются возможности освоения топливно-энергетического потенциала малоизученных территорий Республики Коми, способствующие формированию меридианальных межрегиональных связей «Север — Юг». При разработке перспектив освоения таких территорий следует исходить из Энергетической стратегии России до 2030 г., предусматривающей в угольном секторе ТЭК освоение новых месторождений коксующихся и энергетических углей в Печорском угольном бассейне при условии повышенного удельного веса угля в структуре топливно-энергетического баланса России.

В Республике Коми почти половина территории относится к зоне активного экономического развития старопромышленного района ресурсного типа по классификации [2]. Остальная часть пространства является малоосвоенной и слабозаселенной со следующими типами территорий:

І тип — районы «деиндустриализации» с частично свернутым промышленным производством при достаточно развитой инфраструктуре:

II тип — районы нового освоения в пределах обозначенных инвестиционных проектов и транспортных коридоров;

III тип — традиционно осваиваемые районы со слабой инфраструктурой и отсутствием крупных промышленных предприятий с незначительным населением, но обладающие невостребованным сырьевым, лесным или земельным потенциалом.

Кроме того, имеются территории, которые длительное время будут оставаться неосваиваемыми или оставленными.

Учитывая, что степень освоенности таких территорий различна, общую методику их оценки трудно выработать. Не претендуя на полноту инвестиционных предложений по освоению малоизученных и слабоосвоенных территорий Республики Коми, выделим наиболее типичные для данного региона инновационные проекты на примере топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в соответствии с типизацией районов.

Основными районами «деиндустриализации» (І тип) в Республике Коми являются Воркутинский, Интинский, Печорский. Деиндустриализацию Воркутинского и Интинского районов определила реструктуризация угольного производства, в результате которой закрыты 65 % шахт, объем добычи угля снизился более чем в два раза, ликвидированы вспомогательные организации и производства, обслуживающие угольную отрасль, снижена численность занятых, ликвидировано (хотя и не полностью) старое и ветхое жилье, сокращена коммунальная инфраструктура пришахтных поселений, не завершена пока программа переселения избыточного населения городов Воркута и Инта, хотя их численность только за последние десять лет снизилась: Воркуты – почти в 1,5, Инты – 1,4 раза.

«Деиндустриализацию» Печорского района определило сокращение промышленного производства, в том числе выработки электроэнергии на Печорской ГРЭС, а также населения г. Печора на

20 %. Однако следует отметить, что этот район имеет выгодные площадки для размещения перерабатывающих производств, например, из углей новых месторождений Печорского бассейна.

Характерной особенностью Воркутинского и Интинского районов является стабилизация развития угольной промышленности на уровне 13 млн. т. Это положение подтверждается ограниченными ресурсными возможностями оставшихся после реструктуризации шахт на Воркутском и Воргашорском месторождениях. Основные запасы энергетических углей (марки Д) сосредоточены на Интинском месторождении, из них около 31,5 % благоприятных запасов угля промышленных категорий приходится на действующую шахту «Интинская», что формирует высокий уровень ее обеспеченности.

Это позволяет оценить перспективы развития коксующихся углей с поддержанием добычи на уровне 9–11 млн. т угля в год и то при условии восполнения в будущем выбывающих мощностей (трех шахт) за счет прирезки запасов полей, подготовленных к разработке, но не введенных в свое время в эксплуатацию шахт «Воркутинская № 33» и «Воргашорская № 4», а также строительства новой. Устойчивой перспективой для энергетических углей пока остается обеспечение современного уровня добычи интинских углей в объеме 3 млн. т в год.

В целом корпоративную стратегию OAO «Северсталь» в отношении воркутинских коксующихся углей можно охарактеризовать как стратегию стабилизации добычи угля практически на современном уровне, но с повышением качества товарной продукции и внедрением наиболее передовой техники и технологий.

Устойчивое развитие Воркутинского и Интинского районов в перспективе может определять не только поддержание добычи угля на действующих месторождениях, но также переход к диверсификации экономики этих городов. Для этого имеются определенные условия.

Диверсификация – наиболее популярное направление экономической трансформации монопрофильных, в том числе и угольных территорий. По своему содержанию этот процесс представляет собой углубление использования уже добываемого ресурса (в данном случае угля) за счет технического перевооружения, реорганизации управления, направленных на повышение конкурентоспособности продукции, развития промышленного производства на основе новых угольных и минеральносырьевых ресурсов на территории, тяготеющей к моногородам — Воркута и Инта, с использованием инфраструктуры этих городов, а также развития транзитно-транспортной инфраструктуры.

С позиций сегодняшнего дня видно, что процесс реструктуризации угольного производства в Воркуте и Инте изначально должен бы рассматриваться не как отраслевой проект. Наряду с реорганизацией угольной отрасли должны были начаться процессы диверсификации экономики этих моногородов. Тогда вопросы переселения избыточного населения решались бы более продуманно и с учетом будущего развития этих городов.

Возможными направлениями диверсификации экономики Воркуты являются следующие:

- увеличение угледобычи на новых перспективных угольных месторождениях при соответствующем расширении зоны влияния Воркуты при их освоении, особенно в части использования имеющейся инфраструктуры города, действующей и перспективной железнодорожной связи;
- вовлечение в хозяйственный оборот имеющихся в районе минерально-сырьевых ресурсов (бариты, хромиты, медь и др.);
- производство топливных брикетов из отходов обогащения (угольных шламов и отсевов) с получением угольного продукта высокого качества;
- развитие собственной электроэнергетики на шахтном метане инновационный проект, разработанный компанией «Северсталь» с целью повышения безопасности ведения работ на шахте «Северная» и полезного использования метана; проект уже реализуется, в дальнейшем добычу шахтного метана можно осуществлять и на других действующих, а также, возможно, и на закрытых шахтах;
- рационализация системы энергоснабжения за счет внедрения пилотного проекта «энергоэффективный город», реализуемого компанией комплексных энергетических систем (КЭС).

Для Инты направления диверсификации экономики не связаны с освоением новых участков Интинского месторождения угля (строительство новых шахт проблематично). Однако имеющийся минерально-сырьевой потенциал в районе позволяет предусмотреть ряд проектов, реализация которых позволит все же обеспечить более устойчивое развитие города. Процесс диверсификации экономики Инты уже начался — 15,2 % объема отгруженной продукции приходится на добываемые в районе нефть и газ. Из других направлений диверсификации экономики Инты необходимо отметить сле-дующие [3]:

- освоение Парнокского месторождения железо-марганцевых руд, отличающихся очень низким содержанием фосфора; максимальная мощность карьера до 200 тыс.т руды в год; сбыт руды гарантирован ОАО «Челябинским электрометаллургическим комбинатом» (ЭМК);
- развитие кварцевого производства, возможное в двух вариантах сырьевом и комплексном, включающем добычу кварцевого сырья и производство по выращиванию кристаллов; по второму варианту имеются только намерения;
- освоение месторождения золота участка «Алькесвож», но проект имеет сильные экологические ограничения, поскольку месторождение расположено в пределах национального парка «Югыд ва»;
- внедрение безотходной технологии производства при забое оленей с получением принципиально новых биотехнологических продуктов, увеличивающих выручку от реализации продукции, по нашим расчетам, в 1,7 раза.

Транзитная газотранспортная система «Ямал-Европа», ввод которой намечен на 2013 г., предусматривающая создание на территории Воркутинского и Интинского районов четырех компрессорных станций, а в Воркуте еще и объектов производственной инфраструктуры, является важным направлением диверсификации экономики угольных моногородов. Приход на территорию этих районов крупного корпоративного бизнеса, такого как ОАО «Газпром», позволит ускорить решение их социальных проблем.

Ко II типу малоосвоенных территорий Республики Коми относятся те, на которых не проводится разработка месторождений, но имеющаяся геологическая информация позволяет рассматривать их как перспективные. Для их освоения частично имеются инфраструктурные условия. К малоосвоенным территориям этого типа можно отнести, прежде всего, перспективные месторождения Печорского угольного бассейна, которые включены в стратегию развития угольной промышленности Республики Коми [4] (Усинское, Сейдинское, Верхнесыръягинское) (рис.1), а также Чим-Лоптюгское месторождение горючих сланцев (Удорский р-н).

На основе перспективных для освоения месторождений могут быть сформированы новые центры добычи и переработки углей:

- коксующихся (Усинское и Верхнесыръягинское месторождения);
- энергетических (Сейдинское месторождение).

Новые угольные месторождения, хотя и находятся на территориях неосвоенных и незаселенных, однако имеют определенные условия, способствующие их освоению:

- близость (50–60 км) от г. Воркута с развитой инфраструктурой, возможность привлечения шахтостроителей, шахтеров и других специалистов, высвобождаемых при закрытии трех действующих шахт в перспективе залог ускоренного вовлечения в производство новых угольных месторождений и некоторого сокращения инфраструктурных затрат при строительстве угольных предприятий:
- наличие наиболее значимых инфраструктурных объектов: магистральной железной дороги Воркута Северо-Запад и межсистемной ЛЭП-220 кВ Печора Воркута, проходящих по южной части Сейдинского и в непосредственной близости от Усинского месторождений;
- строительство нового транспортного коридора «Лабытнанги–Полуночное» (мегапроект «Урал промышленный Урал Полярный»), открывающее кратчайший путь (в 2,5 раза меньше существующего) для вывоза на Урал печорских углей и других ресурсов Республики Коми; намечаемое строительство железной дороги Воркута Усть-Кара, которая пройдет вблизи от Верхнесыръягинского месторождения, что создает реальную перспективу его освоения;
- геологические условия Сейдинского и Верхнесыръягинского месторождений (табл.1,2) позволяют использовать открытый способ добычи угля; опыт разработки Юньягинского месторождения подтверждает такую возможность в суровых климатических условиях заполярья. На данном месторождении отработана система природоохранных мер, позволяющая минимизировать экологические последствия ведения открытых горных работ

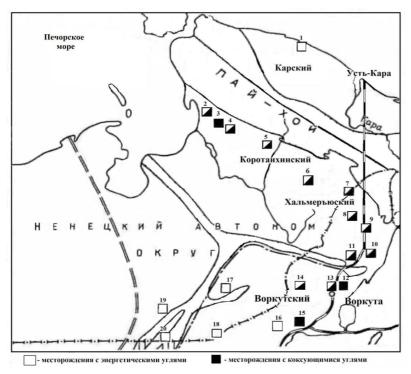


Рис.1 Схема северной части Печорского угольного бассейна.

*Действующие месторождения:* 12 – Юньягинское, 13 – Воркутское, 14 – Воргашорское;

*Перспективные для освоения:* 10 – Верхнесыръягинское, 15 – Усинское, 16 – Сейдинское;

Другие месторождения и площади: 1 – Лиуръягинское, 2 – Талотинское, 3 – Васьягинское, 4 – Янгарейское, 5 – Хейягинское, 6 – Нямдинское, 17 – Верхне-Роговское, 19 – Ватьярское, (HAO);

7 — Силовское, 8 — Паембойское, 9 — Хальмеръюское, 11 — Нижнесыръягинское, 18 — Северная Косью-Роговская площадь, 20 — Тальбейское (Коми).

Таблица 1 Характеристика запасов и качественных показателей углей новых центров освоения Печорского бассейна\*

Показатель	7	/синско	e e	Верхне- сыръя- гинское	Сейдин- ское
Показатель	Шахта №1	Шахта №2	Шахта №3	Поле шахты №1	Поле шахты №5
Марка угля	Ж	Ж	Ж	T, TC, OC	Д
Глубина, м	820	700	800	700	300
Запасы, млн.т (А+В+С₁)	620,6	609,8	227,2	275,7	375,4
Качественные показатели, %:					
– зольность	8-31	9-33	21-25	11-13	28
– сера	1-2,2	0,8-3	1,3-1,8	0,4-1,2	1,3
Низшая тепло- творная способ- ность, ккал/кг	6210	6210	5971	6449- 6927	4777
Мощность шахты (разреза), млн.т	6,0	4,5	4,5	1,2	8,0
Способ добычи	под- зем- ный	под- зем- ный	под- зем- ный	откры- тый	открыто- подзем- ный

<sup>\*</sup> Составлено по данным [5].

на окружающую среду, включающая оптимизацию систем водоотлива, заполнение породой отработанного пространства. прекращение в летний период проходки и добычи угля для минимизации ущерба мерзлоте и составу откачиваемых вод [6]. Однако следует отметить, что существуют трудности в оценке непосредственного влияния на экологию разработки Юньягинского разреза, связанные с отсутствием научно-обоснованной нормативной базы по осуществлению экологического мониторинга и анализа полученных данных. Строительство шахт на Усинском и Сейдинском месторождениях с применением инновационных технологических схем типа «шахта-лава» гарантирует повышение конкурентоспособности углей.

Новые центры добычи коксующихся углей. Усинское месторождение находится на территории Республики Коми в северо-восточной части Печорского угольного бассейна и является южным продолжением угленосной полосы Воргашорского месторождения.

По качеству угли относятся к коксующимся марок  $\mathcal{H}_{10}$  и

Ж<sub>11</sub>, среднезольным и зольным, а по содержанию серы – к сернистым. Обогатимость углей различна: от средней до трудной. Усинские угли сопоставимы по качеству с углями Воркутского месторождения и рассматриваются как высококачественное сырье для коксохимии (табл.1).

На территории месторождения выделено три шахтных поля (1,2,3), запасы по которым учтены в ГКЗ. Разработка Усинского месторождения коксующихся углей начнется с поля шахты № 3, отнесенного по запасам к числу эффективных, удовлетворяющих действующим эксплуатационным кондициям [7]. Новолипецкий металлургический комбинат (НЛМК) выиграл конкурс на право разработки этого шахтного участка. В течение первых 7 лет НЛМК планирует провести геологоразведочные работы, подготовить технический проект промышленного освоения участка шахтного поля и начать строительство угледобывающего предприятия. Ввод шахты в эксплуатацию планируется осуществить в 2016 г. с выходом на проектную мощность (4,5 млн. т в год) в 2018 г. Капитальные вложения составят порядка 45,5 млрд. руб., а общий объем инвестиций – 81 млрд.руб¹. Конкурс на право разработки шахтного поля № 1 Усинского месторождения выиграла компания «Северсталь-ресурс». На-

http://www.bnkomi.ru/data/interview/6968/

Таблица 2

чало строительства шахты № 1, мощностью не менее 4 млн. т в год, запланировано на 2017 г.

Таким образом, Усинское месторождение коксующихся углей по своему местоположению, запасам и качеству угля, а также горно-геологическим условиям разработки способно в перспективе заменить выбывающие шахты Воркутского месторождения.

Верхнесыръягинское месторождение – одно из наиболее перспективных месторождений по расширению сырьевой базы дефицитных марок присадочных коксующихся углей в Печорском бассейне (табл.1). По участку «Верхнесыръягинский» в 2008 г. были утверждены временные разведочные кондиции для подсчета балансовых запасов угля для условий открытой разработки: минимальная мощность пласта - 1,0 м; максимальная зольность -40 %. Почти половина балансовых запасов нахоучастке поля шахты № 1 (резерв поддится на группы «а») (табл.1). Всего же на месторождении выделено три участка. Мощность предполагаемого угледобываю-щего предприятия на участке поля шахты № 1 составит 1,2 млн. т угля в год, горногеологические условия характеризуются наличием четырех сближенных пластов угля мощностью 1,5-2,5 м (табл. 2), открытым способом добычи.

Присадочные угли Верхнесыръягинского месторождения при производстве кокса на Череповецком металлургическом комбинате в перспективе могут заменить дальнепривозные угли Кузнецкого угольного бассейна. Технико-экономические расчеты, выполненные Всероссийским институтом экономики минерального сырья (ВИЭМС) при содействии других институтов, показали конкурентоспособность этих углей.

Участие верхнесыръягинских углей (до 15 %) в шихте с жирными воркутскими и добавлением до 20—25 % газовых воргашорских углей дает хорошее качество кокса, по данным ПечорНИУИ, т.е. использование тощих углей Верхнесыръягинского месторождения значительно расширяет перспективы использования воргашорских газовых углей в коксохимии.

В работе [9] с использованием многофакторной модели определения граничного коэффициента вскрыши установлена целесообразная глубина отработки угольных пластов, которая изменяется в пределах от 90 до 115 м. Сравнение показателей Верхнесыръягинского месторождения и действующего разреза «Юньягинский» подтвердило, что для месторождений Печорского бассейна вполне целесообразен открытый способ угледобычи при отработке маломощных пластов коксующихся углей с коэффициентом вскрыши даже 29,1 м³/т (табл. 2) [8].

Дефицитность тощих углей на внутрироссийском рынке — определяющий фактор приоритетности освоения Верхнесыръягинского месторождения. Технико-экономические показатели открытой добычи приведены в табл.2.

Новый центр добычи энергетических углей. Сейдинское месторождение каменного угля расположено в южной части Воркутинского угленосного района в 60 км на юго-запад от г. Воркута.

Технико-экономические показатели по открытой добыче угля на месторождениях Печорского угольного бассейна\*

•	•		
		Месторожде	ние
Показатель	Юнья- гинское (действ.)	Верхне- сыръягин- ское (проект, 2007 г.)	Сейдин- ское (проект, 2006 г.)
Горно-ге	ологическ	ие условия	
Мощность пластов, м	2,28	1,4-2,5	6,5
Углы залегания пластов, $^{\circ}$	5-30	18-80	3-5
Количество пластов, шт.	4-7	3-4	1
Марка угля	К(кокс)	T,TC,OC (кокс)	Д (энергетика)
Зольность угля, %	30,4	21,6-25,5	32-34
Горнотех	нические	показатели	
Глубина разреза, м	33	95-115	75-130
Промышленные запа- сы, млн. т	6,36	6,56	103,94
Коэффициент вскры- ши, м <sup>3</sup> /т	22,5	29,1	10,3
Производственная мощность, тыс.т/год	500	500	8000
Срок отработки запа- сов, лет	12,7	13,1	13
Экономи	ические по	казатели	
Себестоимость 1 т ТП, руб./т	700	1243	640
Капитальные вложе- ния, млн. руб.	641	1298	17542
Численность персо- нала, чел.	227	345	2547
Производительность, т/чел.	2750	1450	3410
Чистый дисконтирован- ный доход, млн. руб.		382,7	4602,0
Срок окупаемости, лет	_	4,8	8,7
* Сооторионо по точн			

<sup>\*</sup> Составлено по данным [8].

На северной части месторождения выполнена только предварительная разведка, в результате которой были оценены запасы энергетических углей по восьми угленосным пластам марки Д в количестве 3,2 млрд.т, преимущественно сложного строения. На данной площади выделено четыре шахтных поля производственной мощностью до 9 млн. т угля в год каждое.

На южной части месторождения проведены поисковые работы, в результате которых установлено, что оно имеет простое геологическое строение и отнесено к первой группе сложности. В пределах данной площади выделено девять шахтных полей с годовой мощностью до 9 млн. т каждое. В качестве первоочередных объектов для строительства рекомендованы шахтные поля № 5—9, но только на участке поля шахты № 5 «Южносейдинская» имеются утвержденные в ГКЗ запасы, по катего-

риям  $C_1$  +  $C_2$  в количестве 433 млн.т. Именно эту шахту производственной мощностью 8 млн. т в год следует рассматривать как первоочередную к строительству, но с учетом, что часть запасов будет отрабатываться открытым способом. В работе [10] показана целесообразность открытого способа добычи с запасами 103,9 млн.т до глубины 200 м с продольно-поперечным фронтом развития горных работ и внутренним отвалообразованием. Основные технико-экономические показатели проекта по открытой добыче угля Сейдинского месторождения представлены в табл.2.

По качественным характеристикам сейдинские энергетические угли имеют значительное преимущество перед аналогичными углями Интинского месторождения и конкурентоспособны с кузнецкими углями на Урале [11]. Угли малосернистые (1,3 %), высококалорийные ( $Q_i^f$ =4776,9 ккал/кг). При обогащении выход беспородного угля превышает 70 % при зольности 19–22 %.

Почти половина запасов (42 %) сосредоточена в пластах мощностью 5–8 м, преимущественно пологого залегания. Большая часть (70 %) запасов находится на глубинах до 300 м, благоприятных как для подземной добычи угля, так и для открытой разработки.

Масштабы развития Сейдинского месторождения определяются топливно-энергетическим балансом России, а потому в значительной степени зависят от того, будет ли реализована на практике идея повышенного использования угля в энергетике России и равноценного с энергетикой развития углехимии как основы повышения ценности добываемых углей.

Важными условиями, способствующими освоению Сейдинского месторождения, наряду со значительным ресурсным потенциалом и более высокими по сравнению с интинским углем качественными показателями, являются следующие:

- преобладание угольных пластов большой мощности обеспечивает возможность масштабного применения при добыче угля высокопроизводительной техники и технологии (шахта—лава, комплексный открыто-подземный способ добычи и др.);
- сокращение транспортных издержек по доставке сейдинских углей в район промышленного Урала при реализации мегапроекта «Урал промышленный Урал Полярный».

Энерготехнологическое использование угля и горючих сланцев. Для повышения конкурентоспособности уголь-ной продукции на рынке, кардинального улучшения экологии необходимо внедрение технологий глубокой переработки угля и отходов углеобогащения при освоении новых месторождений, особенно энергетических углей марок Г, ГЖО и Д. Однако для этого необходимы детальные исследования химического состава печорских углей и их опытно-промышленные испытания. Это позволит перейти от упрощенной технологической цепочки «добыча угля — обогащение — энергетическое использование» к более совершенной: «добыча угля — обогащение — энерготехнологическая переработка углей

и отходов обогащения», что позволит изменить вектор развития угольного региона от сырьевого монопрофильного к перерабатывающему. Как от-Энергетической стратегии России до мечено в 2030 г., целевая функция угольной промышленности должна трансформироваться [12]. Задача развития угольной промышленности в традиционной системе координат, где единицей измерения произведенной продукции является тонна отпущенного товарного угля, становится бесперспективной. В перспективе целевую функцию угольной промышленности можно сформулировать как энерготехнологическую: наряду с энергетическим использованием из исходного сырья следует получать продукцию с максимальной рыночной стоимостью. Для горючих сланцев такой подход является основой их освоения, в противном случае месторождения сланцев просто не разрабатываются.

Уголь. На сегодняшний день большинство разработок в России, связанных с переработкой углей, носят скорее «задельный» (опытно-промышленный) характер. Переработка угля пока имеет, по сравнению с альтернативными — нефте- и газопереработкой, более низкие технологические и экономические показатели.

В Кузбассе планируется строительство первого в России энерготехнологического кластера «Серафимовский», который должен стать основой формирования угольных кластеров, дальнейшего тиражирования полученного опыта в самом Кузбассе и других угледобывающих регионах страны [13].

В мировой практике освоены технологии, в которых из углей получают более 500 продуктов: синтез-газ, котельное топливо, нафту для производства бензина, ксенон и криптон, аммиак, различные углеродистые волокна, горный воск, гуминовые удобрения, выделяют редкие металлы.

Традиционное использование углей Печорского бассейна – черная металлургия и энергетика. Углехимической переработки печорских углей не проводится, но имеющиеся опытные исследования показывают возможность получения из них целого ряда углехимических продуктов.

Для Республики Коми жизненно важно добиться комплексности освоения печорских углей как сырьевой базы углехимии в рамках единого вертикально интегрированного комплекса (от добычи до производства продуктов углехимии). В этом случае на территории республики возникнет не только новый район добычи, но и совершенно новое перерабатывающее производство, которое в конечном итоге позволит значительно повысить стоимость и ценность углей по сравнению с текущим использованием и может стать источником самофинансирования бассейна.

Сырьевой базой нетрадиционного использования углей по результатам исследований могут быть: из действующих месторождений — воргашорские угли, из новых месторождений — усинские, сейдинские и верхнесыръягинские. Только на Воргашорском и Сейдинском месторождениях запасы категорий A+B+C<sub>1</sub> составляют 2,5 млрд.т. Так что сырьевая база для углехимии не является ограни-

чивающим фактором ее развития. Определяющие условия развития углехимии – промышленно отработанные технологии, приемлемые экономические показатели и устойчивый рынок потребления ее продукции.

Опытные исследования печорских углей марок Г, Д, ДГ показали, что направления их нетрадиционного использования следующие: получение синтетического жидкого топлива, полукоксование, получение горючего газа, формованного активированного угля, адсорбентов, сульфоугля и высокоуглеродистых материалов.

Пока проведены исследования только по полукоксованию и получению формованного кокса. Они подтвердили возможность производства полукокса с выходом более 80 %, а также смол и фенолов. Применение формованного кокса позволило использовать в шихте угли марок ДГ, Г и ГЖО от 10 до 40 % без ущербов для качества коксов.

Для полукоксования пригодны каменные угли низкой стадии метаморфизма (Д, ДГ, Г) Сейдинского и Воргашорского месторождений, из них наиболее пригодны сейдинские, имеющие выход полукокса 80–84 % и смол 12 %, в том числе легких до 23 %, которые служат наиболее ценным сырьем для получения пластмасс. Для получения синтетического жидкого топлива и адсорбентов могут применяться угли Усинского, Воргашорского и Сейдинского месторождений.

Потенциальным сырьем для производства сульфоуглей углеродистых материалов являются высокометаморфизованные угли Верхнесыръягинского месторождения. Для получения горючего (смешанного газа) наилучшим образом подходят угли северной части Сейдинского месторождения.

Нетрадиционное использование печорских углей позволит повысить их ценность за счет расширения объема товарной продукции и более высоких цен на продукты углехимии (в 1,5 – 4,0 раза) по сравнению с их энергетическим использованием.

Углехимическое производство вовсе не обязательно должно развиваться в районе добычи угля (Воркуты и Инты), как это могло бы показаться логичным на первый взгляд. Более перспективным для размещения этого производства выглядит Печорский р-н – источник избыточной электроэнергии, водоснабжения, важный транспортный узел, имеющий промышленные площадки для строительства предприятия, и более низкие удорожаюшие коэффициенты строительства по сравнению с Воркутой и Интой. Проведение опытно-промышленных испытаний печорских углей новых месторождений с целью отработки наиболее приемлемых для них технологий возможно с использованием углехимической, исследовательской и производственной базы Кузбасса.

Горючие сланцы Чим-Лоптюсского месторождения характеризуются как перспективное сырье для производства целого ряда продуктов с высокой конечной стоимостью: различные масла, бензины, смолы, редкие металлы и др. Месторождение имеет благоприятные горно-геологические условия с применением современного высокопроизводи-

тельного оборудования. Пласты сланца залегают под углом  $2-3^{\circ}$ , эксплуатационный коэффициент вскры-ши на первоочередном участке освоения месторождения составляет  $4,0-4,5\,\mathrm{M}^3/\mathrm{T}$ .

Уникальность горючих сланцев заключается в возможности получения из них смолы — синтетического топлива для использования в энергетике, а также переработки в бензин, судовое топливо, растворители и другие синтетические соединения [14]. Зольные остатки в процессе термической переработки и сжигания сланцев могут использоваться для производства строительных материалов, прежде всего, вяжущих веществ.

Предполагается строительство крупного горно-обогатительного комбината (ГОК) производительностью по добыче и переработке горючих сланцев в объеме 3 тыс.т/год. Срок окупаемости капитальных вложений в ГОК составит 6–8 лет [15]. При строительстве и эксплуатации ГОК потребуется решение трех проблем: обеспечение квалифицированным персоналом, энергообеспечение предприятия и уменьшение экологического влияния на окружающую среду. Освоение месторождения планируется в ближайшей перспективе.

К III типу малоосвоенных территорий Республики Коми относятся традиционно осваиваемые районы, но со слабой инфраструктурой, неразвитой промышленностью и незначительным расселением. Эти районы по своему содержанию представлять собой территориальные зоны внутри старопромышленных районов, а могут совпадать с административными границами, особенно сельских муниципальных образований (СМО). Малоосвоенные территориальные зоны внутри старопромышленных районов республики можно рассмотреть на примере проекта развития малых нефтяных месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПНГП), недостаточно разрабатываемых в настоящее время, но которые могут сыграть определенную роль в формировании перспективной добычи нефти в республике. Для сельских МО важным является развитие биоэнергетики на основе отходов лесозаготовок и лесопиления.

Это примеры более полного использования потенциалов: сырьевого при добыче нефти за счет освоения мелких месторождений и лесного — за счет перевода отходов и некондиционной древесины из статьи затрат в статью доходов.

Развитие малого бизнеса в нефтином секторе Республики Коми в перспективе связано с высокой степенью выработанности запасов к 2030 г. и снижением добычи на крупных месторождениях ТПНГП.

Освоение и эксплуатацию нефтяных месторождений в Республике Коми осуществляют две вертикально-интегрированные компании – ОАО НК «Лукойл» и ОАО НК «Роснефть», а также 21 независимое малое и среднее предприятия, наиболее крупное из которых ООО «Енисей», обеспечивающее пятую часть их общей добычи (табл.3).

Опыт работы малых и средних предприятий нефтедобычи в Республике Коми, таких как ООО «Енисей», ЗАО «Тиман-Печора Эксплорэйшн», ООО

Таблица 3 Добыча нефти по основным предприятиям Республики Коми

Предприятие	Ед. изм.	2005 r.	2006 r.	2007 г.	2008 r.	2009 r.	2010 г.
ООО «Лукойл- Коми»	млн.т	7,2	7,4	8,1	8,9	9,2	9,3
Доля в добыче	%	64,3	63,8	65,9	66,4	68,9	71,5
ООО «Рос- нефть – Се- верная нефть»	млн.т	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,1
Доля в добыче	%	13,4	12,9	12,2	10,4	9,3	8,5
Независимые малые и средние предприятия	млн.т	2,5	2,7	2,7	3,1	3,0	2,6
Доля в добыче	%	22,3	23,3	22,0	23,1	22,4	20
Итого	млн.т	11,2	11,6	12,3	13,4	13,4	13,0

«Мичаюнефть», ОАО «Комнедра» и др., показывает, что малый нефтяной бизнес может быть вполне конкурентоспособным. Одним из лучших и перспективных компаний в малом и среднем бизнесе России и Республики Коми считается ООО «Енисей». Эта малая компания успешно решает проблемы утилизации попутного газа (к 2008 г. утилизация достигла 94 %), завершается строительство комплекса по подготовке и переработке нефти и газа. Максимальная мощность перерабатывающего завода — 1,3 млн.т нефти в год позволит подключить к переработке нефти другие малые добычные предприятия, работающие в зоне г.Усинск.

Другой формой малой нефтепереработки, примененной в компании ОАО НК «Роснефть», является ввод в эксплуатацию на Баганском месторождении блочной нефтеперерабатывающей установки мощностью по сырью 100 тыс.т в год. Продукция — арктическое дизельное топливо и прямогонный бензин в объеме 20 тыс.т в год используются для собственных энергетических и топливных нужд, обеспечивая 50 % своих потребностей. Данное направление малой нефтепереработки может расшириться по мере развития малого нефтяного бизнеса на территории ТПНГП. Большинство резервных месторождений нефти Республики Коми относится к категории мелких — 45 % промышленных запасов категорий A+B+C<sub>1</sub>+ C<sub>2</sub>.

Поэтому малые независимые предприятия, на балансе которых находятся мелкие месторождения, могут сыграть решающую роль в формировании перспективной динамики добычи. Стратегией экономического и социального развития Республики Коми на период до  $2020~\mathrm{r.}$ , планируется ввод в эксплуатацию следующих новых месторождений нефти, относимых к мелким с промышленными запасами категорий  $A+B+C_1+C_2$ : Осваньюрского, Баяндыского, Се-

веро-Вольминского, Стрелинского, Усть-Макарихинского, Южно-Ипатского, Верхнемастерьельского, Мичаельского, Осокинского, Западно-Баганского, Каменского [14].

Кроме того, имеются перспективные (категории  $C_3$ ) и прогнозные ресурсы (категорий  $D_1$  и  $D_2$ ), которые в сущности являются предполагаемыми и для которых возможна лишь вероятностная оценка. Разработка новых методических подходов такой оценки [11, 16] позволила провести прогноз добычи нефти в ТПНГП за пределами 2020 г. на основе неразведанных ресурсов. Выполненная оценка подтверждает, что в Республике Коми можно ожидать открытия двух новых месторождений нефти с извлекаемыми запасами около 10 млн.т, остальные — мелкие и мельчайшие. Для промышленной добычи нефти интерес представляют первые две категории месторождений.

Активизация малого нефтяного бизнеса требует решения ряда проблем. Основные из них:

- обеспечение недискриминационного доступа к экспортной инфраструктуре, мощностям по подготовке и переработке нефти;
- обеспечение для малых компаний благоприятных условий на конкурсах и аукционах и повышения заинтересованности регионов в разработке и развитии мелких месторождений;
- распространение стимулирующих льгот при освоении новых месторождений не только в Восточной Сибири и истощенных месторождений в Башкортостане и Татарстане, но и в других районах, в частности Республике Коми.

Общий рост добычи нефти на территории Республики Коми до 2020 г. обусловлен вводом всех месторождений, находящихся на балансе предприятий, в том числе по независимым малым компаниям он оценивается до 3,5—4,0 млн.т в год [17]. Для дальнейшего развития малого нефтяного бизнеса необходимо освоение неразведанных ресурсов ТПНГП.

Малые нефтяные компании в своей деятельности не используют трансфертное ценообразование на добываемое углеводородное сырье. Соответственно доходы местного бюджета (на 1 т нефти) от освоения на территории региона месторождений малыми компаниями в 1,3 раза выше, чем крупными корпорациями.

Увеличение числа малых предприятий в нефтедобыче будет способствовать росту рабочих мест и развитию инфраструктуры в отдаленных районах республики.

Активизация малого нефтяного бизнеса обеспечит более полное использование имеющегося нефтяного потенциала ТПНГП и поддержит налоговую базу республиканского и местного бюджетов.

Биоэнергетика – возможности и ориентиры развития. Проблема повышения эффективности энергообеспечения СМО Республики Коми связана с развитием биоэнергетики и биотоплива.

В большинстве СМО республики имеется невостребованный потенциал возобновляемого источника энергии в виде древесного топлива и древесных отходов лесозаготовок и лесопиления. Биотопливо имеет низкую стоимость топливной состав-

ляющей, высокую обеспеченность СМО этими ресурсами, экологическую чистоту, повышает эффективность использования заготавливаемой древесины в целом. Необходимость полного использования древесного сырья определяется, с одной стороны, увеличением отходов с ростом лесозаготовок и лесопиления, а с другой – техническим прогрессом в области переработки древесины, позволяющим использовать практически всю биомассу дерева, включая низкокачественную древесину и древесные отходы для производства дополнительной продукции.

При существующей в республике сортиментной технологии лесозаготовок на лесосеках остается 35—40 % древесной биомассы. Лесозаготовительные предприятия не используют ее и рассматривают как отходы. В развитых лесопромышленных странах, как Финляндия, Швеция, Германия и др., древесную биомассу рассматривают не как отходы, а как сопутствующее сырье, которое может быть использовано для получения полезной продукции. Такой подход принесет дополнительный доход или лесозаготовителям, или вновь созданным компаниям по полезному использованию древесной биомассы. На лесосеках будет оставаться только 10—15 % отходов из соображений сохранения и воспроизводства лесных почв.

Проблемы по развитию биоэнергетики и производству биотоплива:

- сохраняющаяся ориентация на монопродуктовый подход к освоению лесных ресурсов и отсутствие технологического звена по полезному использованию отходов;
- недостатки маркетингового подхода к развитию биотопливных производств в России, переоценивающего экспорт топливных гранул и не обеспечивающего развитие биоэнергетики в лесных районах;
- отсутствие организации самодостаточного рентабельного бизнеса биотопливной специализации;
- отсутствие мотивации для развития биоэнергетики и производства биотоплива в Республике Коми.

По оценкам [18], потенциал неиспользуемого древесного топлива только в многолесных районах республики (Усть-Куломский, Удорский, Корткеросский и др.) составляет 280—300 тыс. т у.т. в год, что значительно превышает объемы завозимого в районы лесозаготовок угля и мазута.

Среди вариантов использования древесного биотоплива можно выделить:

- неагломерированное топливо (дрова, кусковые отходы, топливная щепа);
- агломерированное в виде пеллет и брикетов, широко используемое за рубежом. В Республике Коми в первую очередь следует активизировать использование неагламерированного топлива для развития биоэнергетики.

Как показали расчеты [18], использование щепы является предпочтительным топливом при замещении мазута и угля в многолесных районах республики. Это может остановить ежегодный рост тарифов на теплоэнергию, который неизбежен при работе котельных на мазуте и угле.

#### Заключение

Таким образом, малоосвоенные территории Республики Коми обладают значительным потенциалом топливных ресурсов, вовлечение которых в хозяйственный оборот предложено осуществлять комплексно — с применением новых технологических решений по добыче и переработке ТЭР и при условии развития новой транспортной инфраструктуры, что повысит рентабельность вновь создаваемых производств, обеспечит получение продукции с максимальной рыночной стоимостью и позволит снизить транспортную составляющую в ее цене.

Показано, что малоосвоенные территории Республики Коми неоднородны по своим возможностям. Выделены три типа территорий со следующими условиями развития:

- для районов «деиндустриализации» (угольные моногорода) условием устойчивого развития их экономики является стабилизация добычи угля и переход к диверсификации структуры промышленного производства и услуг;
- для районов нового освоения месторождений угля и горючих сланцев и создания новых энерготехнологических производств, а на их основе главное условие развития наличие общероссийского спроса на продукты переработки и качественный уголь для энергетики, формирование макрорегионов «Коми—Урал» и «Урал промышленный Урал Полярный»;
- для районов малоосвоенных территориальных зон старопромышленных районов республики эффективному развитию будет способствовать более полное использование ресурсного потенциала: нефтяного – при активизации малого бизнеса и лесного – при переводе отходов лесозаготовок и некондиционной древесины в биотопливо.

Разработаны и обоснованы наиболее типичные инвестиционные проекты по вовлечению в хозяйственный оборот ресурсов малоосвоенных территорий Республики Коми. Определено, что формой реализации проектов по освоению новых месторождений угля является государственно-частное партнерство; горючих сланцев - интерес крупной корпорации, обладающей технологией их переработки; производства биотоплива и биоэнергетики участие региональных властных структур в разработке программы развития этого производства и организации самодостаточного рентабельного бизнеса биотопливной специализации; расширения малого нефтяного бизнеса – введение стимулирующих льгот для его развития; углехимического производства – проведение опытно-промышленных испытаний с использованием соответствующей базы Кузбасса для отработки приемлемых технологий, обоснования экономической целесообразности, обеспечения освоения печорских углей в едином вертикально-интегрированном комплексе по схеме: добыча углей – использование на энергетику и углехимию в рамках соответствующей республиканской программы.

Статья подготовлена в рамках междисциплинарного проекта УрО РАН «Разработка стратегии комплексного социально-экономического освоения малоизученных и слабововлеченных в хозяйственный оборот территорий Уральского Севера».

#### Литература

- 1. *Калинина А.А., Лаженцев В.Н.* Макрорегион «Коми-Урал»: проблемы и направления экономической интеграции // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 4. С.98–103.
- Пространственная парадигма освоения малоизученных территорий: опыт, проблемы, решения /Под общ. ред. А.И.Татаркина. Екатеринбург, 2009. Т.1. С.282−293. (Институт экономики УрО РАН).
- 3. Проблемы использования и направления активизации потенциала развития муниципального образования «Город Инта» (научноаналитический доклад). Сыктывкар, 2004. (Коми НЦ УрО РАН, ИСЭиЭПС).
- 4. Стратегия экономического и социального развития Республики Коми на период до 2020 г. [Электроннный ресурс]. Режим доступа: http://rkomi.ru/services/strategia
- 5. *Природная среда* тундры в условиях открытой разработки угля (на примере Юньягинского месторождения) / Под общ. ред. д.б.н. М.В. Гецен. Сыктывкар, 2005. 246 с.
- 6. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Северо-Западный округ. Уголь. М., 2009. Т.З. Вып.91. 62 с.
- Логвинов М.И., Старокожева Г.И., Файдов О.Е. Состояние ресурсной базы углей европейской части России в современных экономических условиях // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. № 2. С.26–35.
- 8. Соколовский А.В., Каплан А.В., Бортиков В.П. и др. Возможности развития открытой угледобычи на месторождениях Печорского бассейна // Уголь. 2008. № 11. С.21–24.

- 9. О промышленной ценности запасов участка Верхнесыръягинский для открытой добычи угля (технико-экономический доклад). Челябинск: ОАО «НТЦ-НИИОГР», 2007.
- 10. О промышленной ценности запасов угля под открытую разработку на Усино-Сейдинской угленосной площади Печорского бассейна. (технико-экономический доклад). Челябинск: ОАО «НТЦ-НИИОГР», 2006. 135 с.
- Энергоэкономическое прогнозирование развития региона / О.В.Бурый, А.А.Калинина, Л.Я.Кукреш и др./ Отв.ред. В.Н.Лаженцев; Ин-т соц.-экон. и энергет. проблем Севера Коми НЦ УрО РАН. М.: Наука, 2008. С.279–282.
- 12. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.energystrategy.ru/
- 13. *Стариков А.П.* Новые решения в технологии добычи, переработки и использования угля // Уголь. 2010. № 7. С. 31–33.
- 14. Горючие сланцы альтернативный источник топлива и сырья: Материалы Международной научной конференции СГТУ. Саратов, 2007. 168 с.
- 15. Седов А.Б., Каплан А.В., Лапьев В.Н. Производственные и социально-экономические аспекты освоения Чим-Лоптюгского месторождения горючих сланцев. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <a href="http://slanist.ru/publ/slancy aktualnaja informcija/aktualnaja informcija/slancy chim loptjugskoe mestorozhdenie/176-1-0-1180">http://slanist.ru/publ/slancy aktualnaja informcija/aktualnaja informcija/slancy chim loptjugskoe mestorozhdenie/176-1-0-1180</a>
- 16. Тарбаев Б.И., Садов С.Л., Никонов Н.И. Вероятностный геолого-экономический анализ поисково-разведочных работ на нефть и газ. Сыктывкар, 2010. 220 с. (Коми научный центр УрО РАН).
- 17. Оценка минерально-сырьевой базы отраслей ТЭК Северо-Западного ФО (научный отчет по хоздоговорной НИР). Сыктывкар, 2007. (ИСЭиЭПС Коми НЦ УрО РАН).
- 18. Истомин Д.В. Биоэнергетика Коми: Потенциал древесного топлива // Регион. 2010. № 7. C.28-31.

Статья поступила в редакцию 08.12.2011.

УДК 332.1:330.15 (470.1)

## ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ УЗЛЫ ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО РЕГИОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Д.С. КУЗНЕЦОВ\*, А.А. ИЕВЛЕВ\*\*

\*AУ РК «Управление госэкспертизы РК», г. Сыктывкар \*\*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар museum@geo.komisc.ru

Выделены развитые, частично развитые и потенциальные горно-промышленные узлы Тимано-Североуральского региона, приведены сведения об их минерально-сырьевом потенциале. Показано, что с целью повышения эффективности освоения месторождений различных полезных ископаемых целесообразно формирование на их основе кластерных структур, включающих горизонтально и вертикально интегрированные предприятия по разведке, добыче и переработке сырья, реализации конечной продукции

Ключевые слова: Тимано-Североуральский регион, горно-промышленные узлы, кластеры, минерально-сырьевые ресурсы

#### D.S.KUZNETSOV, A.A.IEVLEV. MINING CENTERS OF THE TIMAN-NORTH URALS REGION AND THE PROSPECTS OF THEIR DEVELOPMENT

This paper presents developed, partially developed and potential mining centers of the Timan-Severouralsk region. Information on their mineral resource potential is given. It is shown that for the purpose of increase efficiency of development of deposits of various mineral resources it is expedient to form on their basis cluster structures including horizontally and vertically integrated enterprises for prospecting, extraction and processing of raw materials, end product realization.

Key words: Timan-Severouralsk region, mining centers, clusters, mineral resources

Промышленное развитие Тимано-Североуральского региона во многом зависит от минерально-сырьевых ресурсов, представленных, прежде всего, нефтью, газом, углем. Кроме того, имеются месторождения титана, бокситов, баритов, золота, марганца и других полезных ископаемых. Состояние минерально-сырьевой базы и особенности ее освоения, в том числе территориальные, неоднократно обсуждались во многих работах [1-9 и др.]. Имеются различные схемы сырьевого, промышленного районирования Тимано-Североуральского региона, в основу которых положены особенности геологического строения территории, размещение месторождений нефти, газа, угля и других полезных ископаемых, положение действующих предприятий и сложившаяся инфраструктура. В частности, выделен ряд геолого-экономических районов: Усинский, Печорский, Тиманский, Воркутинский и др., намечены сырьевые транспортные потоки [10]. Нами в пределах геолого-экономических районов на базе месторождений твердых полезных ископаемых выделены горно-промышленные (минерально-сырьевые) узлы и рассмотрены их промышленные перспективы.

## Горно-промышленные (минерально-сырьевые) узлы

Под горно-промышленными узлами понимаются территории, характеризующиеся наличием близкорасположенных разрабатывающихся, разведанных месторождений или геологически опоискованные площади с оцененными ресурсами полезных ископаемых. Величина узлов может быть различной и составляет в среднем несколько десятков километров в длину и ширину. По степени освоения горно-промышленные узлы, учитывая подобные подходы к районированию других территорий [11], можно разделить на развитые, частично развитые или развивающиеся и потенциальные (таблица).

Воркутинский горно-промышленный узел характеризуется угольной специализацией, значительными ресурсами и запасами угля разного качества [12]. Разработка угольных месторождений ведется с 1932 г. Промышленные запасы угля марок Ж (коксующиеся) и ГЖО (применяемые для коксования и в энергетике) составляют 500 млн. т. Доля воркутинских месторождений в общем балансе коксующихся углей, добываемых в России, составляет

Основные горно-промышленные узлы Тимано-Североуральского региона и их сырьевая база

Горно- промышленные узлы	Месторождения, площади	Сырьевая база						
Развитые горно-промышленные узлы								
Воркутинский	Воркутское, Воргашорское, Усинское и др.	Уголь* (5.9 млрд. т)						
Интинский	Интинское, Ко- жимское и др.	Уголь* (2.7 млрд. т)						
Ворыквинский	Вежаю-Ворыквин- ское, Восточное и др.	Бокситы*, ванадий, галлий						
Частично ра	азвитые горно-промы	шленные узлы						
Ярегский	Ярегское	Нефть*, титан, ниобий, тантал, редкие земли						
Кожимский	Желанное и др. Чудное, Нестеровское, Караванное и др. Таврота, БалбанЮ и др. Парнокское Косьюнское Кожимское	Жильный кварц*, горный хрусталь Золото коренное Золото россыпное Мп руды, Fe руды, германий Медь Свинец, цинк						
Потенциал	пьные горно-промыші	пенные узлы						
Хойлинско- Лагортинский	Хойлинское и др. Хойлинское, Кечь- пельское и др.	Бариты Хромиты						
Енганэпейско- Манитанырд- ский	Верхненияюское, Нияхойское и др. Есто-Шор и др.	Золото коренное Золото россыпное						
		•						
Пижемско- Ичетъюский	Пижемское Ичет-Ю	Титан, ниобий, редкие земли Алмазы, золото, ниобий						
Южнотиманский	Вольская группа месторождений	Бокситы						
Вычегодский	Сереговское Чернокурка	Соль Стекольные пески						

Примечание. Знаком \* выделены полезные ископаемые, добыча которых ведется в настоящее время. В скобках отмечены запасы полезных ископаемых ( категории  $A+E+C_1+C_2$ ).

более 10 %, в том числе наиболее востребованной и дефицитной марки Ж – около 39 %. Всего на воркутинских шахтах добыто около 870 млн. т угля.

Воркутское месторождение расположено в северо-восточной части Печорского угольного бассейна. Площадь распространения угленосных отложений около 300 км². Глубина разработки угольных пластов в настоящее время колеблется от 440 до 1057 м. Угли представлены марками ГЖО, ГЖ и Ж. В разрезе угленосной толщи месторождения содержится более 130 угольных пластов и пропластков, из которых рабочей мощности достигают более 20 пластов. Основная часть ресурсов сосредоточена в пластах средней мощности и мощных. Балансовые запасы составляют около 1 млрд. т угля.

Воргашорское месторождение находится западнее Воркутского и располагается в непосред-

ственной близости от него. Площадь месторождения достигает 1500 км². Глубина разработки угольных пластов – до 400 м. Значительная часть запасов сосредоточена в пластах средней мощности. Балансовые запасы составляют 1,7 млрд. т коксующегося угля.

Юньягинское месторождение. Все запасы представлены углями марки К. Большая часть сосредоточена в тонких пластах и пластах средней мощности. Балансовые запасы составляют 22,9 млн. т угля. Добыча угля ведется открытым способом (разрез Юньягинский).

Хальмеръюское месторождение расположено в северо-восточной части Большеземельской тундры, в районе верхнего и среднего течения р. Хальмеръю. Площадь месторождения составляет около 140 км² при протяженности по простиранию до 40 км. В разрезе угленосной толщи месторождения известно до 60 пластов мощностью 0,5 м и более. Балансовые запасы составляют 88,7 млн. т высококачественных коксующихся углей. В настоящее время Хальмеръюское месторождение не разрабатывается.

Усинское месторождение коксующихся углей находится в 40–50 км к юго-западу от освоенного Воркутинского месторождения. Балансовые запасы угля составляют 2,7 млрд. т.

Южно-Сейдинское месторождение энергетических углей расположено в северо-восточной части Печорского бассейна. Балансовые запасы угля составляют 8,5 млрд. т. Благоприятными обстоятельствами являются большая мощность угольных пластов и их неглубокое залегание, близость железной дороги. Сейдинские угли отличаются от интинских более высоким качеством, они калорийные, лучше обогащаются.

Разработка угольных месторождений Воркутинского узла ведется ОАО «Воркутауголь», которое входит в состав ОАО «Северсталь». Разрабатываются три месторождения: Воркутское (шахты Северная, Воркутинская, Комсомольская, Заполярная), Воргашорское (шахта Воргашорская), Юньягинское (разрез Юньягинский). В структуре угольной компании находятся три углеобогатительные фабрики и вспомогательные предприятия. В последнее время добыча угля составляет 10-11 млн. т в год. Основными потребителями являются Череповецкий, Новолипецкий, Нижнетагильский металлургические комбинаты, Московский коксо-газовый завод, Ленинградский промышленный узел. Часть угля поставляется на экспорт. Потребность в высококачественных углях Воркуты имеется у Челябинского и Магнитогорского металлургических комбинатов. С целью оптимизации угледобычи планируется техническое перевооружение действующих шахт.

В настоящее время ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» на основании полученной лицензии проводит доразведку и переоценку запасов шахтного поля № 3 Усинского месторождения с целью постройки здесь угледобывающего предприятия.

**Интинский горно-промышленный узел,** также как Воркутинский, характеризуется угольной специализацией, но уступает последнему по запа-

сам и качеству углей. В Интинском р-не находятся Интинское, Кожимское, Еджыд-Кыртинское, Неченское, Шаръю-Заостренское, Тальбейское угольные месторождения [12]. Разработка угольных месторождений началась в 1940-х гг. Всего на интинских шахтах добыто около 380 млн. т угля.

Интинское месторождение расположено в бассейне рек Большая Инта, Черная и Кожым, являющихся правыми притоками р. Косью. Глубина разработки угольных пластов от 330 до 453 м. Угли гумусовые, высокозольные, высокосернистые, труднообогатимые, спекаемость отсутствует. По марочному составу интинские угли относятся к длиннопламенным. Балансовые запасы составляют 1,8 млрд. т.

Кожимское месторождение расположено в 45 км к юго-западу от г. Инта. Угли гумусовые, высокозольные, высокосернистые, труднообогатимые. По марочному составу они отнесены к длиннопламенным и могут использоваться в основном как энергетические. Запасы угля составляют 22 млн. т.

Еджыд-Кыртинское месторождение находится в районе Средней Печоры вблизи пос. Кырта. Угли месторождения относятся к категории газовых, с содержанием летучих до 45 %, серы – до 4,5, зольность в пределах 17–19 %. Сложность геологического строения, наряду с ограниченными запасами угля, делают месторождение непривлекательным для современной промышленной разработки.

Неченское месторождение расположено в бассейне верхнего течения р. Нечи. Угли относятся к бурым углям марки БЗ, отличаются низким содержанием серы и незначительной влажностью, что позволяет рассматривать их в качестве энергетических углей.

Заостренское месторождение расположено в южной части гряды Чернышева, в 60 км западнее г. Инта. Угли месторождения гумусовые, труднообогатимые, относятся к бурым углям. Прогнозные запасы составляют более 4,7 млрд. т. Месторождение пригодно для открытой разработки. Угли могут использоваться в качестве энергетического топлива.

В настоящее время в Интинском узле в эксплуатации находится Интинское месторождение (шахта Интинская), добычные работы ведутся ОАО «Шахта "Интауголь"». В последние годы годовая добыча угля составляла 3,5 млн. т. С 2007 г. предприятие находится в состоянии реформирования.

Ворыквинский горно-промышленный узел. В 150 км к северо-западу от г.Ухта в 1970—1980-х гг. разведаны месторождения бокситов — Вежаю-Ворыквинское, Верхнещугорское, Восточное, образующие Ворыквинскую группу месторождений [14]. Наиболее крупным является Вежаю-Ворыквинское месторождение. Наряду с глиноземными бокситами на Вежаю-Ворыквинском и Верхнещугорском месторождениях имеются маложелезистые бокситы. При дальнейшем проведении геологоразведочных работ на сопредельных площадях возможен прирост запасов. Наибольший интерес представляет Светлинская площадь.

По качеству среднетиманские бокситы пригодны для глиноземного производства и получения

цемента. Наиболее высококачественные маложелезистые бокситы могут использоваться как сырье для производства огнеупоров. Важно отметить, что для бокситов характерны повышенные содержания галлия и ванадия. По ряду причин извлечение этих компонентов из бокситов в настоящее время не производится. Имеются запасы базальтов в количестве 10,5 млн. м³, добыча которых может производиться попутно при вскрыше бокситовых залежей.

С 1998 г. Вежаю-Ворыквинское месторождение разрабатывается Средне-Тиманским бокситовым рудником (СТБР) ОАО «Боксит Тимана», входящим в состав компании РУСАЛ. Добыча бокситов в последнее время составляет около 2 млн. т в год. Верхнещугорское и Восточное месторождения подготавливаются к промышленному освоению. В 2003 г. введена в эксплуатацию железная дорога, соединяющая рудник со ст. Чинья-Ворык Северной железной дороги. Численность работников предприятия составляет около 500 чел.

Основными потребителями бокситов являются Уральский и Богословский алюминиевые заводы в Свердловской области. Кроме того, бокситы поставляются на Бокситогорский и Пикалевский глиноземные заводы в Ленинградской области, Челябинский абразивный завод, Ачинский глиноземный комбинат в Красноярском крае. Всего добыто более 17 млн. т бокситов. Произведено 122,7 тыс. м³ базальтового щебня, использованного при прокладке железной и автомобильной дорог.

Ярегский горно-промышленный узел. В Ухтинском р-не в непосредственной близости от железной дороги расположено хорошо известное Ярегское нефтетитановое месторождение, разработка которого началась с добычи нефти в 1933 г. По запасам титановых руд оно относится к крупнейшим в России [13]. Кроме нефти и титана, имеются значительные запасы редких металлов.

В настоящее время на базе Ярегского месторождения ведут работы три предприятия: ОАО «Битран» (добыча нефти на северном участке месторождения), ОАО «Ярегская нефтетитановая компания» (ЯНТК) и ОАО «ЯрегаРуда» (реализация проектов добычи титановых руд, редких металлов, попутная добыча нефти).

Кожимский горно-промышленный узел охватывает северную часть западного склона Приполярного Урала, относящуюся к Интинскому административному району. Здесь известны многочисленные месторождения и проявления высококачественного жильного кварца и горного хрусталя, образующие крупнейшую в России Приполярноуральскую кварцевожильно-хрусталеносную провинцию. К числу основных месторождений относятся Желанное, Пелингичей, Сураиз, Николай-Шор, Гранитное, Скалистое и др. Специализированные геологические работы в данном районе ведутся с 1920-х гг. Жильный кварц и горный хрусталь служат сырьем для плавки стекла и синтеза монокристаллов, которые используются в оптике и электронике. Моноблоки горного хрусталя являются пьезооптическим сырьем. Окрашенные разновидности кварца (аметист, цитрин, дымчатый кварц) представляют

большой интерес как ювелирное сырье. Добычные работы велись в течение многих лет. Кварцевое сырье поставлялось ряду российских предприятий. В середине 1990-х гг. произошел значительный спад добычи в связи с существенным сокращением спроса на сырье. В настоящее время к числу действующих относится месторождение Желанное, на котором сосредоточено около 80 % российских запасов прозрачного жильного кварца для плавки стекла, имеются запасы горного хрусталя и пьезооптического кварца. Месторождение разрабатывается ЗАО «Кожимское РДП». По заказам потребителей производится кусковой кварц для синтеза монокристаллов. Кусковой кварц в течение многих лет поставлялся на завод «Кристалл», находящийся в Челябинской области. К сожалению, емкость российского рынка и цены на кусковой кварц в настоящее время невелики, что ограничивает потенциальные возможности предприятия.

В Кожимском узле находятся основные россыпные и коренные месторождения и проявления золота, открытые в 1970-х гг.: Таврота, Пелингичей, Санавож, Синильга, Караванное, Чудное, Амфитеатр, Нестеровское и др. [15 и др.]. Есть возможность прироста запасов металла за счет доразведки месторождений Чудного и Нестеровского, а также других перспективных проявлений.

Россыпные месторождения разрабатывались различными предприятиями, в том числе старательскими. Добыто около 3,5 т золота. В конце 1990-х гг. в связи с организацией национального парка «Югыд ва» добычные и геологические работы были прекращены. В последние годы ЗАО «Голд Минералс» возобновлены геологические работы на месторождении Чудном, а в дальнейшем планируется добыча золота.

К Кожимскому узлу нами отнесено также Парнокское марганцевое месторождение, расположенное в долине р. Лемва в 80 км восточнее г. Инта. Руды этого месторождения делятся на карбонатные и окисленные. Вместе с марганцевыми находятся магнетитовые (железные) руды, отличающиеся высоким содержанием германия. В результате технологических испытаний, проведенных различными предприятиями (Маханобрчермет, Урал-Механобр, ВИМС и др.), установлено, что при переработке марганцевых руд могут быть получены высоко-, средне- и малоуглеродистый ферромарганец, низкофосфористый силикомарганец, сварочные флюсы, электролитический марганец и электролитический диоксид марганца.

Лицензией на разработку Парнокского марганцевого месторождения владеет ОАО «Марганец Коми» – филиал ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат». Всего за время эксплуатации месторождения добыто 129,9 тыс. т руды, которая поставлялась на Алапаевский завод ферросплавов и Челябинский цинковый завод. С 2005 г. добычные работы приостановлены. Сейчас проводится доизучение месторождения.

Кроме месторождений кварца, горного хрусталя, золота и марганца, в Кожимском узле имеются Косьюнское месторождение медистых песчаников с

ресурсами более 2,5 млн. т и Кожимское свинцовоцинковое месторождение с ресурсами в несколько сот тысяч тонн.

Хойлинско-Лагортинский потенциальный горно-промышленный узел находится на западном склоне Полярного Урала южнее Енганэпейско-Манитанырдского узла. Здесь в 50 км южнее железнодорожной ст. Елецкая расположены Хойлинское, Малохойлинское и Пальникское месторождения баритов, открытые в 1980-е гг. Общие прогнозные ресурсы оцениваются в 60 млн. т. Детально разведано Хойлинское месторождение [16–18 и др.]. Выделены три промышленные залежи: Восточная, Центральная и Западная. Запасы баритов на месторождении составляют 9 млн. т, ресурсы — 20, запасы, подготовленные для открытой разработки, — 2,2 млн. т (это 30 % от всех разведанных запасов баритов в России).

ЗАО «Хойлинский ГОК» был выполнен большой объем работ по освоению Хойлинского баритового месторождения, создана обогатительная фабрика, находящаяся в г. Воркута. Баритовые концентраты обладают высоким качеством, полностью соответствуют мировым стандартам и пригодны для использования как утяжелители буровых растворов, для получения баритсодержащих цементов, в лакокрасочной промышленности и др. К сожалению, пока не удается сформировать устойчивый рынок сбыта баритов. В связи с этим добычные работы на Хойлинском месторождении остановлены.

Большое значение имеют хромитовые месторождения Полярного Урала. Основные из них находятся в Тюменской области и разрабатываются в течение ряда лет. В Воркутинском р-не известны перспективные рудные поля и месторождения: Хойлинское, Кечпельское, Верхнелагортинское, Пайты. Ресурсы хромитовых руд составляют около 40 млн. т. Благоприятным обстоятельством является то, что они расположены вблизи Хойлинского баритового месторождения.

Отмеченные минерально-сырьевые узлы, конечно, не охватывают все месторождения Тимано-Североуральского региона. К числу перспективных можно отнести Верхнепечорский соленосный бассейн и Верхнепечорское месторождение калийномагниевых солей. На Среднем Тимане имеются проявления редких металлов, золота, меди. На западном склоне Приполярного и Полярного Урала известны Минисейское, Падьягинское месторождения медистых песчаников. Лемвинское золоторудное проявление. Илычское свинцово-цинковое месторождение, Торговское вольфрам-молибден-висмутовое проявление и др. На Пай-Хое находится Амдерминское месторождение флюорита и ряд медно-никелевых проявлений. Большое значение имеют месторождения горючих сланцев (Удорский р-н и др.), многочисленные месторождения строительных материалов и др.

**Енганэпейско-Манитанырдский потенциальный горно-промышленный узел**. Он находится в Воркутинском административном р-не в 40– 60 км юго-восточнее г. Воркута и охватывает территорию хребтов ЕнганэПе и Манита-Нырд, относящихся к западному склону Полярного Урала. Здесь выделяются две перспективные золотоносные плошади – Енганэпейская и Манитанырдская. в пределах которых известны коренные и россыпные проявления и месторождения, открытые в 1960-е гг. На Манитанырдской площади находятся золоторудные месторождения Нияюское и Нияхойское. В последние годы ЗАО «Миреко» проведены поисковооценочные работы, позволившие получить дополнительные данные о золотоносности района. Наиболее крупным является Нияюское месторождение, на котором оценены запасы золота, серебра и мышьяка. Особенностью Нияюского месторождения является то, что руды относятся к типу упорных, и извлечение золота из них сопряжено со значительными технологическими трудностями. Это осложняет вовлечение месторождения в разработку. В дальнейшем при продолжении геологических работ в районе возможно выявление новых мелких золоторудных месторождений и небольших россыпей. Одним из перспективных является Естошорский участок.

На северо-восточном окончании хребта ЕнганэПе в долине р. Ния-Ю имеется месторождение каолинит-кварцевого сырья Ния, ресурсы которого составляют 24 млн. т.

Пижемско-Ичетьюский потенциальный горно-промышленный узел. Ресурсы титановых руд на Среднем Тимане не исчерпываются Ярегским месторождением. К северу от него находится Пижемское месторождение титана. Руды характеризуются повышенным содержанием редких металлов. Благоприятным фактором освоения Пижемского месторождения является малая глубина залегания рудных толщ, что обусловливает возможность его открытой разработки. Вблизи Пижемского титанового месторождения расположено комплексное алмаззолото-редкометальное проявление Ичет-Ю, также представляющее промышленный интерес, но в настоящее время не разрабатывающееся.

Южнотиманский потенциальный горнопромышленный узел. Его перспективы связаны с Вольской группой бокситовых месторождений, которые по ресурсам сопоставимы со среднетиманскими. Кроме того, известны Дозмерское месторождение серы, проявления гипса. Представляют интерес находки алмазов.

Вычегодский потенциальный горно-про**мышленный узел.** Прежде всего следует отметить Сереговское месторождение каменной соли, находящееся в Княжпогостском р-не. Начало разработки этого месторождения относят к XII в. В начале XVII в. возник Сереговский сользавод. Запасы каменной соли составляют 2750,4 млн. т, ресурсы оцениваются в 5 млрд. т. Добыча соли проводилась методом подземного выщелачивания. В настоящее время добычные работы приостановлены. В Вычегодском узле имеются также месторождения и проявления стекольных песков. Наиболее крупным является месторождение Чернокурка-1 в Усть-Вымском р-не. Запасы песков на нем составляют 19,9 млн. т. В исходном виде пески пригодны для производства бутылочного стекла.

# Перспективы развития горно-промышленных узлов, предпосылки формирования кластеров

Проблемы повышения эффективности региональных экономик и территориальной организации хозяйственной деятельности изучаются достаточно давно. В условиях плановой экономики зародилась и получила практическое воплощение концепция территориально-производственных комплексов [19 и др.]. Под ТПК понимается экономически взаимообусловленное сочетание предприятий в пределах определенных территорий (регион, республика, район и др.). По производственной специализации ТПК разделяются на отраслевые (металлургические, топливно-энергетические, лесопромышленные и др.) и многоотраслевые.

В последнее время при анализе экономической структуры регионов и разработке стратегий их развития часто используется кластерный подход. Термин «кластер» предложен М. Портером [20 и др.]. Им введены понятия «промышленный кластер», «региональный кластер», «отраслевой кластер» и др. Основу кластера составляет наличие определенных взаимосвязей между входящими в его состав фирмами. Имеется ряд работ российских и зарубежных специалистов, посвященных общим и частным проблемам экономической кластеризации различных регионов [21-26]. Кластеры могут отличаться друг от друга по географическому масштабу, способу возникновения, структуре, степени развития, характеру производственных связей и др. В частности, по масштабу кластеры делятся на точечноочаговые, локальные, региональные, межрегиональные и транснациональные. По виду интеграции входящих в состав кластера фирм они могут быть вертикально или горизонтально интегрированными, а также комбинированными. Организационно-правовую основу кластеров составляют корпорации, синдикаты, холдинги, фирмы, комбинаты и др.

По сути, региональные экономические кластеры являются родственным по отношению к территориально-производственным комплексам, поскольку и кластеры, и ТПК представляют собой отраслевую и географическую концентрацию предприятий, посредством которой достигается определенный экономический эффект. Тем не менее, отмечается существование некоторых отличий кластеров от ТПК. Кластеры характерны для условий рыночной экономики, складываются естественным образом и при наличии базовых предприятий не являются территориально замкнутыми.

Сущность кластерного подхода к освоению природных ресурсов малоисследованных и слабо вовлеченных в хозяйственный оборот территорий, особенности формирования горно-промышленных кластеров рассмотрены в работе [11]. Горно-промышленный кластер определен как сочетание предприятий, фирм, компаний геологоразведочного, горного, обогатительного, перерабатывающего характера, объединенных различными видами связей.

В настоящее время в целях дальнейшего освоения минерально-сырьевой базы Тимано-Северо-

уральского региона разработаны и находятся на разных стадиях реализации ряд масштабных проектов.

Прежде всего, следует отметить проводящуюся сейчас модернизацию ОАО «Воркутауголь» угольных шахт Воркутинского горно-промышленного узла [27 и др.]. Предусматривается техническое перевооружение шахт, обеспечение конкурентоспособности товарной продукции на российском и мировом рынках. ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» в 2011 г. начал работы по геологическому изучению, разведке и разработке Усинского месторождения коксующихся углей. В перспективе возможно освоение Сейдинского месторождения энергетических углей. В Интинском узле идет реформирование ОАО «Шахтоуправление "Интинская угольная компания"» с созданием на базе его имущественного комплекса нового угледобывающего предприятия.

Весьма актуальным является развитие боксито-глиноземного комплекса [14, 28, 29 и др.]. В 1998 г., наряду с разработкой бокситовых месторождений Ворыквинской группы, подготовлен проект и начато строительство Сосногорского глиноземного завода, которое впоследствии по ряду причин временно приостановлено. Проектом предусмотрено увеличение мощности бокситового рудника до 6,5 млн. т бокситов в год, в том числе 5,5 млн. т гидрохимического сорта и 1 млн. т спекательного сорта. Таким образом, мощность рудника должна быть увеличена почти в три раза, что повлечет необходимость реконструкции подъездной железной дороги. Сам завод будет представлять целый комплекс зданий и сооружений. В него войдут: промплощадка, шламохранилище и полигон для твердых производственных и бытовых отходов, подъездные пути, железнодорожная станция, водоводы, очистные сооружнения, ТЭЦ и др. Капитальные вложения в решение этих задач составят около 44 млрд. руб. Согласно проекту Сосногорский глиноземный завод будет производить 1,4 млн. т глинозема в год, что позволит сократить дефицит сырья для российской алюминиевой промышленности на 30 – 40 %. Конкурентоспособность сосногорского глинозема будет обеспечиваться его относительно низкой себестоимостью. Ежегодные поступления в бюджет Республики Коми составят около 2 млрд. руб. В боксито-глиноземном комплексе будет задействовано более 2,5 тыс. работников.

Строительство глиноземного завода позволит вовлечь в эксплуатацию имеющиеся на Южном Тимане месторождения бокситов, которые пока не разрабатываются. В дальнейшем на базе тиманских бокситов планируется создание Печорского алюминиевого завода производительностью 0,3 — 0,5 млн. т металла в год. Это придаст бокситоглиноземному комплексу законченный вид с полным производственным циклом от добычи бокситов до выпуска алюминия.

В будущем сами отходы глиноземного производства (красные шламы) могут стать многолетним, большеобъемным и технологически подготовленным (перемолотым) сырьем для изготовления различных видов стройматериалов.

Большое значение имеют планы создания Ярегского горно-химического комбината [28 и др.]. В

частности, согласно проекту ОАО «ЯрегаРуда» предполагается добыча и переработка 650 тыс. т руды в год с получением конечных товарных продуктов: пигментный диоксид титана — 42,5 тыс. т в год, нанодиоксид титана — 0,5 тыс. т в год, диоксид кремния (аэросил) — 5 тыс., органокремнезем — 1 тыс., цветные титановые пигменты — 5 тыс., метасиликат натрия — 59 тыс., нефть — 175 тыс. т в год. Предполагаемая численность персонала 733 чел. Общая продолжительность отработки запасов — не менее 50 лет. Организация добычи и переработки титановых руд Ярегского месторождения с производством пигментного диоксида титана позволит горно-химическому предприятию занять доминирующее положение на российском рынке.

ОАО «Ярегская нефтетитановая компания» в пределах своего лицензионного участка реализует проект, предусматривающий пирометаллургический передел руд с получением титанового шлака, лигатуры и различных нефтепродуктов. Кроме того, существуют планы по производству титанового коагулянта для очистки промышленных и питьевых вод.

Наряду с Ярегским месторождением в дальнейшем весьма вероятно вовлечение в эксплуатацию Пижемского титанового месторождения, на котором ОАО «Русские минеральные ресурсы» проводит соответствующий комплекс геологоразведочных работ. Не исключено, что в ходе этих работ будут вовлечены в промышленный оборот редкие металлы, золото и алмазы проявления Ичет-Ю.

Разработка Ярегского и Пижемского титановых месторождений может повлечь за собой возобновление работ по добыче соли на Сереговском месторождении как источнике хлора, необходимого для получения диоксида титана.

Имеются предпосылки для развития других минерально-сырьевых (потенциальных горно-промышленных) узлов, в частности, Кожимского, где на ряде месторождений ведутся работы по возобновлению добычи золота, кварца, марганца, Хойлинско-Лагортинского (бариты, хромиты). Особенностью этих узлов является то, что находящиеся в их пределах месторождения в основном мелкие и нуждаются в доразведке, дорожное сообщение слабое либо вовсе отсутствует. Существуют проблемы привлечения инвестиций и повышения конкурентоспособности вновь создаваемых горных предприятий. В связи с этим при геолого-экономической оценке тех или иных узлов необходима проработка вариантов с учетом особенностей пространственного сочетания минеральносырьевых ресурсов.

В частности, в Кожимском узле возможно взаимодействие предприятий, занимающихся добычей золота (месторождение Чудное и др.), марганца (Парнокское) и высококачественного кварца (месторождение Желанное), в перспективе — меди (Косьюнское), в Хойлинско-Лагортинском и Манитанырдском — золота (Нияюское), баритов (Хойлинское месторождение), меди, хромитов. Очевидно, что на начальных стадиях будет преобладать горизонтальная интеграция предприятий. Экономический эффект может быть достигнут за счет разделения затрат на обустройство инфраструктуры,

общей для всех предприятий, входящих в состав кластера, как то: прокладка дорог, обустройство промежуточных баз, рабочих поселков и др. Близко расположенные золоторудные месторождения Кожимского или баритовые месторождения Хойлинского узлов могут обслуживаться одной обогатительной фабрикой. Весьма вероятно создание единого горно-химического комбината при разработке Ярегского и Пижемского титановых месторождений.

В ходе развития горно-промышленных узлов большое значение имеет рациональное, комплексное освоение месторождений полезных ископаемых [8 и др.]. Рациональность предполагает по возможности полное вовлечение в промышленный оборот минерального сырья, а также отходов обогащения, получение максимальной прибыли при минимальном экологическом ущербе. Одно и то же сырье (уголь, титан, хромиты, бариты, кварц и др.) может использоваться по разным направлениям. Это основа для формирования отдельных специфических производств, расширения рынков сбыта, повышения доходности и рентабельности предприятий.

Многие месторождения рассматриваемого региона могут быть отнесены к числу комплексных. Как уже отмечалось выше, на Ярегском месторождении имеются запасы нефти, титана, редких металлов, на Пижемском — титана и редких металлов, на Парнокском — марганца, железа и германия, на Ичет-Ю — редких металлов, золота и алмазов. В бокситах ряда месторождений присутствуют ванадий и галлий, на некоторых золоторудных месторождениях отмечаются повышенные содержания платиноидов. Необходимость комплексного освоения месторождений очевидна. Однако в настоящее время по ряду причин технологического и экономического характера извлечение из руд попутных компонентов, в частности ванадия и галлия из бокситов, не ведется.

Анализ современного состояния и тенденций освоения месторождений различных полезных ископаемых свидетельствует о зарождении или сушествовании предпосылок зарождения горнопромышленных структур кластерного типа с вертикальной и горизонтальной интеграцией потенциальных предприятий (бокситы-глинозем-алюминий, титановые руды – продукты их переработки и др.). В связи с этим особого внимания заслуживает уголь, который пока используется лишь в металлургии и как топливно-энергетическое сырье. Вхождение угледобывающих предприятий в состав крупных металлургических компаний крайне важно. Однако. что уже многократно отмечалось ранее [6 и др.], возможно использование угля как сырья для химической промышленности. Реализация этого направления может повлечь за собой создание на базе угольных месторождений целого ряда различных взаимосвязанных предприятий. К сожалению, развитие углехимии в регионе пока остается проблематичным.

Кластеризация территориальной экономики – это естественный процесс в условиях рыночных отношений, выгодный для социально-экономического развития региона. Предпочтительно формирование крупных вертикально интегрированных компаний, поскольку максимальное увеличение

добавленной стоимости происходит не на стадии добычи минерального сырья, а при получении конечных товарных продуктов.

Следует отметить, что между ведомственным (корпоративным) и территориальным подходами к освоению минерально-сырьевых ресурсов часто возникают противоречия. Предприятия заинтересованы в максимальном получении прибыли, что приводит к освоению легко доступных месторождений, добыче богатых руд, неизвлечению полутных компонентов, вывозу сырья и др. Развитие территорий, долгосрочная занятость населения предполагают не только добычу, но и переработку сырья, получение высокотехнологичной наукоемкой продукции, вовлечение в промышленный оборот различных видов сырья, его рациональное и комплексное использование.

В ходе территориальной организации экономики и формирования кластеров важная роль принадлежит не только бизнесу, но и органам государственной власти, которые должны стимулировать и регулировать процессы кластеризации, учитывать их при развитии региональной инфраструктуры.

#### Заключение

В пределах Тимано-Североуральского региона на базе месторождений твердых полезных ископаемых, наряду с уже достаточно развитыми, можно выделить развивающиеся или частично развитые и потенциальные горно-промышленные узлы. К развитым относятся Воркутинский, Ворыквинский, Интинский узлы, к частично развитым — Кожимский, Ярегский, к потенциальным — Енганэпейско-Манитанырдский (золото), Хойлинско-Лагортинский (бариты, хромиты), Пижемско-Ичетьюский (титан, золото, алмазы, редкие металлы), Южнотиманский (бокситы), Вычегодский (соль, стекольные пески). Ведется добыча в основном угля и бокситов, планируется — титана, золота, кварца и марганца.

Для дальнейшего эффективного освоения минерально-сырьевой базы региона и его социально-экономического развития большое значение имеет формирование кластерных структур, включающих различные горизонтально и, что особенно важно, вертикально интегрированные предприятия, начиная от геологоразведки, добычи и обогащения сырья до производства различной конечной товарной продукции и ее реализации. Наиболее очевидны предпосылки становления бокситового (бокситы, глинозем, алюминий), титанового и угольного горно-промышленных кластеров.

Работа выполнена при поддержке программ ОФИ УрО РАН № 11-5-20-НДР, Президиума РАН № 27 (12-П-5-1027).

## Литература

1. Боровинских А.П. Перспективы развития и использования минерально-сырьевой базы Республики Коми // Горный журнал. 2007.  $N_2$  3. C.46–50.

- 2. Бурцев И.Н., Калинин Е.П., Бурцева И.Г. Республика Коми в минерально-сырьевом потенциале России. Сыктывкар: Геопринт, 1997. 72 с.
- Герасимов Н.Н. Минерально-сырьевой комплекс – основа устойчивого развитя Республики Коми // Горный журнал. 2007. № 3. С. 16-20.
- 4. Дмитриева Т.Е., Аминов Л.З., Баннова В.А. и др. Минерально-сырьевой комплекс Республики Коми: проблемы и перспективы развития. Сыктывкар, 1999. 135 с. (ИЭСПС Коми НЦ УрО РАН).
- 5. Лаженцев В.Н. Экономико-географическая концепция территориального планирования. М.: Наука, 1990. 128 с.
- 6. Лаженцев В.Н. Опыт комплексного исследования проблем территориального развития / Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2003. 192 с.
- Лаженцев В.Н. Север России и региональные проблемы сырьевого сектора экономики // Горный журнал. 2007. № 3. С.4–10.
- 8. *Лаженцев В.Н.* Республика Коми: стратегия социально-экономического развития / Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 1995. 40 с.
- 9. *Юшкин Н.П.* Геолого-экономические основы рационального освоения минеральных ресурсов европейского Северо-Востока // Проблемы экономики минерального сырья Тимано-Печорского территориально-производственного комплекса. Сыктывкар, 1989. С. 4–14. (Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО АН СССР, Вып. 70).
- Юшкин Н.П., Бурцев И.Г. Перспективные транспортные коридоры и формирование новых минерально-сырьевых потоков на европейском севере России // Горный журнал. 2007. № 3. С. 11–13.
- 11. Пространственная парадигма освоения малоизученных территорий: опыт, проблемы, решения / Под общ. ред. А.И.Татаркина. Т.2. Екатеринбург, 2009. 460 с. (Институт экономики УрО РАН).
- 12. Уголь и торф Урала. Уральская горная энциклопедия Т. V. / Ред. И.В. Дементьев Екатеринбург, 2007. 709 с.
- 13. *Авджиев Г.Р., Коржаков В.В.* Ярегское месторождение крупная и перспективная сырьевая база развития титановых производств в России // Народное хозяйство Республики Коми. Воркута-Сыктывкар-Ухта, 1993. Т.2. № 1. С. 77–84.
- 14. *Броневой В.А., Мальцев К.Р., Карапетян А.В., Иевлев А.А.* Создание современного бокситоглиноземного комплекса в Республике Коми // Горный журнал. 2007. № 3. С. 28–31.
- 15. *Гранович И.Б.*, *Тарбаев М.Б.* Минеральносырьевая база золота Республики Коми и пути ее освоения // Руды и металлы. 1996. № 4. С. 5–16.

- 16. *Герасимов Н.Н.* Добыча и переработка баритового сырья // Горный журнал. 2007. № 3. С. 75-79.
- 17. *Калинин Е.П.* Бариты Республики Коми: современное состояние и перспективы развития // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 3. С.2–5.
- 18. *Юшкин Н.П., Кунц А.Ф., Таранина Т.И.* Бариты Урало-Пайхойской провинции. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 338 с.
- ринбург: УрО РАН, 2002. 338 с. 19. *Колосовский Н.Н.* Теория экономического районирования. М.: Мысль, 1969. 336 с.
- Портер М.Е. Экономическое развитие регионов // Пространственная экономика. 2006.
   № 4. С.115.
- 21. *Афанасьев М., Мясникова Л*. Мировая конкуренция и кластеризация экономики // Вопросы экономики. 2005. № 4. С. 75–86.
- 22. Ларина Н.И. Региональные кластеры и территориально-производственные комплексы как форма территориальной организации производства // Регион: экономика и социология. 2007. № 4. С. 126–138.
- 23. *Мингалева Ж., Ткачева С.* Кластеры и формирование структуры региона // Мировая экономика и международные отношения. 2000. № 5.
- 24. Пахомов В.П., Полянская И.Г., Кокарева М.С. Системный анализ существующих подходов к комплексной оценке природных ресурсов территорий различного уровня освоенности и размера, обеспечивающих формирование природноэксплуатирующих кластеров. Препринт. Екатеринбург, 2008. 70 с. (Институт экономики УрО РАН).
- 25. *Раевский С.В., Винокурова Ю.В.* Кластерная концепция организации структуры экономики регионов // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 5. С. 27–30.
- 26. *Татаркин А.И.*, *Лаврикова Ю.Г.* Кластерная политика региона // Промышленная политика в Российской Федерации. 2008. № 8. С. 11–19.
- 27. Логинов А.К., Смирнов М.И. Модернизация угольных шахт Воркутинского промышленного района // Горный журнал. 2007. № 3. С. 41-46.
- 28. Селянкин А.Н., Иевлев А.А., Науменко О.Г. Перспективные инновационные проекты в горнорудной отрасли промышленности Республики Коми // Горный журнал. 2007. №3. С. 22–27.
- 29. Сиротин В.И., Гутникова Т.Н. Освоение бокситовых месторождений Республики Коми стратегическая задача развития горнорудной промышленности России // Горный журнал. 2007. № 3. С. 71–75.

Статья поступила в редакцию 25.08.2011.

# XPOHNKA

УДК 94:001.8:330.342:323.1(470.1)

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ\*

М.В. ТАСКАЕВ

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

history@mail.komisc.ru

Анализируются исследования сектора отечественной истории Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН за последние годы в свете объявленного 2012 г. Указом Президента Российской Федерации Годом российской истории.

Ключевые слова: европейский Северо-Восток России, межнациональные отношения, индустриализация

# M.V. TASKAEV. ACTUAL PROBLEMS OF REGIONAL HISTORICAL RESEARCH

Researches of the Sector of Russian History of the Institute of Language, Literature and History, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, in recent years in view that 2012 by the Decree of the President of the Russian Federation was declared the Year of the Russian history, are analyzed.

Key words: European Northeast of Russia, international relations, industrialization.

2012 год объявлен Годом российской истории. Сектор отечественной истории Института языка, литературы и истории Коми научного центра УрО РАН в последние годы реализует плановые научные темы, актуальность которых в исторической науке несомненна. Тема сектора «Межнациональные отношения на европейском Северо-Востоке: история и современное состояние» выполнялась в 2007–2009 гг., тема «Индустриализация европейского Северо-Востока России: предпосылки, факторы, цели, содержание, способы осуществления и влияние на социально-экономическое, политическое, этнодемографическое и культурное развитие региона» – с 2010 г.

История России как многонационального государства всегда будет актуальной, особенно учитывая современные национальные проблемы и межнациональные взаимоотношения в стране. Необходимость научного осмысления места и роли межнациональных отношений в целях разработки и обоснования новых путей гармонизации межнациональных отношений очевидна. Академически масштабно вопросы о характере и особенностях межнациональных отношений на европейском Северо-Востоке России с древнейших времен до настоящих дней рассматривались в ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН впервые.

Сектором отечественной истории ИЯЛИ были проанализированы истоки и исторические предпосылки формирования межнациональных отношений на европейском Северо-Востоке страны, выявлены их особенности. В основу государственной национальной политики в Российской империи был положен Устав «Об управлении инородцев», принятый в 1822 г. и заложивший систему управления неславянскими народами. Финно-угорский коми народ приравнивался к русским тягловым сословиям (мешанам, государственным крестьянам) и административное управление здесь было сходным с губерниями европейской части страны. До революции коми и ненцы не имели своего национальногосударственного образования и были рассредоточены по территории нескольких губерний. После революции в 1921 г. была образована Коми автономная область, в 1929 г. – Ненецкий национальный округ в составе РСФСР. В советский период проводилась национальная политика, основанная на Декларации о самоопределении народов и Конституциях СССР. После распада СССР в 1992 г. в Российской Федерации был образован Государственный комитет (министерство) по национальной политике. Нынешняя национальная политика в РФ осуществляется на базе Конституции РФ и «Закона о национально-культурной автономии».

Основные подходы к реализации темы межнациональных отношений были озвучены в ряде

<sup>\*</sup> Доклад представлен на расширенном заседании Президиума Коми НЦ УрО РАН, посвященном Дню науки 8 февраля 2012 г.

докладов на проведенной в 2009 г. ИЯЛИ Коми НЦ УрО РАН совместно с Министерством национальной политики Республики Коми Всероссийской научной конференции «Межнациональные отношения на Европейском Севере: история и современное состояние». Е.Ф.Кринко (Ростов-на-Дону), например, выделил в отечественной историографии межнациональных отношений середины XX столетия два этапа исследований, акцентируя внимание на то, что «...в последнее время в развитии историографии проблемы произошли серьезные изменения, возникли принципиально новые подходы в интерпретации советской национальной политики. Особенно большое внимание уделяется проблеме депортаций и их последствий. Однако обращение к данным сюжетам нередко сохраняет политизированный характер, что выражается, в частности, в попытках «посчитать», какой народ больше других пострадал от репрессий, заострить внимание на несправедливости только по отношению к конкретному народу. Тем не менее, исследователи обращаются и к вопросам межэтнических противоречий во время эвакуации, антисемитизму и другим негативным аспектам межнациональных отношений. В результате в отечественной историографии постепенно формируется все более полная и обстоятельная картина советской национальной политики и межэтнических отношений военных лет» [1]. А.Л.Кузьминых (Вологда) в своем докладе, посвященном межнациональным взаимоотношениям в лагерях военнопленных на европейском Севере. заметил, что «сохранение в плену своей этнической целостности и однородности помогало военнопленным поддерживать свои национальные и культурные традиции, сохранять свой менталитет. Отрицательным моментом этнического размежевания было то, что лагерные власти зачастую использовали национальные противоречия для управления лагерным социумом, действуя по принципу «разделяй и властвуй» [2].

Не менее интересны материалы доклада Е.И.Кильсеева (Нижний Новгород) с тезисом, что «...Пермь Вычегодская (Коми край) стала первой территорией с нерусским населением, присоединенной в 1364 г. к Московскому государству» [3]. В.И.Коротаев (Архангельск) выявил национальный состав спецпереселенцев Коми АО в довоенный период [4], Е.И.Клементьев и С.В.Ковалева (Петрозаводск) рассмотрели межнациональные проблемы в Карелии. Е.И.Клементьев в своем докладе сделал вывод, характерный не только для Карелии, но и европейского Северо-Востока России: «... В результате произошедших социально-экономических подвижек в системе сельских поселений деревня как естественная природная, социальная и культурная среда жизнедеятельности карельского этноса, его воспроизводства стала терять былую социально-этническую значимость. В условиях инонационального окружения возможности внутриэтнического общения существенно сужались, ослабляя тем самым мотивацию на такое общение и внутриэтническую консолидацию. С высокой степенью вероятности можно говорить о том, что при снижении внутриэтнической сплочённости и нарастании межэтнических связей, реализуемых при комфортном климате во взаимоотношениях представителей разных национальностей, этническая компонента в самоидентификации карельского населения будет последовательно слабеть» [5]. С.В.Ковалева обратилась к такой проблеме межнациональных отношений, как владение родным языком. В своем докладе она обратила внимание на то, что «... следствием урбанизации становится пассивное владение языком (меньшинства) или, в худшем случае, полная утрата языковых навыков его носителями. Язык теряет социальную базу своего функционирования, а именно - самих носителей языка, общение на языке приобретает спорадический характер, или вообще прекращается. Носители языка растворяются в условиях города, лишь незначительная часть из них пользуется родным языком в профессиональных целях (например, в процессе преподавания). Процессы языковой и этнической ассимиляции во многом явились следствием именно переселения карельского населения из села в город» [6]. Подобные явления касаются не только Карелии, но и европейского Северо-Востока страны, о чем на конференции в своих докладах говорили также П.В.Габов, А.А.Попов, Н.А.Нестерова, Е.Н.Рожкин [7]. Материалы Всероссийской конференции, целиком посвященные такой сложной теме, как межнациональные отношения на Европейском Севере, - первая публикация подобного рода в историографии.

Кроме организации этой конференции сектор работал над сбором новых архивных документов по теме. Был выявлен новый и порой уникальный архивный материал (свыше 5 тыс. документов). В настоящий момент он в виде научного отчета объемом более 100 а.л. заархивирован в 8 томах в Научном архиве Коми НЦ УрО РАН [8]. По теме были опубликованы академический сборник статей [9], авторский сборник документов [10], депонирована в ИНИОН РАН авторская монография [11], изданы уже упоминаемые выше материалы Всероссийской конференции. В рамках темы готовились диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук аспиранта В.Н.Каракчиева «Исполнительная власть в Коми автономной области» и соискателя сектора Т.В.Юзыкайн «Молодежное движение финно-угорских народов в конце ХХ- начале XXI вв.». Все вместе взятое позволяет говорить об успешной реализации плановой темы сектора в 2007-2009 гг.

В 2010 г. сектор отечественной истории ИЯЛИ начал работу над новой исследовательской темой, актуальность которой также очевидна. Ведь буквально за полвека аграрный европейский Северо-Восток в XX в. превратился в индустриально промышленный регион с развитой инфраструктурой, и такая стремительная экономическая модернизация нуждается в исследованиях. Проблемы индустриализации различных стран и регионов и индустриализации СССР, в частности, по-прежнему привлекают пристальное внимание отечественных и зарубежных исследователей. Высказываются различные, порой прямо противоположные взгляды

на целесообразность темпов и методов проведения индустриализации, обоснованность ее задач и влияние тех или иных факторов на осуществление последних. Специальное внимание сектор отечественной истории ИЯЛИ решил уделить анализу воздействия индустриализации региона на трансформацию традиционной этнической культуры и быта.

Создание крупного машинного производства и переход на этой основе от аграрного к индустриальному обществу, во-первых, оказывают многостороннее воздействие на все грани не только экономического, но и этнодемографического, социально-политического и культурного развития региона. Во-вторых, индустриализация европейского Северо-Востока, и в первую очередь формирование здесь добывающей промышленности, сыграла важную роль в истории государства в целом. В имеющихся публикациях далеко не в полной мере освещены, например, такие актуальные вопросы, как экономические и технические аспекты индустриализации, особенности качественных изменений в народном хозяйстве, роль государственного бюджета как главного источника капиталовложений в промышленность, механизм централизованного финансирования промышленного развития, его закономерности, теоретическое значение основных принципов индустриализации и их практическое воплощение, цена индустриализации, взаимосвязь индустриализации и террора, эффективность использования принудительного труда, колебания качественных характеристик промышленных кадров: диспропорции в структуре промышленности; неэффективность централизованной системы управления промышленностью, приспособленной действовать лишь в условиях мобилизации сил; политический и экономический волюнтаризм центральной власти в отношении промышленности, вклад конкретных личностей в дело индустриализации.

Изучение процесса индустриализации такого крупного и значимого в экономическом плане региона, как европейский Северо-Восток России, выявление отличительных и общих черт этого процесса, как представляется, позволит внести значительный вклад не только в исследование региональной истории, но и в понимание исторического опыта модернизации государства в целом.

К настоящему времени определен круг исторических источников и сформирована источниковая база для реализации темы по истории индустриализации европейского Северо-Востока России, изучена история становления и развития ряда отраслей промышленности региона, начата работа над коллективной монографией «История индустриализации европейского Северо-Востока России», в секторе готовятся к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук аспиранта А.А.Нисковского «Региональная политика индустриализации в 1920-1930-х гг. (на материалах Республики Коми)», аспиранта И.А.Мартюшева «Реализация государственной политики в области стандартизации и метрологии в Коми АССР (1935конец 1980-х гг.)».

Сформулированные по указанным выше тенаучные положения, обобщения и выводы, комплекс архивных документов в 8 томах могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях по проблемам межнациональных отношений, национализма, конфликтологии, этносоциологии; в учебном процессе при подготовке специализированных курсов и программ, в деятельности общественных организаций и политических партий, внедрении законодательных актов по гармонизации этнокультурного многообразия и целостности России. Введение в научный оборот нового материала об истории индустриализации на европейском Северо-Востоке: использование полученных новых знаний при создании обобщающих работ по истории модернизации России, Европейского Севера, финно-угорских народов и регионов в образовательной и культурно-просветительской деятельности. Использование исторического опыта индустриализации и ее социокультурных и иных последствий при выработке новых концепций развития Севера и иных регионов многонациональной России станет важной вехой в региональной исторической науке.

## Литература

- 1. Кринко Е.Ф. Отечественная историография национальной политики и межэтнических отношений в СССР в 1941—1945 гг.: этапы, проблемы, решения//Межнациональные отношения на Европейском Севере: история и современное состояние: Материалы Всероссийской научной конференции. Сыктывкар, 2010. С.89.
- 2. *Кузьминых А.Л*. Межнациональные отношения в лагерях военнопленных европейского Севера СССР// Межнациональные отношения на Европейском Севере: история и современное состояние... С.92.
- 3. Кильсеев Е.И. Московское великое княжество и становление московского государственного управления в Перми Вычегодской (Коми крае)//Межнациональные отношения на европейском Севере: история и современное состояние...С.54.
- 4. Коротаев В.И. Национальный состав спецпереселенцев Коми АО в 1930-х гг.// Межнациональные отношения на Европейском Севере: история и современное состояние... С.77–85.
- 5. *Клементьев Е.И.* Социально-демографические факторы формирования среды обитания карельского этноса во II половине XX века// Межнациональные отношения на Европейском Севере: история и современное состояние...С.60.
- 6. Ковалева С.В. Современная языковая культура города (на примере карельского языка)// Межнациональные отношения на Европейском Севере: история и современное состояние...С.61.
- 7. Габов П.В., Попов А.А. Исторические аспекты государственной политики и функционирование финно-угорских языков в сфере обра-

- зования на материалах Республики Коми (вторая половина XX начало XXI в.).; Нестерова Н.А., Попов А.А. Родные языки и их роль в формировании этнической мобилизации у финно-угорских народов Европейского Севера России (на материалах Карелии и Коми); Рожкин Е.Н. Формирование программно-целевого метода развития государственных языков Республики Коми в деятельности органов исполнительной власти (конец XX начало XXI в.)// Межнациональные отношения на Европейском Севере: история и современное состояние...С.23—25, 120—127,133—136.
- 8. *Научный архив* Коми НЦ УрО РАН. Ф.5. Оп.2. Д.768-775.

- 9. Национальные отношения на европейском Северо-Востоке: история и современность (социально-экономические, политические, культурные аспекты) / Труды Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, Вып 66. Сыктывкар, 2009. 136 с.
- 10. Турубанов А.Н. Экономико-экологический фактор в развитии межнациональных отношений на европейском Северо-Востоке России XX века. Сыктывкар, 2011. 342 с.
- Мацук М.А. Коми в составе Русского государства в XVII столетии. Сыктывкар, 2011.
   345 с. Деп. В ИНИОН РАН 18.07.2011 № 60991.

УДК: 058.244 (323.325)

# СОЦИАЛЬНАЯ ГРУППА «КУЛАКИ» КАК ОБЪЕКТ НАУЧНОГО АНА-ЛИЗА\*

### г.ф. ДОБРОНОЖЕНКО

Сыктывкарский государственный университет, г. Сыктывкар g dobronozhenko@mail.ru

В докладе (на примере группы «кулаки») проанализированы объективистская и конструктивистская методология исследования социального неравенства в постреволюционной деревне в отечественной историографии. Обоснован авторский подход к исследованию темы в рамках «структуралистско-конструктивистской» концептуальной модели, которая позволяет раскрыть определяющую роль государства в структурировании нового социального пространства России/СССР. Показан механизм властного конструирования группы «кулаки» и сделан вывод о необходимости отказаться от определения терминов «кулак» и «сельские эксплуататоры» как синонимов. «Кулаки» — это социальная группа крестьян, подвергавшаяся дискриминации и репрессиям по социально-политическим мотивам. В нее входили разные социально-экономические группы сельского населения (в том числе и сельские эксплуататоры).

Ключевые слова: крестьянство, сельские эксплуататоры, кулаки, объективистская и конструктивистская методология, структуралистско-конструктивистский анализ

# G.F.DOBRONOZHENKO. SOCIAL GROUP OF "KULAKS" AS AN OBJECT OF SCIENTIFIC ANALYSIS

(On a group of "kulaks", as an example) the objectivistic and constructivist methodology of studying the social inequality in post-revolutionary village in domestic historiography is analyzed. The author's approach to studying the theme within the frames of "structuralistic-constructivist" conceptual model which allows to disclose the determining role of the state in structurization of new social space of Russia/the USSR is substantiated. The mechanism of dictatorial construction of a group of "kulaks" is shown and the conclusion on the necessity to refuse from definition of terms of "kulak" and "rural exploiters" as synonyms is made. "Kulaks" is a social group of peasants which were exposed to discrimination and reprisals on sociopolitical motives. It included different social and economic groups of agricultural population (including rural exploiters).

Key words: peasantry, rural exploiters, kulaks, objectivistic and constructivist methodology, structuralistic-constructivist analysis

В советской науке в основе исследования социального неравенства лежала объективистская методология, получившая название «ленинская методология классового анализа».

Социальные группы – бедняки, середняки и кулаки – трактовались как теоретические слепки реальных социальных классов, как они понимались в большевистской идеологии 1920–1930-х гг.

Напомним схему, известную всем, кто приобщился к системе советского образования: крестьянство было разделено (или находилось в процессе разделения) на классы: «кулаки» эксплуатировали «бедняков», а «середняки» занимали промежуточную социальную территорию между двумя полюсами.

С 1930-х гг. в советской литературе термины «кулак», «сельская (крестьянская) буржуазия» и «сельский эксплуататор» трактовались как синонимы. Класс «кулачество» — это объективно существующий в постреволюционной деревне социально-экономический слой «капиталистических предпринимателей в земледелии, живущий за счет капитала, накопленного на эксплуатации трудящегося крестьянства» [1, с. 262; 2, с. 207]. «Кулачество» определяется на основе сочетания двух признаков: зажиточность и эксплуатация бедноты (применение наемного труда, ростовщичество, содержание торгово-промышленных заведений и др.).

Характеристика класса («социально-экономической категории») «кулаки», репрессированной в 1930-е гг., тесно связана с признанием факта «механического зачисления в разряд кулаков» и раскулачивания «не только кулаков, но и середняков и

<sup>\*</sup> Доклад представлен на расширенном заседании Президиума Коми НЦ УрО РАН, посвященном Дню науки 8 февраля 2012 г.

даже бедняков», в результате чего «в ряде районов процент раскулаченных вырос до 15, а лишение избирательных прав — до 15-20%» [3, с. 62–63; 4 с. 219–220].

Таким образом, в советской историографии признавалось, что социальные границы группы крестьян, репрессированной за «классовый» статус «кулак», превышали реальную численность сельских эксплуататоров.

Характер дискуссий о социальной структуре крестьянства, развернувшихся в новейшей историографии на рубеже 1980–1990-х гг., был сформулирован В.П. Даниловым: «что представлял собой бедняк, середняк и кулак в советской деревне: были ли они реальными социальными фигурами, или же мы имеем дело всего-навсего с идеологическими персонажами, мифами?» [5, с. 31]. В этой формулировке обозначены два подхода к анализу социального неравенства в постреволюционной деревне: объективистский (структуралистский) и субъективистский (который принято называть сегодня конструктивистским).

Сторонниками объективистского подхода является подавляющее большинство наиболее авторитетных аграрников поколения «шестидесятников», публикации которых определяют методологическую направленность исследований и в новейшей историографии. Несомненна огромная заслуга В.П. Данилова, Н.А. Ивницкого, И.Е. Зеленина, Н.М. Гущина во введении в научный оборот огромного эмпирического материала, который в 1990-е гг. перевернул представления соотечественников на историю российского крестьянства.

Историки «объективисты» отказались от использования понятия «класс» в роли аналитической категории. Однако проблема социальной идентичности в нэповской деревне по-прежнему анализируется на основе экономических признаков (размер имущества и величина дохода) и отношений эксплуатации-зависимости, т.е. с точки зрения марксистского классового анализа, предметом которого являются социально-экономические группы, связанные между собой социальными отношениями, занимающие разное место в общественном разделении труда.

«Объективисты» придерживаются мнения о дифференциации крестьянства в 1920-е гг. на «социально различающиеся слои, среди которых были и эксплуатируемые, и эксплуатирующие»; «наличие в крестьянстве формирующегося эксплуататорского слоя — кулачества — факты истории», «кулак, середняк и батрак были реальными, а не мифическими фигурами» [5, с. 33; 6, с. 11–12, 49.].

«Кулачество как социально-имущественная группа крестьян» в результате массового раскулачивания прекратила свое существование к лету 1930 г.; «реально функционирующих кулацких эксплуататорских хозяйств в деревне уже не было». В современной литературе высказывается точка зрения (все более популярная в последние годы), что сельская буржуазия была экспроприирована до официального провозглашения политики «ликвидации кулачества как класса». «Крестьянские хозяй-

ства, имеющие социально-экономические признаки предпринимательства, были экспроприированы в ходе налоговых и заготовительных кампаний 1928—1929 гг.»; «После осени 1929 г. не осталось хозяйств, имевших кулацкие признаки — фактическое раскулачивание уже состоялось» [7, с. 2].

Из приведенных утверждений следует, что кулаков (сельских эксплуататоров) уже в деревне нет, а миллионы экспроприированных, расстрелянных, высланных на Север в 1930-е гг. за социальную принадлежность к кулакам есть.

Кого же репрессировали за социальный статус «кулак» в 1930-е гг.? Историки «объективисты» признают, что основным признаком кулака в 1930-е гг. был политический — отношение к власти: «кулаком становился тот, кто не хотел вступать в колхоз». «Кулаком» клеймили «зажиточных, середняков и даже бедняков» (как видим утверждение, ставшее аксиомой уже в советской литературе, разница — лишь в оценке масштабов раскулачивания).

С 1930 г. для историков «объективистов» «кулак становится «не реальным социальным персонажем, а мифической фигурой» [8, с. 189; 9, с. 30; 10, с. 121].

Покажем основные противоречия объективистской концепции:

- 1. Социальную идентичность крестьянства в 1920-е гг. историки «объективисты» анализируют на основе объективных, социально-экономических критериев\*, а в 1930-е гг. на основе субъективных, социально-политических критериев.
- 2. Термином «кулак» называются две разные по своему социальному составу группы: в 1920-е гг. кулаки это сельские эксплуататоры, а в 1930-е гг. трудовые крестьяне (зажиточные, середняки и бедняки).
- 3. Противоречие между общепризнанным определением «кулак это сельский эксплуататор» и утверждением о раскулачивании крестьян, принадлежащих к разным социальным группам, сторонники объективистского подхода пытаются разрешить изменением терминологии.

Исследователи берут термины «кулак» и «раскулаченные» в кавычки [11, с. 31; 12, с. 9]. Иногда в работах историков, признающих существование эксплуататорских хозяйств, кавычки появляются уже при анализе социального неравенства в деревне в годы военного коммунизма и нэпа [11, с. 17–18, 30, 32, 35].

<sup>\*</sup> Отметим, что любой «объективный» критерий объективен лишь в той мере, в какой реально существуют используемые критерии (например, размер имущества, уровень доходов и пр.), которые поддаются измерению и объективному сравнению. Однако отбор объективных критериев всегда носит субъективный характер. Так, в первой половине 1920-х гг. ученые-марксисты и политики пытались определять кулака на основе одного из натуральных показателей (размер посева, количество скота, стоимость средств производства, совокупный доход), которые давали прекрасную возможность манипулирования объективными критериями в угоду политических пристрастий. В результате данные о количестве кулаков в деревне колебались от 1% (по мнению «правых») до 9-10%, а иногда и 18% (по утверждению «левых» коммунистов).

В последние годы используется вместо термина «кулак» (по мнению историков, «относительно нейтральный») термин «зажиточный» (или «так называемые зажиточные», «богато-зажиточные хозяйства»); встречается в исследованиях и предельно туманный термин «верхушка» [13, с. 147, 163, 178]. Нормативно-правовые документы, регламентирующие порядок проведения политики «ликвидация кулачества как класса» оцениваются как «специальные постановления о проведении репрессий против зажиточной части деревни» [14, с. 129]. Однако термин «зажиточные» противоречит характеристике исследователями социального облика крестьян, идентифицируемых властью как «кулаки» («зажиточные, середняки и даже бедняки»).

Таким образом, противоречие между новым знанием о масштабах репрессий в деревне и объективистской концепцией и пытаются (не осознанно!) разрешить историки, используя новую терминологию. «Состояние терминологической неопределенности, — как справедливо замечает С.А. Красильников, — есть отражение неопределенности концептуальной» [12, с. 27]. Современное состояние с используемой системой терминов и понятий свидетельствует, что произошло накопление критической массы нового эмпирического материала, когда требуется переосмысление объективистского подхода.

В поисках выхода из методологического тупика некоторые исследователи в 1990-е гг. отказываются от объективистской (по сути национальной научной традиции) и переходят, по их мнению, на альтернативную конструктивистскую методологию.

По утверждению «конструктивистов», сельские эксплуататоры были репрессированы (раскулачены) 1918—1919 гг. В 1920-е гг. никакой сельской буржуазии не существовало, крупное кулацкое производство отсутствовало и «увидеть в деревне класс кулаков можно только при очень большом желании и богатом воображении» [15, с. 170; 16, с. 9; 17, с. 67–68; 18, с. 194; 19, с. 154; 20, с. 149].

«Конструктивисты», отрицающие «классовый» характер дифференциации, применяют градационный (одномерно стратификационный) подход: социальные группы различаются на основе экономических признаков: размер имущества и доход. Выделяются высшие, средние и низшие слоистраты (зажиточные, середняки, бедняки).

«Кулаки» – это только идеологический персонаж, миф, созданный в большевистской идеологии, в реальной жизни кулака (сельского эксплуататора) не было.

Иными словами, согласно представлениям «конструктивистов», кулак является идеологической конструкцией (идеологемой, т.е. «вербально закрепленным идеологическим предписанием»), которая не имеет объективных социальных корней.

В период проведения политики «ликвидация кулачества как класса» репрессии были направлены против широких слоев крестьянства и основным критерием отнесения крестьян к кулакам (помимо имущественного) был политический («отношение к власти»).

Следовательно, при всех различиях в оценках социального неравенства в 1920-е гг., позиции сторонников двух методологических подходов, оцениваемые ими как противоположные и несовместимые, сходятся при трактовке социальной группы крестьян, репрессированной за социальный статус «кулак» в 1930-е гг.

И объективисты» и «конструктивисты» анализируют социальную идентичность крестьян на основе одних и тех же критериев. В 1920-е гг. – на социально-экономической (объективной) оси идентичности, в 1930-е гг. – на социально-политической (субъективной) оси идентичности.

Авторская *оценка положений исследований «конструктивистов»* состоит в следующем.

1. Простая схема одномерной стратификации «конструктивистов» на основе лишь экономических признаков вызывает очень большие сомнения в ее адекватности социальной реальности 1920-х гг.

Основным эмпирическим материалом, на котором выстраивается система аргументов «конструктивистов», – высказывания крестьян или местных работников, в которых они отрицают существование в нэповской деревне эксплуататоров (буржуев).

Читатель не встретит в публикациях «конструктивистов» ссылок на локальные монографические исследования (микрообследования) нэповской деревни, анализа исследований ученых немарксистской экономической школы 1920-х гг., когда аграрная наука еще не превратилась в идеологическую отрасль, обслуживающую мифотворчество власти. Неудобным стало вспоминать в последние годы труды экономистов организационно-производственной школы (А.В. Чаянова, А.Н. Челинцева, Н.П. Макарова), которые, обосновывая многофакторную схему дифференциации крестьянства, признавали существование в нэповской деревне отношений эксплуатации-зависимости. «Простое обывательское наблюдение жизни деревни, - пишет А.В. Чаянов, – устанавливает нам наличие в ней "капиталистической эксплуатации", и мы полагаем, что процесс пролетаризации деревни, с одной стороны, и некоторое развитие элементов капиталистической формы крестьянства - с другой, несомненно, имеет место». Основным признаком кулацкого хозяйства, отличающего его от полутрудового крепкого зажиточного хозяйства, является, по его утверждению, «наличность в хозяйстве наемного труда, привлекаемого не в помощь своему, а как база для получения нетрудовых доходов, а также наличие кабальных аренд и ростовщического кредита» [21, с. 417, 426].

2. Для исследований историков «конструктивистов» характерно отсутствие методологической оформленности. Методология исследования не только не сформулирована, она пока даже не осознана, что приводит к множеству противоречий между эмпирическим материалом и выводами, которые приводят «конструктивисты», и их теоретическими схемами (так «конструктивисты» заняты поиском «объективных критериев» идентификации не существующих, по их мнению, кулаков) [17, с. 67–68; 20, с. 168–178]. Поэтому точнее говорить о «конструк-

тивизме» не как о новой методологии исследования, а как дискурсивной новации в ответ на методологический тупик «объективизма».

Два методологических подхода к анализу социального неравенства в постреволюционной деревне, применяемых в новейшей отечественной историографии, названы в докладе объективистским и конструктивистским.

В социальной науке диалектика действия и структуры формулировалась в разных терминах: материализм – идеализм, объективизм – субъективизм, структурализм – конструктивизм. Для всей истории общественной мысли характерно стремление к утверждению в качестве "истины" лишь одной стороны (объективной или субъективной), в то время как обе парадигмы отражают вполне реальные механизмы функционирования социальных структур.

В 70-е гг. ХХ в. в социальной теории наметилась тенденция к диалектическому снятию противоположных подходов, преодоления пропасти субъект/объектных воззрений на социальный мир. В основе нового методологического подхода, названного П.Бурдье «*структуралистский конструктивистский структурализм*», лежит стремление «преодолеть искусственную оппозицию, установившуюся между структурами и представлениями» [22, с. 183–185; 23, с. 63–64].

Новая концепция развивает классическую структуралистскую традицию. Особенность структуралистско-конструктивистского анализа — в смещении акцента исследования с описания социального неравенства и социальных структур, механизма их функционирования, на процесс их конструирования [24, с. 19].

В социальную теорию было введено понятие «теоретически сконструированный класс» («класс на бумаге», «класс как воля и представление»), который рассматривается не как «реальный класс», а как «возможный класс».

Определяющую роль в превращении «класса на бумаге» в реальный класс играет властная номинация элементов социальной структуры (публичное и официальное название соответствующих отношений).

В современной кратологии («науке о власти») одной из основных особенностей власти признается способность властной номинации конструировать социальный мир и создавать новые социальные структуры. Власть «является источником (если не всех, то большинства) социальных преобразований, осознанного проектирования и корректировки общественных отношений». Властная номинация обладает способностью «образовывать группы»: «либо уже сложившиеся группы, которые нужно заставить признать, либо группы, которые нужно формировать» [25, с. 92; .26, с. 155–156; 27, с. 43–52].

Властная номинация способна создавать новые социальные структуры, даже если она носит сугубо субъективный характер и имеет под собой в качестве основания лишь фальсификацию (намеренную или ненамеренную). И чем больше и неограниченнее власть государства, тем значительнее роль его номинации. «При этом, — пишет россий-

ский социолог В. Ильин, – совершенно не имеет значения соответствие этой [идеологической – Г.Д.] картины реальности, поскольку химеры, существующие в сознании диктатора, превращаются в реальные социальные структуры» [24, с. 142].

Теоретически сконструированный класс превращается в реальную социальную общность в результате политической работы (государства, политических структур), «нацеленной на производство социальных классов». Особенность классов «в марксовом смысле» состоит в том, что их надо еще создавать, «строить с помощью политической работы, которая может быть тем более успешной, чем более она вооружена теорией и, следовательно, более способна оказать эффект теории» [22, с. 190, 204].

Марксизм — это социальный проект (модель) конструирования нового коммунистического общества. Коммунизм для марксистов — это продукт сознательной человеческой деятельности, которая предполагает предварительную "постройку" его в голове (наличие идеальной модели, плана организации этого общества), а затем построение нового общества, соответствующего этой модели.

Ленин выступает с собственным планом построения социализма. Социальная теория большевиков, используемая как инструмент борьбы за власть и ее удержание, направленная на формирование новой социальной структуры советского общества, была, по сути, теорией социальной инженерии.

Типичный пример конструирования новой социальной группы – класс «колхозное крестьянство». Марксистская теория предусматривала неизбежность после установления диктатуры пролетариата ликвидации частной собственности на землю и организацию крупного коллективного производства. Класс «колхозное крестьянство» был сконструирован в марксистской идеологии, в годы коллективизации создавался административно-политическими средствами на основе планов и директив. В результате был ликвидирован класс крестьян-единоличников и создан новый класс «колхозное крестьянство».

Необходимо понимать буквально классические для советской литературы названия монографий «Формирование классовой структуры советского общества», «Формирование советского колхозного крестьянства» и т.д. (заменим лишь термин «формирование» на более современный термин «конструирование» и все станет на свои места).

Структуралистско-конструктивистская методология позволяет раскрыть определяющую роль государства в конструировании нового социального пространства России/СССР в условиях уничтожения дореволюционного классового общества, и раскрыть механизм превращения идеологического проекта в реальную социальную структуру.

Сформулируем основные уровни (фазы) механизма властного конструирования группы «кулаки», который применим с большими или меньшими коррективами к широкому спектру проблем истории социального неравенства в России/СССР.

В основе конструирования нового социального пространства лежала государственная идеология («взгляд на мир с точки зрения правящей эли-

ты»). На политико-идеологическом уровне, исходя из определенных в программно-политических документах целей («построение социализма»), власть проводила номинацию реальных и мнимых социальных общностей: «одни группы признаются в качестве передовых, прогрессивных, в качестве опоры государства, другие определяются как враждебные или потенциально враждебные». Политикоидеологическое конструирование и властная номинация в постреволюционной России были неразрывно связаны с целенаправленным применением терминов-идеологем, которые стали одним из важнейших инструментов манипулирования общественным сознанием. Большевики, исходя из принципов идеологии и политической целесообразности, разделили крестьянство на "союзников" и "врагов", и приписали им определенные социальные и политические характеристики. Создание теоретических моделей классов «союзников» и «врагов» перерастает в идеологическую работу вокруг этих категорий, конструированием их положительного или негативного имиджа.

«Кулаки» — это социально-политическая группа крестьян, сконструированная по идейнополитическим критериям для устранения потенциальных и реальных противников политики власти в деревне.

На институционально-правовом уровне создаются социально-правовые модели групп. В законах и подзаконных актах определяются социальные границы группы (признаки кулацких хозяйств) и механизм отбора крестьян, попадающих в эту часть социального пространства, конструируется социальный статус группы (дискриминационные и репрессивные меры в отношении крестьян, идентифицируемых как кулаки).

Социально-правовые группы превращаются в реальные социальные группы в результате практической деятельности властных структур. В процессе формирования новых социальных групп власть использует множество различных механизмов.

Сначала запускается в действие механизм стигматизации (социального клеймения) - приписывания крестьян к социальной группе. Выявляя «замаскированную» идентичность, «классовое (политическое) лицо», власть давала целевую интерпретацию фактов и поступков крестьянина. Количество крестьян, получивших клеймо «кулак», в каждый исторический отрезок определялся политической целесообразностью. В период проведения политики «ликвидации кулачества как класса» (1930–1932 гг.), власть расширяла объем этой социальной группы за счет включения в нее все большего числа крестьян, объявленных «врагами Советской власти». Социальные границы группы поддерживались до 1936 г., пока большевистские теоретики не пришли к выводу «об окончательном уничтожении на территории СССР последнего эксплуататорского класса кулачества».

В борьбе с «классовым врагом» активно применялся и механизм сознательного углубления расколов внутри крестьянства и создание так называемого «классового конфликта», при этом использо-

вались ранее сложившиеся в деревне противоречия между богатыми и бедными.

И наконец, важнейшим механизмом социальной политики большевиков являются ликвидация социальной группы, названной «враждебной» (кулаки), и повышение политико-административными средствами социального статуса группы, воспринимаемой властью как «лояльная» (бедняки).

Таким образом, теоретические конструкции («классы на бумаге»), определенные в программнополитических документах в виде представлений о 
том, что из себя представляют социальные группы, 
превращаются в объективные социальные конструкции, когда они становятся руководством к действию государственных органов. Политико-идеологическое структурирование в результате соответствующей целенаправленной социальной политики 
государства неизбежно порождает новую социальную структуру общества.

Уровни (фазы) процесса социального конструирования, которые мы выделили, расположены не в историческом, а в логическом порядке. Иначе говоря, в реальной истории они могут располагаться и в ином порядке, или отдельные уровни пропускаются. Так в годы военного коммунизма, большевики, объявив всех крестьян, выступающих против новой власти «врагами» («кулаками»), перешли к политике массовых репрессий, не определив на институционально-правовом уровне признаки идентификации и правовой статус кулаков.

### Выводы

Авторская концептуальная модель исследования социальной группы «кулаки» основывается на следующих ключевых положениях.

1. Не вызывает сомнения, что в периоды открытого противостояния власти и крестьянства (в годы военного коммунизма и коллективизации) количество крестьян, получивших клеймо «кулак», значительно превышало официальную статистику сельских эксплуататоров.

Сравним следующий ряд статистических сведений. По данным ЦСУ СССР, в ноябре 1929 г. к сельским эксплуататорам в СССР было отнесено 2,3%, РСФСР 2,2 % крестьянских хозяйств (в зерновых районах — от 1,2 до 2,5 %). Контрольные задания, определенные в нормативных документах, предусматривали ликвидировать в основных зерновых районах только к лету 1930 г. до 5% кулацких хозяйств. При всех различиях в оценках исследователями численности репрессированных в конце 1920-х — первой половине 1930-х гг. за социальный статус «кулак» (от 4-6 до 12-16% всех крестьянских хозяйств), несомненно, что контрольные задания были выполнены.

Следовательно, социальные рамки группы «кулаки» как объекта репрессивной политики советского государства были значительно шире социальных рамок официально декларируемой социальной категории «кулаки» как «сельские эксплуататоры». Под лозунгом борьбы с сельской буржуазией власть вела борьбу с другой социальной группой и по качественным, и по количественным критериям.

2. Необходимо отказаться от определения терминов «кулак» и «сельские эксплуататоры» как синонимов и рассматривать проблему «кулаки» в другом исследовательском поле.

«Кулаки» — это социальная группа крестьян, подвергавшаяся дискриминации и репрессиям по социально-политическим мотивам. В нее входили разные социально-экономические группы сельского населения (в том числе и сельские эксплуататоры).

В социальных исследованиях постреволюционного крестьянства следует различать два разных объекта и предмета исследования. Если объект исследования «сельские эксплуататоры», то предмет – анализ социального облика сельских эксплуататоров на социально-экономической оси социального неравенства. Если объект исследования «кулаки», то предмет – механизм социального конструирования на социально-политической оси социального неравенства.

### Литература

- 1. Великая Октябрьская социалистическая революция. Энциклопедия. 3-е изд., доп. М., 1987. 639 с.
- 2. Краткий политический словарь. 2-е изд., доп. М., 1980, 491 с.
- 3. История Коммунистической партии Советского Союза. Т. 4. Кн. 2. М., 1971.
- 4. Вылцан М.А., Данилов В.П., Кабанов В.В., Мошков Ю.А. Коллективизация сельского хозяйства в СССР: пути, формы, достижения. М., 1982. 399 с.
- Коллективизация: истоки, сущность, последствия. Беседа за «круглым столом» // История СССР. 1989. № 3. С. 33.
- 6. Данилов В.П., Ивницкий Н.А. О деревне накануне и в ходе коллективизации // Документы свидетельствуют / Под ред. В.П. Данилова, Н.А. Ивницкого. М., 1989. 525 с.
- 7. Данилов В.П., Красильникова С.А. Вместо предисловия // Спецпереселенцы в Западной Сибири. 1930 весна 1931 г. / Сост. С.А.Красильникова, В.Л.Кузнецова, Т.Н. Осташко и др. Новосибирск: Наука, 1992. С. 9 (См. также: Политика раскрестьянивания в Сибири. Вып. 1: Этапы и методы ликвидации крестьянских хозяйств. 1930—1940 гг. Хроникально-документальный сборник. Новосибирск, 2000. С. 12; Ильиных В.А. Налоговоподатное обложение сибирской деревни. Конец 1920-х начало 1950-х гг. Новосибирск, 2004. С. 19, 44).
- 8. *Ивницкий Н.А.* Коллективизация и раскулачивание (начало 30-х годов). М., 1996. 285 с.
- 9. Зеленин И.Е. «Революция сверху»: завершение и трагические последствия // Вопросы истории. 1994. № 10.
- Современные концепции аграрного развития.
   Теоретический семинар // Отечественная история. 1995. № 3.

- 11. Гущин Н.Я. «Раскулачивание» в Сибири (1928–1934 гг.): методы, социально-экономические и демографические последствия. Новосибирск, 1996. 157 с.
- 12. *Красильников С.* Серп и молох: Крестьянская ссылка в Западной Сибири в 1930-е годы. М., 2003. 285 с.
- 13. См. например: Зажиточное крестьянство России в исторической ретроспективе. (Землевладение, землепользование, производство, менталитет). XXVII сессия симпозиума по аграрной истории Восточной Европы: Тезисы докладов и сообщений. М., 2000.
- Ивницкий Н.А. Репрессивная политика советской власти в деревне (1928–1933 гг.). М., 2000. 350 с.
- 15. Соловьев Э.Ю. Правовой нигилизм и гуманистический смысл права // Квинтэссенция: Философский альманах. М., 1990. Т. 1. 446 с.
- 16. *Рянский Л.М.*, *Бочаров А.Н.*, *Травина А.С.* Курская деревня в 1920—1930-х гг. Коллективизация. Курск, 1993. 50 с.
- 17. Загорский П.В. Социально-политическая история Центрально-Черноземной области. 1928—1934 гг. Воронеж, 1995.
- 18. *Таранин А.Б.*, *Угроватов А.П.* Дума о кулаке. Кулачество в общественном сознании и политике 20-х гг. // ЭКО. 1997. № 1.
- 19. *Куренышев А.А.* Крестьянство России в период войны и революции 1917—1920 гг. (историографические аспекты) // Вопросы истории. 1999. № 4-5.
- 20. *Климин И.И.* Российское крестьянство в годы новой экономической политики (1921—1927 гг.). Часть 1. СПб., 2007. 428 с.
- 21. Чаянов А.В. Крестьянское хозяйство: Избранные труды. М., 1989. С. 417, 426. (См. также: Чаянов А.В. О дифференциации крестьянских хозяйств // Пути сельского хозяйства. 1927. № 5. С. 113–115; Челинцев А.Н. К вопросу о дифференциации крестьянства // Там же. № 4. С. 114–115; 24. Макаров Н.П. Дифференциация крестьянского хозяйства // Там же. С. 103–111).
- 22. *Бурдье* П. Начала. Choses dites. M., 1994. 288 с.
- 23.  $\mathit{Byp}\partial \mathit{be}\ \Pi$ . Социология политики. М., 1993. 336 с.
- 24.  $\mathit{Ильин}$  В.И. Социальное неравенство. М., 2000. 280 с.
- 25. Соловьев А.И. Политология: Политическая теория, политические технологии. М., 2000. 559 с.
- 26.  $3\partial равомыслов A.Г.$  Социология конфликта: Россия на путях преодоления кризиса. М., 1995. 317 с.
- 27. Здравомыслов А.Г. Рациональность и властные отношения // Вопросы социологии. 1996. Вып. 6. Тематический выпуск «Рациональность и власть».

УДК 316.4.051.63

# ЭТНИЧЕСКОЕ САМОСОЗНАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ Г. СЫКТЫВКАРА В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ПОКОЛЕНИЙ\*

#### Н.П. МИРОНОВА

Отдел «Научный архив и энциклопедия» Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

sidorenko@presidium.komisc.ru

В статье приводится описание результатов социологических исследований 2007-2011 гг. по проблемам этнической самоидентификации в молодежной среде Республики Коми. Анализируются уровень этнической осведомленности и роль исторической памяти в процессе идентификации. Показаны множественность и ситуативность этнической идентичности и ее символическое значение для современной молодежи.

Ключевые слова: этническая идентичность, этничность, молодежь, историческая память

# N.P. MIRONOVA. ETHNIC IDENTITY OF SYKTYVKAR MODERN STU-DENTS IN THE CONTEXT OF GENERATIONS' HISTORICAL MEMORY

The author describes the results of a series of sociological studies on ethnic identity among youth of the Komi Republic in 2007-2011. The level of ethnic awareness and the role of historical memory in the process of identification is analyzed.

Key words: ethnic identity, ethnicity, youth, historical memory

Социально-экономическое и культурное реформирование России вызвало необходимость обращения к теме этничности, особенно в свете усилившегося интереса к проблемам нациестроительства. В этих условиях становится актуальной задача исследования общегражданских и этнокультурных установок современной студенческой молодежи, которая является наиболее динамичной социальной группой. Изучение молодежи позволяет прогнозировать состояние общественного сознания, поскольку современная молодежь будет в дальнейшем сама участвовать в формировании самосознания последующих поколений. При обращении к этнической принадлежности человек всегда апеллирует к своей истории. Этническое самосознание представлено как форма идентификации, обращенная в прошлое и воплощенная в культурной и исторической традиции индивида или группы.

Изучение вопросов этнического и национального самосознания имеет богатую историю. В отечественной литературе термин «национальное самосознание» впервые появляется в трудах историков, в частности Д.С. Лихачева, в середине 1940-х гг. на волне подъема национальных чувств в период Великой Отечественной войны. Вторым этапом в изучении этнического самосознания стала широкая дискуссия 1960—1970 гг. [1—4], в рамках которой пред-

лагалось рассматривать этническое самосознание как наиболее значимый этнический признак. Дальнейший анализ сущности самосознания и его роли как этнической категории осуществил Ю.В. Бромлей. Так, в работе «Очерки теории этноса» он одним из основных признаков этноса называет определенную общность исторического прошлого на протяжении поколений. По его мнению, исторический опыт передается из поколения в поколение в первую очередь через культурные традиции [5].

Начало пересмотра прежних теоретических позиций в российской этнографии было положено публикацией статьи В.А. Тишкова «Советская этнография: преодоление кризиса» [6], окончательное оформление позиция автора нашла в работе «Реквием по этносу»[7]. Этничность, по мнению исследователя, является формой социальной организации культурных различий. При этом важнейшим аспектом при определении этнической группы признается самокатегоризация или категоризация другими. Активная дискуссия по теоретическим проблемам этничности завязалась с середины 1990-х гг. на страницах журнала «Этнографическое обозрение» [8-15]. Но в пылу жарких споров о сущности этноса и этничности, этнических признаках и культурных границах все больше на второй план отодвигались вопросы, а что все-таки такое этничность для отдельного человека, как происходит формирование его этнического самосознания и какова при этом роль исторической памяти?

<sup>\*</sup> Доклад представлен на расширенном заседании Президиума Коми НЦ УрО РАН, посвященном Дню науки 8 февраля 2012 г.

Само понятие «историческая память» теоретически разработано недостаточно. Также немного приводится и конкретных исследовательских методик, позволяющих анализировать проблему «исторической памяти» в этнологической перспективе. Среди немногочисленных историко-социологических исследований, непосредственно посвященных исторической памяти и историческому сознанию, методологическое значение имеют работы Ж.Т. Тощенко [16], В.В. Карлова [17] и В.А. Шнирельмана [18].

Всеми исследователями признается разнообразие форм исторической рефлексии: научное историческое знание, официальная история (трактовки истории, принятые в официальных учреждениях и системе образования), эмпирическая история (данные статистики, демографии и др.), историческая память, передававшаяся устным путем благодаря фольклорной традиции и (или) мифологии и т.д. При этом чаще всего анализируются именно групповые формы исторической памяти, которые могут быть подвержены манипулированию со стороны власти или интеллигенции и актуализируются в переломный для общества момент в виде мифических архетипов и смыслов, часто оторванных от реального представления членов общества. При обращении к личностному уровню исторической памяти необходимо учитывать и то обстоятельство, что коллективная и личностная ее формы тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Что касается молодежной проблематики, то в числе первых отечественных исследователей, обративших внимание на проблему этнического самосознания молодежи, следует назвать работы И.А. Снежковой [19] и Е.М. Галкиной [20]. С начала 2000-х гг. данная тема становится достаточно популярной и разрабатывается во многих регионах РФ. Многочисленные работы по проблеме этнического самосознания преимущественно выполнены на основе количественных методов, широко применяемых в этносоциологических и этнопсихологических исследованиях.

В Республике Коми собран и изучен значительный материал по этнической истории [21–24], современным этническим процессам [25–27], языковым ориентациям [28–30] и специфике межэтнического взаимодействия [31–35].

Несмотря на достаточно широкий круг работ, посвященных этнической проблематике, на сегодняшний день недостаточно представлены исследования способов и инструментов культурных репрезентаций, их роли в структуре воспроизводства этничности, функционировании этничности в городе. Также существенным пробелом в региональных исследованиях остается проблема межпоколенной трансляции этнической информации и роли исторической памяти в формировании этнической идентичности современной молодежи.

Цель настоящей работы — определение содержания представлений об этнической принадлежности у современной студенческой молодежи г.Сыктывкар в контексте исторической памяти поколений. Прежде всего требовалось оценить, какую роль при формировании этнической идентичности играет межпоколенческая передача исторической памяти и в чем она выражается (знание своей родословной, семейные традиции, реликвии и т.д..

Основу данного исследования составили полевые материалы автора за 2007-2011 гг. Молодежь рассматривается на примере г. Сыктывкар, поскольку в столице Республики Коми как политическом, экономическом, образовательном и культурном центре представлена сельская и городская молодежь, что дает возможность составить достаточно полную картину. Опрос по вопросам этнической, гражданской и региональной идентичности современной студенческой молодежи г. Сыктывкар был проведен весной 2007 г. (500 чел.). В исследовании принимала участие молодежь, которая на момент проведения опроса проживала в г. Сыктывкар и обучалась в вузах (студенты первого – третьего курсов). Выборка студентов разных национальностей для решения поставленных задач была недостаточной. Русские и коми составили большинство, поэтому для анализа выделены эти две основные группы респондентов, а в группе «другие» объединили всех представителей других национальностей (украинцы, белорусы, татары и др.).

Необходимо отметить ограниченность количественных методик при анализе этнического самосознания, поскольку они не всегда позволяют оценить его содержание и механизмы функционирования этнических образов. В такой ситуации на помощь приходят качественные методы биографического и глубинного полуструктурированного интервью. Так, по этому методу за весь период изучения было опрошено 40 студентов Сыктывкарского госуниверситета (СыктГУ) и Коми государственного пединститута (КГПИ). При исследовании этнического самосознания биографический метод позволяет более глубоко на личностном уровне показать символы и значения, на основании которых происходит этническое самоопределение молодых людей. Материалы свободных в изложении интервью представляют собой описание родословной, в которой выделяются основные исторические события, в некоторых случаях дается оценка этих событий, описание семейных традиций и реликвий. В ходе интервью респондентам помимо рассказа о родословной предлагалось ответить на вопрос о том, как они определяют свою этническую принадлежность.

В данном случае комплекс представлений об этнической принадлежности студенческой молодежи г. Сыктывкар рассматривается на индивидуально-личностном уровне с учетом субъективных характеристик и оценок, которые присваиваются молодыми людьми при анализе своей этнической принадлежности. В системе жизненных ценностей учащейся молодежи на первое место как «очень важные» выходят семья, друзья, работа и организация свободного времени. На второй план уходят такие категории, как религия, политика и этническая принадлежность. При этом этническая принадлежность совершенно не важна для каждого пятого. Так, лишь 4 % из опрошенных в 2007 г. студентов на первое место в структуре самоидентификации поставили этническую принадлежность. Этническая принадлежность не актуализирована и не занимает ведущих позиций в структуре самоидентификации молодежи. Но это еще не означает, что она отсутствует и никак себя не проявляет.

Актуализация этнических образов и их реализация в современной молодежной среде происходит в досуговой сфере. Этничность представлена и преподносится зрителям в формате шоу и выступает как общий антураж действия, которое является по сути молодежной тусовкой. Примерами подобных этнических шоу с участием молодежи могут служить ставшие неотъемлемой частью культурной жизни республики финно-угорские фестивали моды, конкурсы красоты и спортивные соревнования. Публичная артикуляция этнической идентичности не служит накоплению социального и политического капитала. В.С. Малахов называет этот феномен «экспериментальной» или «креативной» этничностью. В данном случае этничность выступает не как нечто фиксированное и предопределенное, а как то, что переопределяется, адаптируется и творится самими индивидами. Этничность становится объектом рефлексии и творчества [36].

Выбор этнической принадлежности у большинства опрошенных студентов совпадает с этнической принадлежностью родителей. Среди русской молодежи только у половины респондентов оба родителя – русские. В этнически смешанных семьях молодые люди чаще называют себя коми, если у них мать – коми (17 %), чем если отец – коми (10 %) и также чаще считают себя представителями других этнических групп, когда отец - представитель других неосновных этнических групп республики (38 %). Обычно человек причисляет себя к тому этносу, к которому принадлежат его кровные родственники и родители и довольно жестко ограничен в выборе своей этнической принадлежности. По данным опроса 2007 г., порядка 5 % респондентов затрудняются в определении своей этнической принадлежности и этнической принадлежности своих родителей. Этническая принадлежность может обозначаться не одним словом, а описательно и множественно: «ближе к русской», «скорее между русскими и украинцами», «и коми и русский в равной мере».

Таким образом, невозможность четкой этнической самоидентификации не является показателем низкого уровня этнической осведомленности и кризиса идентичности, в данном случае речь идет скорее о явлении «дрейфа идентичности». В условиях дрейфа этничность может изменяться в зависимости от множества условий и даже конкретных ситуаций.

«Я не могу точно сказать, кто я по национальности, мама у меня — коми, папа — молдаван, я родилась и выросла в поселке, где все говорят на русском языке, хотя очень много всякого народу совсем не русского. В жизни мне иногда приходилось менять свою национальность, я считаю, что это абсолютно нормально и ничего плохого в этом нет. Благодаря своим родителям я знаю, кроме русского, и коми, и молдавский, могу общаться и это здорово» (ж. 1985).

Или такой пример:

«Я на самом деле никогда не могла ответить на вопрос: кто я по национальности? Для меня это неразрешимый вопрос. Это не значит, что у меня совсем нет чувства, кто я. Просто, я чувствую себя и коми, и русской одновременно, могу говорить на коми, даже читать и петь, у меня много друзей в деревне, но я не могу полностью сказать, что я — коми» (ж. 1989).

В реальности же люди имеют больше вариантов выбора, чем полная идентификация с одной из этнических общностей. Индивид может одновременно идентифицировать себя и с двумя релевантными группами. Такую идентичность могут иметь не только выходцы из смешанных браков, но и люди, живущие в полиэтничной среде. Также встречаются и ситуации внешнего приписывания этнических характеристик в монокультурной среде.

В одном из интервью была описана подобная ситуация: «... я родился в Азербайджане (г. Баку), отец привез мою мать из Коми АССР в начале 1980-х гг., а когда началась война, мы всей семьей (у меня еще есть старшая сестра Адыля) убежали на Родину матери в село Дон Усть-Куломского района Республики Коми, и в школу я пошел уже там. Конечно, в отличие от своей старшей сестры, азербайджанского языка в совершенстве я не знал, а может забыл, зато по коми говорю лучше многих местных. Но за мной на всю жизнь в деревне закрепилось прозвище «щед Эльмар», так до конца и не приняли за своего...» (м, 1984).

При характеристике этнических представлений современной молодежи биографические интервью позволяют рассмотреть не только варианты ситуативной сложной этнической идентичности, но раскрывают и биографически неподкрепленную идентичность.

Данную ситуацию иллюстрирует и следующий пример описания своей этнической принадлежности: «Из своих предков я знаю только бабушку и дедушку и не могу определить свою национальность. Дедушка — армянин, Саркисян, был репрессирован, а бабушка — коми, Анна Николаевна. Мама армянского языка не знает, меня и братьев не учили, и на родине дедушки мы никогда не были. Наверно, я — русская» (ж, 1990).

Большинство описанных биографий начинается с описания жизненных путей дедушек и бабушек, реже прабабушек и более «древних предков», в основном, биографические сведения начинаются с описания событий конца 1920—1940-х гг. и заканчиваются сегодняшним днем. Преимущественно описывается время коллективизации, формирование совхозов, промышленное освоение республики, работа в шахтах, лесопунктах, на сплавах леса, участие в Великой Отечественной войне. Помимо рассказов старших родственников, источниками исторической памяти для современной молодежи являются семейные фотоальбомы, письма с фронта, семейные предания, реликвии, награды, которые могут и не иметь ярко выраженной этнической окраски.

Анализ биографических интервью также показал, что молодые люди, которые затрудняются в определении своей этнической принадлежности («я не могу точно сказать, кто я по национальности»; ж, 1989) или указывают на ее множественный характер («много национальностей в роду»; м, 1987; «и русский и коми в равной мере»; м, 1988) более подробно описывают историю своей семьи и связывают невозможность четкой этнической идентификации со сложной этнической родословной. В то же время молодые люди, которые не знают своей родословной и ограничиваются биографическими сведениями о своих родителях, чаще называют себя «просто россиянами» или же указывают, что «национальность вообще не важна в современной жизни».

При этом категория «национальность» понимается молодыми людьми не как согражданство, а как этническая категория. Согласно традиционному для советской этнографии подходу, произошло слияние воедино теории этноса и теории нации. Влияние этого наследия ощутимо и сегодня, особенно это заметно в политическом и обыденном лексиконе, где в синонимичном смысле бытует этнос как национальность, национальный и т.д. Так, согласно данным опроса 2008 г. по программе «Российская нация: становление и этнокультурное многообразие» в г. Сыктывкар 65,8, или абсолютное большинство опрошенных, все же считают, что «национальность» - это категория, связанная с происхождением родителей и предков (а 42,1 % указали, что оно является производным от языка и культуры)[37]. Иными словами, понимание категории «национальность» не как гражданского определителя, а как этнического остается доминирующим.

В данной ситуации встает вопрос, а что они понимают и какое содержание вкладывают в это понятие «просто россиянин», потому что когда начинаешь интересоваться: «Ты считаешь себя патриотом?» – ответ обычно утвердительный: «Да». А когда спрашиваешь: В армию пойдешь? Ответ получаешь: «Конечно, нет».

И что интересно, очень часто вопрос о важности этнического самоопределения в современном обществе в интервью с респондентом «просто россиянином», который не знает истории своей семьи, оборачивается интолерантными высказываниями типа: «...я совсем не хотела бы быть кавказской национальности в Республике Коми, мне кажется, я чувствовала бы себя неуютно...» (ж. 1988) или «...могу честно сказать, что испытываю личную неприязнь к лицам кавказской национальности, так как они засоряют нашу республику и занимают рабочие места, где могли бы работать местные жители...» (м, 1990). Явно схематизированные суждения, вырванные из общественного дискурса, возможно неосознанные, но весьма простые для восприятия.

По подобному принципу описываются негативные этнические установки по отношению к представителям титульного меньшинства. Внешний критерий приписывания особенно важен, когда этничность проявляется в очень явных физических характеристиках. Подобные представления формиру-

ют собирательный «портрет абсолютного Другого». Что значит быть абсолютно другим в клишированном сознании типичного городского жителя? Это значит быть уроженцем и жителем периферии, сельским жителем, носителем другого (т.е. нерусского) языка, человеком с иными ценностями и образом жизни, нетипичной (не встречаемой в городах) профессии, малограмотным, с нетипичными для горожанина потребностями и запросами. Этот портрет полностью выстроен в негативных терминах [38].

Таким образом, подобного рода высказывания демонстрируют достаточно противоречивый характер идентичности молодых россиян в современных условиях. О чем свидетельствует и наличие этноизоляционистских настроений (31, 4 % из всех опрошенных студентов поддерживают лозунг «Россия для русских»). Также 37 % среди русских и 28 % среди коми молодых людей не согласны принять в свою семью представителя другой национальности, расы, религии.

Указанные позиции молодежи свидетельствуют об объективных трудностях процесса формирования гражданской нации, которые кроются в том числе и в наследуемых культурных стереотипах. Снижение уровня позитивной оценки говорит, видимо, не столько о реальных проблемах в межэтническом взаимодействии, сколько о нарастающей тревожности при оценке ситуации в данной социальной сфере, а иногда и чрезмерном муссировании национальной тематики.

Таким образом, историческая память – это основа этнического самосознания. Этническое самосознание, так же как и историческая память, не является статичным, раз и навсегда данным явлением, а непрерывно развивается. В этническом самосознании проявляется избирательность исторической памяти, поскольку в нем актуализируется далеко не все, что знает человек об истории своего народа, а лишь то, что связано непосредственно с ним и вызывает определенный эмоциональный отклик. Посредством исторической памяти происходит межпоколенная трансляция этнической информации. Причем, данная информация не всегда позитивна и может включать стереотипные представления и негативные установки. Знание и осмысление прошлого является одним из решающих факторов для формирования биографичной, имеющей свои корни, этнической идентичности.

# Литература

- Токарев С.А. Проблемы типов этнических общностей (к методологическим проблемам этнографии) // Вопросы философии. 1964. №11. С.43-53.
- Чебоксаров Н.Н. Проблемы типологизации этнических общностей в трудах советских ученых // Советская этнография. 1967. №4. С.94-110.
- 3. *Семенов Ю.И*. Категория «социальный организм» и ее значение для исторической науки // Вопросы истории. 1966. №8. С.88–106.
- 4. *Козлов В.И.* Проблема этнического самосознания и ее место в теории этноса // Советская этнография. 1974. №2. С.24–38.

- 5. *Бромлей Ю.В.* Очерки теории этноса. М.: Наука, 1973.
- Тишков В.А. Советская этнография: преодоление кризиса// Этнографическое обозрение. 1992. №1. С. 5-19.
- 7. Тишков В.А. Реквием по этносу: исследования по социально-культурной антропологии/ Ин-т этнологии и антропологии им. Н.Н.Миклухо-Маклая. М.: Наука, 2003. 544 с.
- Чешко С.В. Человек и этничность // Этнографическое обозрение. 1994. №6. С.35–49.
- 9. *Арутюнов С.А.* Этничность объективная реальность (отклик на статью С.В. Чешко) // Этнографическое обозрение. 1995. №5. С.7–10.
- 10. *Александренков Э.Г.* «Этническое самосознание» или «этническая идентичность»// Этнографическое обозрение. 1996. №3. С.13–23.
- 11. Заринов И.Ю. Исторические рамки феномена этничности (по поводу статьи С.В. Чешко «Человек и этничность») // Этнографическое обозрение. 1997. №3. С. 21–31.
- 12. *Винер Б.Е.* Этничность: в поисках парадигмы изучения // Этнографическое обозрение. 1998. №4. С. 3–27.
- 13. *Рыбаков С.Е.* К вопросу о понятии «этнос»: философско-антропологический аспект // Этнографическое обозрение. 1998. №6. С. 3–15.
- 14. Заринов И.Ю. Время искать общий язык (проблемы интеграции различных этнических теорий и концепций) // Этнографическое обозрение. 2000. №2. С.3–18.
- Карлов В.В. Этнонациональная рефлексия и предмет этнологии (к проблеме самосознания науки) // Этнографическое обозрение. 2000. №4. С. 3-21.
- Тощенко Ж.Т. Историческое сознание и историческая память. Анализ современного состояния // Новая и новейшая история. 2000. №4.
- 17. *Карлов В.В.* Заметки на «мосту между прошлым и будущим», или историческое сознание этноса как феномен и объект изучения//∂тнографическое обозрение. 2004. №2. С.7.
- 18. Шнирельман В.А. Интеллектуальные лабиринты. Очерки идеологий в современной России. М.: Academia, 2004. 480 с.
- 19. Снежкова И.А. К проблеме изучения этнического самосознания у детей и юношества (по материалам Киевской и Закарпатской областей) // Советская этнография. 1982. №1. С.80-88.
- 20. Галкина Е.М. Этническая идентичность подростков из национально-смешанных семей: Автореф. дис... канд. ист. наук. М., 1993. 20 с.
- 21. Лашук Л.П. Очерк этнической истории Печорского края. Сыктывкар, 1958. 200 с.
- Жеребцов Л.Н. Историко-культурные взаимоотношения коми с соседними народами. М., 1982. 233 с.
- 23. Жеребцов И.Л. Население Коми края во второй половине XVI начале XVII в. Екатеринбург, 1996. 258 с.

- 24. *Жеребцов И.Л., Рожкин Е.Н.* Этнодемографические процессы в Коми крае (XI начало XX века). Сыктывкар, 2005. 376 с.
- 25. Фаузер В.В., Рожкин Е.Н., Загайнова Г.В. Республика Коми в XX веке: демография, расселение, миграция. Сыктывкар, 2001. 145 с.
- 26. Попова Л.А., Фаузер В.В., Рожкин Е.Н. Развитие этнических процессов в Республике Коми. Сыктывкар, 2001. 16 с. (Ин-т. соц. экон. и энерг. проблем Севера Коми НЦ УрО РАН).
- 27. Этнический фактор в демографическом развитии Республики Коми (середина XIX—начало XXI века). Очерки истории народонаселения. Сыктывкар, 2006. 184 с.
- 28. Денисенко В.Н. Родной язык и этнос: коми и коми-пермяки // Материалы XXXXVI Международной филологической конференции. Вып. 9. Уралистика. 12-17 марта 2007 г. СПб., 2007.
- 29. Айбабина Е.А., Безносикова Л.М. Неологизмы в коми языке: социолингвистический аспект изучения. Сыктывкар, 2008. 28 с.
- 30. *Шабаев Ю.П., Денисенко В.Н., Шилов Н.В.* Язык и этничность: дискуссии о языковой политике в регионах проживания финноугров РФ //Этнографическое обозрение. 2009. № 2. С. 92–106.
- 31. *Рогачев М.Б.* Межнациональные браки в городах Коми АССР в 30–70-е годы XX века (на примере Сыктывкара и Воркуты) // Вопросы этнографии народа коми. Сыктывкар, 1985. 181 с. (Тр. ИЯЛИ КФАН СССР. Вып.32).
- 32. Котов О.В., Рогачев М.Б., Шабаев Ю.П. Современные коми. Екатеринбург, 1996. 178 с.
- Шабаев Ю.П. Этническое самосознание народов коми: основа интеграции или база дезинтеграции? // Рубеж. 1998. №12. С.193–208.
- 34. Пешкова В.М. Городское русское население Республики Коми: самосознание, этнические контакты и социокультурные ориентации: Автореф. на соискание ученой степени к.и.н. М., 1999. 20 с.
- 35. *Шабаев Ю.П.* Территориальное сообщество и этнические воззрения населения коми // Социологические исследования. 2004. №11. C.75-82.
- 36. *Малахов В.С.* Этничность в Большом городе// Неприкосновенный запас. Дебаты о политике и культуре. 2007. №1 (51). C.185–205.
- 37. *Шабаев Ю.П.* Этнокультурная ситуация в Сыктывкаре // Российская нация: становление и этнокультурное многообразие/ Под ред. В.А. Тишкова. М.: Наука, 2008. 291 с.
- 38. Соколовский С.В. Категория «коренные народы» в российской политике, законодательстве и науке. URL: <a href="www.prof.msu.ru/publ/book3/sok.htm">www.prof.msu.ru/publ/book3/sok.htm</a> (дата обращения: 18.02.2011)

# ЮБИЛЕИ

# яков эльевич юдович



6 марта исполнилось 75 лет заслуженному деятелю науки Российской Федерации, лауреату премии имени А.П. Виноградова, главному научному сотруднику Института геологии Коми научного центра УрО РАН, доктору геолого-минералогических наук Якову Эльевичу Юдовичу.

Я.Э. Юдович – крупный ученый-геохимик, широко

известный специалист в области геохимии осадочных пород, пользующийся международным признанием. Он основоположник нового научного направления «Региональная геохимия осадочных толщ». Важнейшим результатом в рамках этого направления является концепция геохимических горизонтов стратисферы сравнительно узких интервалов стратиграфического разреза, устойчиво обогащенных определенными рудными компонентами, что позволяет прогнозировать стратиформные месторождения. В осадочных толщах севера Урала и Пай-Хоя на основе этой концепции были определены направления поисков баритов, руд марганца и фосфора.

Яков Эльевич — лидер в области геохимии металлоносных черных сланцев. Его фундаментальные монографии в этой области содержат всесторонний анализ генетических проблем и указывают перспективные направления прогноза рудных месторождений в черносланцевых толщах. Он является одним из основоположников геохимии породообразующих компонентов осадочных пород — литохимии. Широким признанием среди геологов пользуются разработанные им совместно с М.П.Кетрис химическая классификация осадочных пород, методы диагностики вулканогенной примеси и продуктов переотложенных кор выветривания в породах.

Я.Э. Юдович — один из мировых лидеров в области геохимии ископаемых углей. Его научные труды служат основой учебников университетских спецкурсов в России и за рубежом. Работы ученого внесли значительный вклад в познание геохимии токсичных химических элементов, представляющих опасность для окружающей среды и здоровья людей при промышленном сжигании углей.

Им созданы аналитическая библиография по неорганическому веществу углей, не имеющая мирового аналога, базы данных по минералам — индикаторам и геохимическим индикаторам литогенеза, обобщающие огромный массив данных в области генетической минералогии и литологической геохимии.

По материалам научных исследований Яков Эльевич опубликовал более 330 научных работ, в том числе 32 монографии и отдельных изданий.

Я.Э. Юдович подготовил несколько кандидатов наук, руководит аспирантами и консультирует докторантов. Он работает в составе Ученого совета и двух диссертационных советов Института геологии, был организатором и руководителем двух всероссийских Школ по литохимии (1997, 2006) и крупных совещаний по геохимии черных сланцев (1987) и минеральным индикаторам литогенеза (2011), читал курс лекций по геохимии на кафедре геологии Сыктывкарского госуниверситета, неоднократно выступал с лекциями по геохимии в различных городах России и за границей, активно пропагандируя достижения российской науки.

Я.Э. Юдович принимает активное участие в общественной жизни. Он избирался народным депутатом Верховного Совета Республики Коми (1991-1995 гг.). За успешную научную и общественную работу награжден Почетными грамотами Президиума Верховного Совета Коми АССР и Президиума АН СССР, Почетной грамотой РАН и профсоюза работников РАН, медалью "Ветеран труда".

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 ТЕХ. 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 A4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала должны быть не менее: левое — 25 мм, верхнее — 20 мм, правое — 10 мм, нижнее — 25 мм. Объем иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должен превышать 8-10, а список литературы -15 наименований. Количество иллюстраций в кратких сообщениях не должно превышать, соответственно, 5.

Первая страница рукописи оформляется следующим образом: в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким (информированным) и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и города (для иностранных авторов — также страны). Ниже печатается электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал следует краткая аннотация (8-10 строк), в которой сжато и ясно описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова (не более 6-8). Далее идут название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение». Отдельно прилагаются подрисуночные подписи.

Во введении (заголовком не выделяется) в максимально лаконичной форме должны быть изложены цель, существо и новизна рассматриваемой задачи с обязательным кратким анализом данных наиболее важных и близких по смыслу работ других авторов. Однако введение не должно быть обзором литературы. В разделе «Материал и методы» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Единицы измерения следует приводить в Международной системе СИ. Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывают только суть метода и дают обязательно ссылку на источник заимствования, а в случае модификации — указывают, в чем конкретно она заключается.

При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в аннотации), необходимо давать их полное наименование, и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. Сокращение проводить по ключевым буквам слов в русском написании. Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Все названия видов флоры и фауны при первом упоминании в тексте обязательно даются на латыни с указанием авторов.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

<sup>\*</sup> Включен в перечень ведущих периодических изданий ВАК.

Таблицы должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Все результаты измерений должны быть обработаны и оценены с применением методов вариационной статистики. Таблицы нумеруются по мере упоминания в статье, каждой дается тематический заголовок, и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9-10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблипа» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 pix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота — не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках — Times New Roman, кегль —9-10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Kapmы должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

Фотографии представляют нескрепленными на белой глянцевой бумаге в двух экземплярах (один из них чистый, без каких-либо надписей) в конверте. Желательно обрезать их до необходимого размера репродукции, чтобы они попадали в размеры страницы. На обратной стороне (на полях) фотографий простым карандашом указываются фамилии первого автора, название статьи, порядковый номер рисунка, его верх или низ. Подрисуночные подписи оформляются на отдельной странице. В подписях к микрофотографиям указываются увеличение объектива и окуляра, метод окраски.

Местоположение каждой таблицы, рисунка, карты, фотографии при первом упоминании их в тексте отмечается на полях рукописи в квадратных рамках простым карандашом.

Математические и химические обозначения и формулы печатаются или вписываются с соблюдением размеров прописных и строчных букв. Во избежание неясности прописные и строчные буквы, имеющие одинаковое начертание (c, k, j, p, u, v, w, x, y,  $\psi$ ), следует подчеркнуть двумя черточками: прописные — снизу (S), а строчные — сверху (p). Необходимо тщательно вписывать такие буквы, как ј («йот») и l («эль»). Греческие буквы обводятся кружком красного цвета. Знак суммы ( $\Sigma$ ) красным не обводится. Название неясных букв желательно написать карандашом на полях (например, «эль», «кси», «дзета», «не эль», «и», «йот»).

Математические символы, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы, отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

В тексте цитированную литературу приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии со следующими правилами описания. Журнальные публикации: фамилии и инициалы всех авторов, полное название статьи журнала, название журнала (в соответствии с рекомендованным ВИНИТИ списком сокращений), год, том, выпуск (номер), страницы (первая и последняя). Книги: фамилии и инициалы всех авторов, полное название книги, инициалы и фамилии редакторов, город, год, страницы (если ссылка не на всю книгу) или число страниц в книге. Сборники: фамилия и инициалы авторов, полные названия статьи и сборника, первая и последние страницы. Если сборник содержит материалы конференций, необходимо указать их форму (труды, доклады, материалы) и название конференции. Диссертации: фамилия и инициалы автора, полное название диссертации, на соискание какой степени, каких наук, город, институт, в котором выполнена работа, год. Ссылки на авторефераты допускаются в исключительных случаях с указанием фамилии и инициалов автора, полного названия работы, места и года защиты, общего количества страниц. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Список литературы оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

1. Иванов И.И. Название статьи // Название журнала. 2005. Т.41. № 4. С. 18-26.

- 2.  $\Pi$ етров  $\Pi.\Pi$ . 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 очередности, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а, следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегию не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 7-10 дней должен вернуть ее в редакционную коллегию или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и дискета не возвращаются.

### Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

**Текстовые редакторы:** Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются в порядке их упоминания в тексте; нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте:
  - в числовых значениях десятичные разряды отделяются запятой;
  - вставка символов Symbol.

**Графические материалы:** *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw. Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

**Не рекомендуется пользоваться при работе программой** Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу: Ответственному секретарю редакционной коллегии журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

журнала «известия коми и уро РАп Надежде Валериановне Ладановой

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,

Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 209

Тел. (8212) 24-47-79; тел, факс (8212) 24-17-46

E-mail: journal@presidium.komisc.ru.

www.izvestia.komisc.ru

# Научный журнал

# известия

Коми научного центра Уральского отделения РАН

Вып.1(9)

Редактор Т.В.Цветкова Компьютерный дизайн и стилистика Р.А.Микушев Компьютерное макетирование Н.А.Сулейманова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999. Компьютерный набор. Подписано в печать 27.03.2012. Формат бумаги  $60 \times 84^1/_8$ . Печать офсетная. Усл.-печ.л. 16,75. Уч.-изд.л. 16,5. Тираж 300. Заказ № 14.

Редакционно-издательский отдел Коми научного центра УрО РАН. 167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.