

Научный журнал
Основан в 2010 г.
Выходит 4 раза в год
Учредитель
Коми научный центр
УрО РАН

ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

№2

2010

Главный редактор:

член-корреспондент РАН *А.М. Асхабов*

Редакционная коллегия:

д.т.н. И.Н. Андронов, д.м.н. Е.Р. Бойко, д.э.н. Н.М. Большаков,
к.г.-м.н. И.Н. Бурцев, 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,
к.ф.-м.н. И.А. Зудов, д.и.н. И.Л. Жеребцов, чл.-корр. РАН А.В. Кучин,
д.г.-м.н. О.Б. Котова, д.б.н. Н.В. Ладанова (отв. секретарь),
чл.-корр. РАН В.Н. Лаженцев (зам. главного редактора),
д.б.н. И.М. Роцевская, к.х.н. С.А. Рубцова,
к.и.н. А.В. Самарин, к.и.н. А.Ф. Сметанин,
к.б.н. А.И.Таскаев (зам. 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,
акад. А.Г. Гранберг, д.э.н. В.Н. Задорожный, д.э.н. В.А. Ильин,
акад. В.Т. Калинин, акад. В.А. Коротеев, к.т.н. Н.А. Манов,
акад. В.П. Матвиенко, акад. Г.А. Месяц, акад. Ю.С. Оводов,
чл.-корр. РАН Е.В. Пименов, акад. М.П. Роцевский,
чл.-корр. РАН А.Ф. Титов, акад. В.Н. Чарушин, д.т.н. Н.Д. Цхадая,
чл.-корр. РАН Ф.Н.Юдахин

Адрес редакции:

167982, Сыктывкар, ул.Коммунистическая, 24
Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 317.
Тел. (8212) 24-47-79, факс (8212) 24-22-64
E-mail: rio@presidium.komisc.ru;
ladanova@presidium.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-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

- В.Р.Шагинян, К.Г.Попов.** Нефермижидкостное поведение сильнокоррелированных ферми-систем и эффективная масса квазичастиц..... 4
- В.Н. Сивков, С.В. Некипелов, Д.В. Вялых, С.Л. Молодцов.** Применение метода полного электронного выхода для измерения сечений поглощения в области XANES Ca_{2p}-спектра поглощения CaF₂..... 13

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- И.Ю.Чукичева, И.В.Федорова, А.В.Кучин.** Селективное алкилирование фенолов терпеноидами как перспективный путь синтеза новых практически важных соединений..... 18

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Т.В. Бабак.** Оценка состояния ценопопуляций очитков (*Crassulaceae Dc.*) на Севере..... 25
- Л.Г. Бабенко, Е.Р. Бойко.** Этно-социальные особенности заболеваемости ожирением и диабетом населения Европейского Севера 32

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Б.А. Мальков, А.М. Асхабов.** Импактное происхождение карбонато 40
- О.В. Афанасенко, А.В. Бармин, М.А. Потапова, В.Н. Землянский.** Исследования экологической безопасности и мониторинг воздействия источников загрязнения на территории Средне-Тиманского бокситового рудника ОАО «Боксит Тимана»..... 44
- А.М.Пыстин, Ю.И. Пыстина, В.И. Генералов, И.Л. Потапов.** Новый тип золото-платинометалльного оруденения на Полярном Урале 48
- А.Ф.Хазов, В.И.Силаев, В.Н.Филиппов.** Аутигенная минерализация в речных россыпях как природный научный феномен 54
- С.С. Клименко, Л.А. Анищенко.** Особенности нефтидогенеза в Тимано-Печорском нефтегазоносном бассейне 61
- Т.Д. Ланина, О.А. Карманова, Е.С. Комиссарова.** Интенсификация процесса выделения магния из пластовых вод месторождений углеводородного сырья 70

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- А.Н. Данилов, И.Н. Андронов.** Структурно-фазовое состояние поверхности и биологическая совместимость NiTi сплавов 73
- В.К. Хегай.** К вопросу оптимизации режимных параметров бурения с учетом крутильных автоколебаний 78
- И.В.Кызродев, М.И.Успенский.** Автоматизация восстановления электроснабжения в распределительных сетях 84
- Л.М.Рузин.** Особенности и инновационные направления освоения ресурсов высоковязких нефтей 92

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- К.С.Королев.** Новое поселение предков коми-зырян на Средней Вычегде 98
- Л.И. Сурина.** Частное землевладение в Усть-Сысольском и Яренском уездах Вологодской губернии в пореформенную эпоху XIX – начале XX в. 102

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- В.А.Иванов, В.В.Терентьев.** Территориально-отраслевая и организационная структура аграрного сектора Республики Коми 107
- Л.А. Попова.** Демографический потенциал экономического развития Республики Коми..... 113

ХРОНИКА 120

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ (ЮБИЛЕИ)..... 123

CONTENTS

PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

- V.R.Shaginyan, K.G.Popov.** Non-Fermi liquid behavior of strongly correlated Fermi-systems and quasiparticles effective mass 4
- V.N.Sivkov, S.V.Nekipelov, D.V.Vyalikh, S.L.Molodtsov.** Using total electron yield method for studies of the absorption gross sections in the range of XANES Ca2p – absorption spectra CaF₂ 13

CHEMICAL SCIENCES

- I.Yu.Chukicheva, I.V.Fedorova, A.V.Kutchin.** Selective alkylation of phenol by terpenes as a perspective way of synthesis of new practically important compounds 18

BIOLOGICAL SCIENCES

- T.V.Babak.** Estimation of state of Sedum L. s.l. (Crassulaceae DC.) coenopopulations in the North 25
- L.G.Babenko, E.R.Bojko.** Ethno-social features of obesity and diabetes mellitus morbidity among residents of Russian European North 32

GEOLOGICAL-MINERALOGICAL SCIENCES

- B.A.Mal'kov, A.M.Askhabov.** The impact origin of carbonado 40
- O.V.Afanasenko, A.V.Barmin, M.A.Potapova, V.N.Zemlyansky.** Researches of geoecological safety and monitoring of influence of pollution sources in territory of Middle-Timan bauxite mine of Joint Stock Company "Bauxite of Timan" 44
- A.M.Pystin, Yu.I.Pystina, V.I.Generalov, I.L.Potapov.** Low-sulphide gold-platinum mineralization in the Polar Urals 48
- A.F.Khazov, V.I.Silaev, V.N.Filippov.** Autigenic mineralization in river placers as a natural scientific phenomenon 54
- S.S.Klimenko, L.A.Anishchenko.** Features of evolution of naphthide genesis of Timan-Pechora basin 61
- T.D.Lanina, O.A.Karmanova, E.S.Komissarova.** Intensification of the process of magnesium extraction from stratal waters of hydrocarbon raw mineral deposits 70

TECHNICAL SCIENCES

- A.N.Danilov, I.N.Andronov.** Structural-phase condition of a surface and biocompatibility of NiTi alloys 73
- V.K.Khegay.** To the problem of drill parameter optimization taking into account torsion oscillations 78
- I.V.Kyzrodev, M.I.Uspensky.** Power supply restorative automation in distributive networks 84
- L.M.Ruzin.** Features and innovative areas of the development of high-viscosity oil resources 92

HISTORICAL-PHILOLOGICAL SCIENCES

- K.S.Korolev.** New settlement of ancestors of the Komi-Zyryans in the Middle Vychegda 98
- L.I.Surina.** Private landed property in Ust-Sysolsky and Yarensky districts of the Vologda province in post-reform epoch of XIX – beginning of XX centuries 102

SOCIAL SCIENCES

- V.A.Ivanov, V.V.Terentyev.** Territorial, branch and organizational structure of the agrarian sector in the Komi Republic 107
- L.A.Popova.** Formation and use of resources for the labour work in the Komi Republic 113

CHRONICLE 120

OFFICIAL (ANNIVERSARIES) 123

УДК 538.94

НЕФЕРМИЖИДКОСТНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СИЛЬНОКОРРЕЛИРОВАННЫХ ФЕРМИ-СИСТЕМ И ЭФФЕКТИВНАЯ МАССА КВАЗИЧАСТИЦ

В.Р. ШАГИНЯН*, К.Г. ПОПОВ**

* Санкт-Петербургский институт ядерной физики РАН, г.Гатчина
vrshag@thd.pnpi.spb.ru

** Отдел математики Коми НЦ УрО РАН г.Сыктывкар
krpov@dm.komisc.ru

На базе теории функционала плотности для фермионной конденсации проанализировано нефермижидкостное поведение сильнокоррелированных металлов с тяжелыми фермионами. При выводе уравнений для эффективной массы квазичастиц рассматривались как однородные системы, так и твердые тела с кристаллической структурой. Показано, что низкотемпературные термодинамические и транспортные свойства определяются квазичастицами, при этом зависимость их эффективной массы от температуры, плотности, магнитного поля и т.д. порождает нефермижидкостное поведение системы. Выполненные численные расчеты сравниваются с экспериментом. Проведенное теоретическое изучение теплоемкости, намагниченности, энергетических шкал, продольного магнетосопротивления и магнитной энтропии находится в хорошем согласии с экспериментальными данными, полученными для металла с тяжелыми фермионами YbRh_2Si_2 .

Ключевые слова: квантовая критичность, металлы с тяжелыми фермионами, энергетические шкалы, магнетосопротивление, магнитная энтропия

V.R. SHAGINYAN, K.G. POPOV. NON-FERMI LIQUID BEHAVIOR OF STRONGLY CORRELATED FERMISYSTEMS AND QUASIPARTICLES EFFECTIVE MASS

Basing on the density functional theory of fermion condensation, we analyze the non-Fermi liquid behavior of strongly correlated Fermi-systems such as heavy-fermion metals. When deriving equations for the effective mass of quasiparticles, we consider solids with a lattice and homogeneous systems. We show that the low-temperature thermodynamic and transport properties are formed by quasiparticles, while the dependence of the effective mass on temperature, number density, magnetic fields, etc. gives rise to the non-Fermi liquid behavior. Our numerical calculations make it possible to visualize the properties of observable characteristics of the strong correlated Fermi systems. Our theoretical study of the heat capacity, magnetization, energy scales, the longitudinal magnetoresistance and magnetic entropy are in good agreement with the remarkable recent facts collected on the heavy-fermion metal YbRh_2Si_2 .

Key words: quantum criticality, heavy-fermion metals, energy scales, magnetoresistance, magnetic entropy

Теория Ландау ферми-жидкости (ЛФЖ) имеет долгую историю и выдающиеся результаты в описании свойств электронной жидкости в обычных металлах и ферми-жидкости ^3He . Эта теория базируется на парадигме, утверждающей, что при низких температурах физика явлений определяется элементарными возбуждениями. Эти возбуждения ведут себя как квазичастицы, имеют определенную эффективную массу M^* , которая не зависит от температуры T , плотности x , напряженности внешнего магнитного поля B и является параметром теории [1]. Открытие сильно коррелированных ферми-систем, представляемых металлами с тяжелыми фермиона-

ми (ТФ) и $2\text{D } ^3\text{He}$, демонстрирующих нефермижидкостное (НФЖ) поведение, раскрыло новые перспективы в современной физике твердого тела [2–6]. Экспериментальные данные, полученные на ТФ металлах и $2\text{D } ^3\text{He}$, демонстрируют сильную зависимость эффективной массы от T , x , B и т.д., в то время как сама масса может достигать очень больших значений или даже стремиться к бесконечности [4, 5]. Такое поведение столь необычно, что традиционная парадигма Ландау к ним неприменима.

Существует общее мнение, что квантовая критичность, описывающая фазовый переход второго рода в веществе при нулевой температуре с по-

мощью коллективных флуктуаций, подавляет квази-частицы и таким образом порождает НФЖ поведение, зависящее от основного магнитного, либо сверхпроводящего исходного состояния [2–6]. Была также предложена концепция ферми конденсатного квантового фазового перехода (ФККФП), сохраняющая квазичастицы и внутренне связанная с неограниченным ростом M^* [7, 8]. Исследования, проводимые на ее основе, показали, что возможно построить адекватное теоретическое описание большей части результатов экспериментов для различных ТФ металлов [9–11]. В отличие от парадигмы Ландау, основанной на предположении, что M^* является константой, в ФККФП подходе M^* сильно зависит от T , x , B и т.д. Поэтому, в соответствии с многочисленными экспериментальными свидетельствами, необходимо ввести новую расширенную парадигму квазичастиц. Ключевым местом в ней является то, что как и ранее, хорошо детерминированные квазичастицы определяют термодинамические и транспортные свойства сильно коррелированных систем, и при этом их масса M^* является функцией T , x , B и т.д. [10–13]. Подход, основанный на ФККФП, уже был успешно применен для описания термодинамических и кинетических свойств таких сильно коррелированных систем, как ^3He , с одной стороны, и довольно сложных ТФ соединений, с другой [11–16].

В этой работе мы анализируем нефермижидкостное поведение сильно коррелированных ферми-систем, используя теорию функционала плотности (ТФП) для фермионного конденсата [17]. Мы выводим уравнения для эффективной массы квазичастиц как для однородных систем, так и для кристаллических твердых тел, и показываем, что расширенная парадигма квазичастиц верна, и при этом зависимость эффективной массы от T , x , B и т.д. порождает НФЖ поведение. Полученные результаты иллюстрируются численными расчетами термодинамических и транспортных функций сильно коррелированных ферми-систем. Расчеты в рамках функционала Ландау проводились с использованием полиномиального потенциала взаимодействия квазичастиц, сконструированного таким образом, чтобы исследуемая система находилась вблизи ФККФП. Обсуждаются возможные энергетические шкалы (масштабы энергии) в термодинамических и транспортных функциях. Показано, что наши вычисления электронной теплоемкости C/T , намагниченности M , энергетических шкал, продольного магнетосопротивления (ПМС) и магнитной энтропии $S(B)$ находятся в хорошем согласии с недавними великолепными экспериментальными данными, полученными на ТФ металле YbRh_2Si_2 [18–21].

Уравнение для эффективной массы

Рассмотрим ТФ жидкость при $T = 0$, характеризующуюся эффективной массой M^* . Используя хорошо известное уравнение Ландау, можно связать M^* с голой массой электрона m [1, 22, 23]

$$\frac{M^*}{m} = \frac{1}{1 - N_0 F^1(x)/3}. \quad (1)$$

Здесь N_0 – плотность состояний свободного электронного газа, $x = p_F^3/3\pi^2$ – плотность, p_F – Ферми

импульс и $F^1(x)$ – p -волновая компонента амплитуды взаимодействия Ландау F . В критической точке $x = x_c$, когда $F^1(x)$ достигает некоторого порогового значения, знаменатель в уравнении (1) обращается в ноль и, следовательно, эффективная масса расходится при $T = 0$ [22, 23], а система испытывает ФККФП. Из уравнения (1) следует, что за критической точкой x_c эффективная масса становится отрицательной. Для того, чтобы избежать неустойчивого и физически бессмысленного состояния с отрицательной эффективной массой, система должна совершить перестройку, осуществив квантовый фазовый переход в квантовой критической точке (ККТ) $x = x_c$, которая является квантовой критической точкой ФККФП [8, 10]. Асимметричная фаза за ККТ определяется уравнением

$$\frac{\delta E}{\delta n(\mathbf{p})} = \mu,$$

здесь E есть энергия основного состояния, μ – химический потенциал и $n(\mathbf{p})$ – числа заполнения квазичастиц. Основным результатом такой перестройки является то, что вместо функции распределения в виде ступеньки, мы имеем $0 \leq n(p) \leq 1$ в некоторой области изменения импульсов $p_i \leq p \leq p_f$. Соответственно, одночастичный спектр

$$\frac{\delta E}{\delta n(\mathbf{p})} = \varepsilon(\mathbf{p}) \quad (2)$$

в вышеуказанной области становится плоским $\varepsilon(\mathbf{p}) = \mu$, и это состояние известно как ферми конденсатное (ФК) состояние [7]. Благодаря вышеуказанной особенности функции распределения $n(\mathbf{p})$, ФК состояние характеризуется сверхпроводящим параметром порядка $\kappa(\mathbf{p}) = \sqrt{n(\mathbf{p})(1 - n(\mathbf{p}))}$.

Для вывода уравнения, определяющего эффективную массу, используем теорию функционала плотности для сверхпроводящего состояния [24]. В нашем случае энергия основного состояния E становится функционалом чисел заполнения $n(\mathbf{p})$ и плотности x , $E = E[n(\mathbf{p}), x]$, а уравнение (2) определяет одночастичный спектр [17]. После дифференцирования обеих частей уравнения (2) по \mathbf{p} и в результате некоторых алгебраических преобразований и интегрирования по частям, мы получаем

$$\frac{\partial \varepsilon(\mathbf{p})}{\partial \mathbf{p}} = \frac{\mathbf{p}}{m} + \int F(\mathbf{p}, \mathbf{p}_1) \frac{\partial n(\mathbf{p}_1)}{\partial \mathbf{p}_1} \frac{d\mathbf{p}_1}{(2\pi)^3}. \quad (3)$$

Здесь $F(\mathbf{p}, \mathbf{p}_1) = \delta^2 E / \delta n(\mathbf{p}) \delta n(\mathbf{p}_1)$ амплитуда Ландау. Для вычисления производной $\partial \varepsilon(\mathbf{p}) / \partial \mathbf{p}$ мы использовали представление функционала энергии в виде

$$E[n] = \int \frac{p^2}{2m} n(\mathbf{p}) \frac{d\mathbf{p}}{(2\pi)^3} + \frac{1}{2} \int F(\mathbf{p}, \mathbf{p}_1) n(\mathbf{p}) n(\mathbf{p}_1) \frac{d\mathbf{p} d\mathbf{p}_1}{(2\pi)^6} + \dots \quad (4)$$

Из уравнения (3) прямо видно, что эффективная масса задается хорошо известным уравнением Ландау

$$\frac{1}{M^*} = \frac{1}{m} + \int \frac{\mathbf{p}_F \mathbf{p}_1}{p_F^3} F(\mathbf{p}_F, \mathbf{p}_1) \frac{\partial n(p_1)}{\partial p_1} \frac{d\mathbf{p}_1}{(2\pi)^3}. \quad (5)$$

Для простоты восприятия мы опустили спиновые зависимости. Для вычисления M^* как функции T , рассмотрим свободную энергию системы $F = E - TS$,

где энтропия S задается выражением

$$S = -2 \int [n(\mathbf{p}) \ln(n(\mathbf{p})) + (1 - n(\mathbf{p})) \ln(1 - n(\mathbf{p}))] \frac{d\mathbf{p}}{(2\pi)^3},$$

которое следует из общих комбинаторных соображений [1]. Минимизируя F по $n(\mathbf{p})$ при условии постоянства числа частиц системы, получаем функцию распределения Ферми-Дирака

$$n(\mathbf{p}, T) = \left\{ 1 + \exp \left[\frac{(\varepsilon(\mathbf{p}, T) - \mu)}{T} \right] \right\}^{-1}. \quad (6)$$

В результате проведенного анализа можно утверждать, что уравнения (3) и (5) являются точными и позволяют нам вычислить поведение как $\partial\varepsilon(\mathbf{p})/\partial\mathbf{p}$, так и M^* в окрестности ККТ, где хорошо определенные квазичастицы задают низкотемпературную физику системы, в то время как M^* является расходящейся функцией T , B и x [10–13]. Как будет показано далее, эти свойства M^* формируют НФЖ поведение ТФ металлов.

Скейлинговое поведение эффективной массы

Чтобы избежать осложнений, связанных с анизотропией кристаллической решетки твердого тела, будем рассматривать универсальное поведение металлов с тяжелыми фермионами, используя модель однородной жидкости. Выбор этой модели является чрезвычайно важным шагом, поскольку мы рассматриваем универсальные свойства изучаемых материалов при низких температурах, когда их поведение характеризуется степенными законами расходимости таких величин, как эффективная масса, теплоемкость, намагниченность и др. Это поведение определяется малыми изменениями энергии и импульса по сравнению с дебаевской характеристической температурой и импульсами, задаваемыми постоянной обратной решетки a^{-1} . Поэтому квазичастицы испытывают влияние со стороны кристаллической решетки, усредненное по большим расстояниям порядка a , и мы можем использовать хорошо известную модель желе для кристаллических веществ, как это делается, например, во флуктуационной теории фазовых переходов второго рода.

Схематическая фазовая диаграмма металла с тяжелыми фермионами представлена на рис. 1. В качестве контролирующего параметра могут быть использованы: давление P , концентрация допирующих добавок (плотность) x , магнитное поле B и другие величины. При $T = 0$ возникает ФК, приводящий к сильному вырождению. Поэтому ФК стимулирует возникновение сверхпроводящего (СП), ферромагнитного (ФМ) или антиферромагнитного (АФМ) состояний, снимающих вырождение [10, 11]. В случае YbRh_2Si_2 магнитное поле ($B - B_{c0}$) является управляющим параметром, при $T = 0$ и $B < B_{c0}$ имеет место АФМ состояние [21]. Здесь B_{c0} – критическое магнитное поле, $B_{c0} \simeq 0.06$ Т и ($B \perp c$), при $B > B_{c0}$ система переходит в ферми-жидкостной режим Ландау (ЛФЖ). В нашей простой модели B_{c0} является параметром. Если увеличивать температуру при фиксированном магнитном поле, возникает НФЖ режим, а увеличение магнитного поля B опять переводит систему из НФЖ области в ЛФЖ область, как это показано штрих-пунктирной стрелкой на рис. 1. Ниже мы

будем рассматривать переходную область, когда система осуществляет переход между НФЖ и ЛФЖ режимами вдоль горизонтальной стрелки, а также переход между ЛФЖ и НФЖ режимами вдоль вертикальной стрелки, как это показано на рис. 1. На вставке в рис. 1 представлена зависимость нормированной эффективной массы $M_N^* = M^*/M_M^*$ от нормированной температуры $T_N = T/T_M$, где M_M^* является максимальным значением, которое достигается M^* при $T = T_M$. НФЖ режим отмечен как $T^{-2/3}$, поскольку в этой области эффективная масса сильно зависит от температуры. Интервал температур в окрестности $T \simeq T_M$ выделен как переходная область между ЛФЖ режимом, когда эффективная масса постоянна, и НФЖ режимом, когда масса начинает вести себя как $T^{-2/3}$. Этот интервал температур в окрестности $T \sim T_M$ является переходной областью между ЛФЖ и НФЖ режимами.

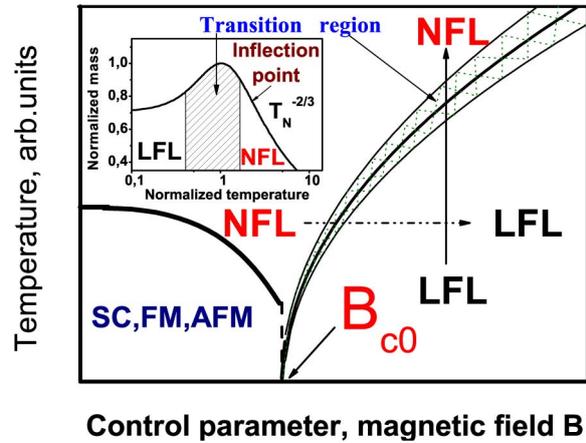


Рис. 1. Схематическая фазовая диаграмма металлов с ТФ. Величина B_{c0} есть критическое магнитное поле, при котором система испытывает ФККФП. В этой точке расходится эффективная масса. SC, FM, AFM обозначают сверхпроводящее (SC—superconductor), ферромагнитное (FM—ferromagnetic) и антиферромагнитное (AFM—antiferromagnetic) состояния, соответственно. При $B < B_{c0}$ и $T = 0$ система может находиться в SC, FM или AFM состоянии. Вертикальная стрелка показывает переход из ЛФЖ (LFL—Landau Fermi Liquid) в НФЖ (NFL—Non Fermi Liquid) режим при фиксированном $B > B_{c0}$ вдоль T , когда M^* зависит от T . Штрих-пунктирная горизонтальная стрелка иллюстрирует переход системы из НФЖ в ЛФЖ режим вдоль оси B при фиксированной температуре T . Вставка в рисунок изображает схематический график зависимости нормированной эффективной массы от нормированной температуры. Переходный режим, когда M_N^* достигает своего максимального значения M_M^* при $T = T_M$, обозначен штриховкой как на основной картинке, так и на вставке в нее. Стрелка указывает на точку перегиба функции $M_N^*(T_N)$ при температуре T_{inf} , являющуюся началом зависимости $T^{-2/3}$.

Для изучения скейлингового поведения M^* запишем функцию распределения квазичастиц в виде $n_1(\mathbf{p}) = n(\mathbf{p}, T) - n(\mathbf{p})$, где $n(\mathbf{p})$ – ступенчатая функция. Тогда уравнение (5) приобретет вид

$$\frac{1}{M^*(T)} = \frac{1}{M^*(T=0)} + \int \frac{\mathbf{p}_F \mathbf{p}_1}{p_F^3} F(\mathbf{p}_F, \mathbf{p}_1) \frac{\partial n_1(p_1, T)}{\partial p_1} \frac{dp_1}{(2\pi)^3}. \quad (7)$$

В ККТ эффективная масса $M^*(T = 0)$ расходится, и уравнение (7) становится однородным, определяя массу $M^*(T)$ как функцию температуры

$$M^*(T) \propto T^{-2/3}, \quad (8)$$

а поведение системы как НФЖ [10, 13]. В области до ККТ, как видно из вставки в рис. 1, масса M^* при малых температурах конечна и описывается функцией $M^*(T = 0) + a_1 T^2$, где a_1 – константа, что соответствует ЛФЖ поведению. ЛФЖ режим реализуется, когда второе слагаемое в правой части уравнения (7) мало по сравнению с первым. Затем, при увеличении температуры система входит в переходный режим: масса M^* растет, достигая своего максимума M_M^* при $T = T_M$, с последующим убыванием. При температурах $T \geq T_M$, последние "следы" ЛФЖ режима исчезают, второе слагаемое становится доминирующим, уравнение (7) опять становится однородным, и НФЖ режим восстанавливается, заявляя о себе уменьшением массы M^* как $T^{-2/3}$. Когда система находится в некоторой окрестности ККТ, решение уравнения (7) $M^*(T)$ может быть хорошо аппроксимировано простой универсальной интерполяционной функцией [10, 13, 15]. Интерполяция осуществляется между ЛФЖ ($M^* \simeq M^* + a_1 T^2$) и НФЖ ($M^* \propto T^{-2/3}$) режимами [10, 13]. Вводя безразмерную переменную $y = T_N = T/T_M$, получаем искомое выражение [25]

$$M_N^*(y) \approx c_0 \frac{1 + c_1 y^2}{1 + c_2 y^{8/3}}. \quad (9)$$

Здесь $M_N^* = M^*/M_M^*$ – нормированная эффективная масса, $c_0 = (1 + c_2)/(1 + c_1)$, c_1 и c_2 подгоночные параметры, параметризующие амплитуду Ландау.

Уравнение (7) может быть преобразовано к виду, позволяющему его использование для анализа зависимости эффективной массы от магнитного поля [13, 15]. При наложении магнитного поля восстанавливается ЛФЖ режим, и M_M^* зависит от B как

$$M_M^* \propto (B - B_{c0})^{-2/3}, \quad (10)$$

в то время как

$$T_M \propto \mu_B (B - B_{c0}), \quad (11)$$

где μ_B – магнетон Бора [10, 13, 15]. Используя уравнения (10) и (11) для вычисления M_M^* и T_M , мы заключаем, что уравнение (9) справедливо для описания нормированной эффективной массы в постоянном внешнем магнитном поле, если $y = T/(B - B_{c0})$. С другой стороны, уравнение (9) справедливо, когда магнитное поле играет роль переменной, а температура фиксирована $T = T_f$. В этом случае, как видно из уравнений (8), (9) и (10), удобно переписать переменную как $y = (B - B_{c0})/T_f$, а уравнение (11) как

$$\mu_B (B_M - B_{c0}) \propto T_f. \quad (12)$$

Из уравнения (9) следует, что в отличие от парадигмы квазичастиц Ландау, масса квазичастиц сильно зависит от T и B . Как мы покажем далее, именно эта зависимость формирует НФЖ поведение. Из уравнения (9) также следует, что скейлинговое поведение M^* около точки ФККФП определяется отсутствием подходящей внутренней шкалы для измерения эффективной массы и температуры. В постоянных магнитных полях характеристическими

шкалами или единицами измерения для температуры и функции $M^*(T, B)$ могут быть T_M и M_M^* соответственно. Аналогично, при постоянной температуре характеристическими шкалами являются $(B_M - B_{c0})$ и M_M^* . Из уравнений (10) и (11) следует, что в постоянных магнитных полях при $T_M \rightarrow 0$ величина $M_M^* \rightarrow \infty$, а ширина переходной области сжимается до нуля при $B \rightarrow B_{c0}$, если измерения проводятся во внешних шкалах (единицах измерения). Аналогично, из уравнений (8) и (12) следует, что при постоянной температуре и $(B_M - B_{c0}) \rightarrow 0$ величина $M_M^* \rightarrow \infty$, одновременно ширина переходной области сокращается до нуля при $T_f \rightarrow 0$.

Здесь уместно сделать следующее замечание. Как будет показано в дальнейшем изложении, в некоторых случаях функции зависимости эффективной массы от температуры или магнитного поля, или другие измеряемые величины, такие как продольное магнетосопротивление, не имеют "особых точек" типа максимумов. Тогда нормировку можно проводить используя другие точки, например, точку перегиба, показанную на вставке в рис. 1. Такая нормировка возможна, поскольку она основана на внутренней шкале.

Расчеты характеристик сильно коррелированных ферми-систем

В этом разделе мы опишем вычисления эффективной массы и других термодинамических и транспортных величин как функции температуры и магнитного поля.

Мы используем функционал Ландау [26, 27], хорошо описывающий общее поведение закона дисперсии квазичастиц вблизи ККТ,

$$E[n(\mathbf{p})] = \int \frac{\mathbf{p}^2}{2m} n(\mathbf{p}) \frac{d\mathbf{p}}{(2\pi)^3} + \frac{1}{2} \int V(\mathbf{p} - \mathbf{p}_1) \times n(\mathbf{p}) n(\mathbf{p}_1) \frac{d\mathbf{p} d\mathbf{p}_1}{(2\pi)^6}, \quad (13)$$

с взаимодействием квазичастиц вида:

$$V(\mathbf{p}, \mathbf{p}_1) = a_0 (\mathbf{p} - \mathbf{p}_1)^2 + b_0 (\mathbf{p} - \mathbf{p}_1)^4 + c_0 (\mathbf{p} - \mathbf{p}_1)^6, \quad (14)$$

здесь a_0 , b_0 и c_0 – константы. Подставляя в уравнение одночастичного спектра квазичастиц

$$\varepsilon_0(\mathbf{p}) = \frac{\delta E[n(\mathbf{p})]}{\delta n(\mathbf{p})},$$

выражение для энергии (13) с потенциалом (14), интегрируя его и переходя к безразмерным величинам, с учетом (6), получаем интегральное уравнение для энергии квазичастиц как функции безразмерного импульса:

$$\varepsilon(z, \tau) = \frac{z^2}{2} + \frac{1}{4z\pi^2} \int [a \frac{(z + z_1)^4 - (z - z_1)^4}{4} + b \frac{(z + z_1)^6 - (z - z_1)^6}{6} + c \frac{(z + z_1)^8 - (z - z_1)^8}{8}] n(z_1, \tau) z_1 dz_1.$$

Здесь $\varepsilon(z, \tau) = \varepsilon_0(p, T_0)(2m/p_F^2)$, $z = p/p_F$, m – голая масса, T_0 – температура, $\tau = T_0/\varepsilon_F^0$ – безразмерная температура, p_F , ε_F^0 – импульс и энергия Ферми.

При $T = 0$ на поверхности Ферми в ККТ эффективная масса расходится, и спектр имеет точку перегиба, поскольку первая производная, обратно пропорциональная эффективной массе, $d\varepsilon(p)/dp = 1/M^*$, обращается в нуль

$$\frac{d\varepsilon(p)}{dp} = \frac{p}{M} + a_0 \frac{pp_F^3}{3\pi^2} + b_0 \frac{2p_F^3}{3\pi^2} (p^2 + p_F^2)p + c_0 \frac{p_F^3}{\pi^2} [(p^2 + p_F^2)^2 p + \frac{4}{5} p^3 p_F^2] = 0. \quad (15)$$

Вторая производная обращается в нуль, поскольку спектр не может иметь точку максимума

$$\frac{d^2\varepsilon(p)}{dp^2} = \frac{1}{M} + a_0 \frac{p_F^3}{3\pi^2} + 8b_0 \frac{p_F^5}{3\pi^2} + \frac{72}{5} c_0 \frac{p_F^7}{\pi^2} = 0. \quad (16)$$

Переходя к безразмерным переменным, из уравнений (15) и (16) получаем соотношения, связывающие коэффициенты a, b, c :

$$a = \frac{72}{5}c - 3\pi^2, \quad b = -\frac{36}{5}c.$$

Решая уравнения (15) и (16), находим одночастичный спектр квазичастиц как функцию температуры. Решение искалось с учетом условия сохранения числа частиц ρ :

$$3 \int n(z, \tau) z^2 dz = \frac{\rho}{\rho_0} = 1, \quad (17)$$

где ρ_0 – плотность невзаимодействующих частиц. Уравнение (17) используется для нахождения химического потенциала μ .

На рис. 2 изображены одночастичный спектр и функция распределения квазичастиц по импульсам (на вставке) для константы $c = 50$, задающей взаимодействие квазичастиц системы, находящейся вблизи ККТ при отсутствии магнитного поля $B = 0$.

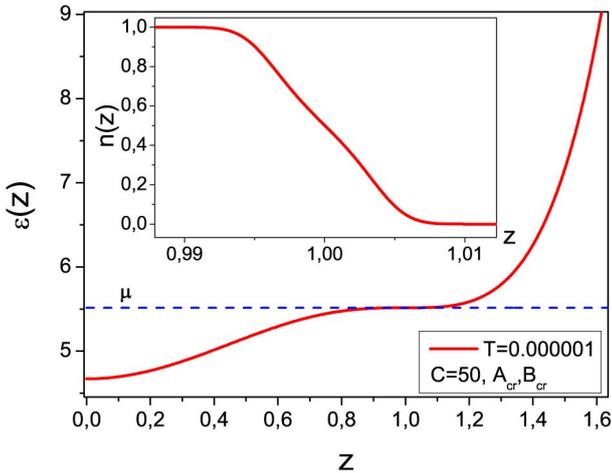


Рис. 2. Одночастичный спектр и функция распределения квазичастиц по импульсам (на вставке) для константы $c = 50$, задающей взаимодействие квазичастиц системы, находящейся вблизи ККТ при $T = 0.000001$ в отсутствие магнитного поля $B = 0$. Пунктирной линией изображен химический потенциал системы.

При наложении на систему внешнего магнитного поля B происходит Зеемановское расщепление ферми-поверхности. Для спинов "вверх" химический потенциал становится $(\mu + X)$, а для спинов "вниз" –

$(\mu - X)$, где $X = 2M^*B\mu_B/p_F^2$ – безразмерная энергия магнитного поля. Поле B предполагается малым, поэтому спиновой зависимостью M^* пренебрегаем. В результате функция распределения приобретает вид:

$$n(z, \pm X, \tau) = \frac{1}{1 + \exp[(\varepsilon(z, \tau) - (\mu \pm X))/\tau]},$$

а энтропия вычисляется по формуле:

$$S(\tau, X) = -\frac{p_F^3}{\pi^2} \sum_{\pm} \int [n(z, \pm X, \tau) \ln(n(z, \pm X, \tau)) + (1 - n(z, \pm X, \tau)) \ln(1 - n(z, \pm X, \tau))] z^2 dz. \quad (18)$$

Подставляя полученную функцию распределения квазичастиц $n(z, T, B)$ в (18), вычисляем энтропию. Используя полученную энтропию (18) и стандартные термодинамические соотношения, легко вычислить эффективную массу:

$$M^*(T, B) = 3 \frac{S(T, B)}{p_F T};$$

электронную теплоемкость:

$$C(T, B) = \gamma_0 T = T \frac{\partial S(T, B)}{\partial T},$$

здесь γ_0 – коэффициент Зоммерфельда; продольное магнетосопротивление:

$$\rho(T, B) = \rho_0 + c_1 (M^*(T, B))^2 T^2,$$

где ρ_0 – остаточное сопротивление при $T = 0$.

Нефермижидкостные характеристики YbRh_2Si_2

Результаты наших вычислений, а также оценки, полученные с помощью аппроксимационной формулы (9), будут использованы для анализа свойств YbRh_2Si_2 .

Теплоемкость и коэффициент Зоммерфельда. Высокоточные измерения коэффициента Зоммерфельда $C/T \propto M^*$ на образцах YbRh_2Si_2 нового поколения в различных магнитных полях B , достигающих величины 1.5 Т [18], позволили нам обнаружить скейлинговое поведение эффективной массы M^* и наблюдать различные режимы изменения M^* , такие как ЛФЖ режим, переходный режим от ЛФЖ к НФЖ, а также НФЖ режим. Максимум функции $C/T \propto M_M^*$ для некоторой температуры T_M , при наложении на систему внешнего магнитного поля B , демонстрирует смещение в сторону больших температур при увеличении поля B . Величина коэффициента Зоммерфельда $C/T = \gamma_0$, стремясь к насыщению при малых температурах, уменьшается при увеличении наложенного магнитного поля [18].

Переходному режиму соответствуют температуры, при которых вертикальная стрелка на рис. 1 пересекает заштрихованную область. Ширина этой области, будучи пропорциональна $T_M \propto (B - B_{c0})$, сжимается при T_M , стремящемся к нулю, а $\gamma_0 \propto M^*$ увеличивается при $B \rightarrow B_{c0}$. Эти выводы находятся в соответствии с данными работы [18].

Для получения нормированной эффективной массы M_N^* , C/T была нормирована на значение величины в максимуме $(C/T)_M$, а температура T – на T_M . На рис. 3 геометрическими фигурами представлена M_N^* как функция температуры T_N . Результаты вычислений изображены в виде сплошной линии.

Рис. 3 показывает скейлинговую природу нормированных экспериментальных кривых – кривые, измеренные при различных магнитных полях B , сливаются в одну кривую, зависящую от нормированной переменной $y = T/T_M$. Как видно из рисунка, нормированная масса не является константой, как это следует из теории ЛФЖ, и демонстрирует скейлинговое поведение (см. (9)) на протяжении трех порядков изменения нормированной температуры. Два режима (ЛФЖ режим и НФЖ режим), разделенные переходной областью и показанные в виде заштрихованного участка на вставке в рис. 1, ясно видны на рис. 3, иллюстрируя хорошее согласие между теорией и экспериментом.

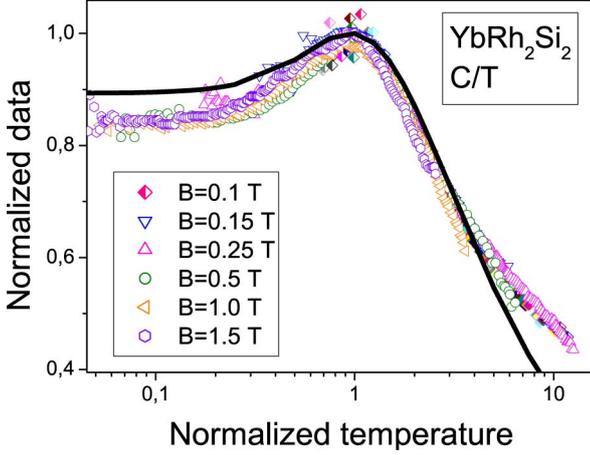


Рис. 3. Нормированная эффективная масса M_N^* , полученная из измерений удельной теплоемкости C/T для YbRh_2Si_2 в магнитных полях B , показанных в нижнем левом углу рисунка [18]. Результаты наших вычислений представлены в виде непрерывной кривой, показывающей скейлинговое поведение M_N^* .

“Средняя” намагниченность. Рассмотрим “среднюю” намагниченность $\tilde{M} \equiv B\chi + M$ как функцию магнитного поля B при фиксированной температуре $T = T_f$, где намагниченность

$$M(B, T) = \int_0^B \chi(b, T) db,$$

и магнитная восприимчивость [1]

$$\chi(B, T) = \frac{\beta M^*(B, T)}{1 + F_0^a}. \quad (19)$$

Здесь β – константа и F_0^a – амплитуда Ландау, связанная с обменным взаимодействием [1]. В случае сильно коррелированных систем $F_0^a \geq -0.9$ [22, 23]. Поэтому, как следует из уравнения (19), нормализация убирает коэффициент β и $(1 + F_0^a)$ и делает $\chi \propto \gamma_0 \propto M^*$, как это следует из соотношения Кадоваки-Вудса [28–30]. Для получения \tilde{M} мы вычислили M^* как функцию B при постоянном поле T_f . Полученные графики \tilde{M} демонстрируют энергетические масштабы, разделенные изломом при $B = B_k$. Как видно из рис. 4, излом является точкой перехода от быстрого к медленному росту \tilde{M} при увеличении магнитного поля. Мы используем B_k и $\tilde{M}(B_k)$ для нормировки B и \tilde{M} соответственно.

На рис. 4 приведен график нормированной \tilde{M} как функции нормированного поля $B_N = B/B_k$. На-

ши вычисления изображены сплошной линией. Звездочки обозначают ход функции \tilde{M} , вычисленной из $M^*(y)$, извлеченной из данных по измерению C/T , приведенной на рис. 3. Здесь уместно сделать следующее замечание относительно использованной вычислительной процедуры. В рассматриваемом случае M^* зависит от $y = T/T_M$, где T_M удовлетворяет уравнению (11). С другой стороны, мы можем использовать переменную $y = (B - B_{c0})/T_f$ и рассматривать результаты измерения C/T как функцию y .

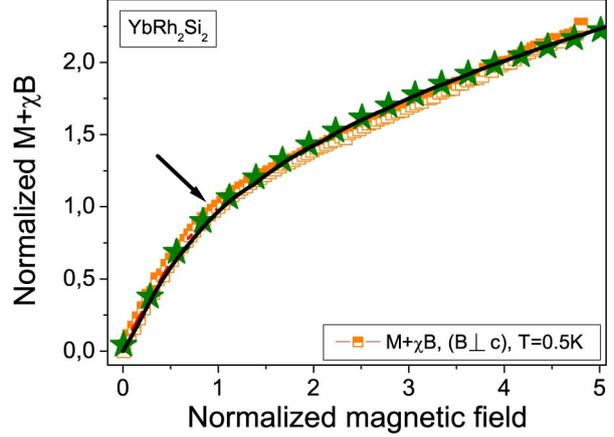


Рис. 4. Зависимость нормированной “средней” намагниченности $\tilde{M} \equiv M + B\chi$ от магнитного поля, извлеченная из измерений на YbRu_2Si_2 [19], показана квадратами. Ясно виден излом (показан стрелкой) при значении нормированного поля $B_N = B/B_k \simeq 1$. Сплошная линия и звезды — результаты вычислений (см. текст).

Наши вычисления хорошо согласуются с экспериментальными данными (см. рис. 4), все кривые имеют излом (указан стрелкой) при $B_N \simeq 1$, происходящий при вхождении системы в переходную область, соответствующую магнитным полям, при которых штрих-пунктирная стрелка на рис. 1 пересекает заштрихованную область. Однако, как видно на рис. 4, при слабых магнитных полях \tilde{M} является линейной функцией B , поскольку M^* практически не зависит от B . Из уравнения (10) следует, что при увеличении магнитного поля M^* становится убывающей функцией B , что порождает излом в функции $\tilde{M}(B)$, разделяющий энергетические масштабы, открытые в работе [19]. Далее, из уравнения (12) следует, что магнитное поле $B_k \simeq B_M$, при котором происходит излом, смещается в сторону меньших величин B с уменьшением T_f .

Продольное магнетосопротивление. Рассмотрим продольное магнетосопротивление (ПМС) $\rho(B, T) = \rho_0 + AT^2$ как функцию магнитного поля B при постоянной температуре T_f . В нашем случае, классический вклад в ПМС, связанный с орбитальным (искривленным) движением носителей заряда под действием сил Лоренца, мал. При этом отношение Кадоваки-Вудса [28, 29], $K = A/\gamma_0^2 \propto A/\chi^2 = const$, позволяет нам выразить коэффициент A через M^* [25], поскольку $\gamma_0 \propto \chi \propto M^*$. В результате, $\rho(B, T) - \rho_0 \propto (M^*)^2$. На рис. 5 представлено нормированное магнетосопротивление

$$R_N^p(y) = \frac{\rho(y) - \rho_0}{\rho_{inf}} \propto (M_N^*(y))^2$$

как функция нормированного магнитного поля $y = B/B_{inf}$ при различных температурах, величины которых показаны в пояснении к рис. 5. Здесь ρ_{inf} и B_{inf} – ПМС и магнитное поле, соответственно, взятые в точке перегиба, отмеченной стрелкой на рис. 5.

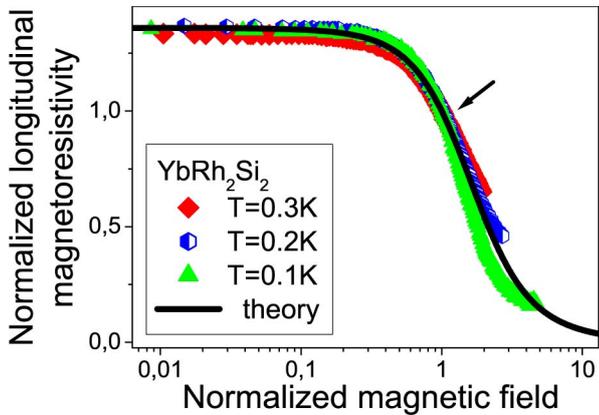


Рис. 5. Зависимость нормированного на значение в точке перегиба, указанной стрелкой (подробности в тексте), продольного магнетосопротивления R_N^{ρ} от нормированного магнитного поля. R_N^{ρ} было получено из ПМС, измеренного в YbRh_2Si_2 для различных температур [19], приведенных в пояснениях. Сплошная линия представляет вычисления.

Процедура нормировки нуждается в некотором пояснении. Поскольку зависимость от магнитного поля обеих величин M^* и ПМС не содержит "особых точек", то нормировка может быть проведена на значения функции и аргумента в соответствующей точке перегиба. Для точного определения точки перегиба мы сначала дифференцировали $\rho(B, T)$ по B , находили экстремум производной и нормировали функцию и ее аргумент на их значения в точке перегиба. Таким образом, как теоретическая кривая (показанная сплошной линией), так и экспериментальные кривые (показанные геометрическими фигурами), нормированные на значения в их точках перегиба, обнаруживают универсальное поведение – кривые для различных температур сливаются в одну, зависящую от скейлинговой переменной y , и демонстрируют масштабируемость в интервале более трех порядков изменения нормированного магнитного поля.

Переходная область, в которой ПМС начинает уменьшаться, показана на вставке в рис. 1 в виде заштрихованного участка. Из уравнения (12) ясно, что ширина переходной области, которая пропорциональна $B_M \simeq B_{inf}$, уменьшается при снижении температуры T_f . Аналогично, точка перегиба ПМС, связанная с точкой перегиба M^* , показанной стрелкой на вставке в рис. 1, смещается в сторону меньших B при уменьшении температуры T_f . Все эти выводы находятся в хорошем согласии с данными работы [19].

Магнитная энтропия. Изучение изменения производной магнитной энтропии $dS(B, T)/dB$, как функции магнитного поля B при постоянной температуре T_f , является задачей огромной важности, поскольку она позволяет исследовать скейлинговое поведение производной эффективной массы $TdM^*(B, T)/dB \propto dS(B, T)/dB$. Скейлинговые

свойства самой эффективной массы $M^*(B, T)$ могут быть исследованы посредством изучения продольного магнетосопротивления.

Как следует из уравнений (9) и (12), при $y \leq 1$ производная $-dM_N(y)/dy \propto y$, где $y = (B - B_{c0})/(B_{inf} - B_{c0}) \propto (B - B_{c0})/T_f$. Отметим еще раз, что эффективная масса, как функция B , не имеет максимума. При увеличении y производная $-dM_N(y)/dy$ достигает максимума в точке перегиба $M_N(y)$ и затем становится убывающей функцией y . Используя переменную $y = (B - B_{c0})/T_f$, можно заключить, что для меньших температур левый (до максимума) фронт функции $-dS/dB \propto -TdM^*/dB$ становится круче, а ее максимум в точке $(B_{inf} - B_{c0}) \propto T_f$ – выше. Это наблюдение находится в количественном согласии с измерениями отношений конечных разности намагниченности к приращению температуры $-\Delta M/\Delta T$, как функции магнитного поля при постоянных температурах T_f , выполненных для YbRh_2Si_2 [21]. Следует отметить, что $\Delta M/\Delta T \simeq dS/dB$ соответствует хорошо известному термодинамическому равенству $dM/dT = dS/dB$.

Для проведения количественного анализа скейлингового поведения $-dM^*(B, T)/dB$, была вычислена энтропия $S(B, T)$ как функции магнитного поля B при постоянных безразмерных температурах T_f/μ , значения которых приведены в правом верхнем углу рис. 6. На этом рисунке представлена нормированная $(dS/dB)_N$ как функция нормированного магнитного поля. Функция $(dS/dB)_N$ получена путем нормировки (dS/dB) на ее максимальное значение в точке B_M , а поле B масштабируется значением B_M . Результаты измерения $\Delta M/\Delta T$ нормированы аналогичным образом и представлены на рис. 6 как $(\Delta M/\Delta T)_N$ в зависимости от нормированного магнитного поля. Из рис. 6 видно, что наши вычисления находятся в прекрасном согласии с данными экспериментов. Экспериментальные $(\Delta M/\Delta T)_N$ и расчетные функции $(dS/dB)_N$ демонстрируют скейлинговое поведение на протяжении трех порядков изменения нормированного магнитного поля.

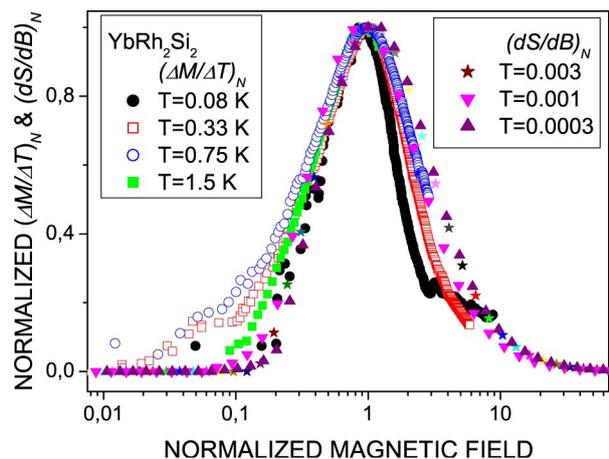


Рис. 6. Нормированные отношения конечной разности намагниченности к приращению температуры $(\Delta M/\Delta T)_N$ как функции нормированного магнитного поля представлены при постоянных температурах (список температур приведен в верхнем левом углу рисунка), полученные из экспериментальных данных для YbRh_2Si_2 [21]. Результаты вычислений нормированной производной $(dS/dB)_N \simeq (\Delta M/\Delta T)_N$

казаны как функции нормированного магнитного поля при постоянных безразмерных температурах T/μ (температуры приведены в верхнем правом углу рисунка). Все графики изображены с помощью фигур, маркировка которых показана на вставках.

Масштабные преобразования. На рис. 7 показаны графики функций $T_{inf}(B)$ и $T_M(B)$ сплошной и штрих-пунктирной линиями. Граница между НФЖ и ЛФЖ режимами обозначена штриховой линией, АФМ – антиферромагнитное состояние. Соответствующие данные взяты из [18–20, 30]. Видно, что наши расчеты находятся в хорошем согласии с экспериментом. Таким образом, график эффективной массы как функции температуры при фиксированном магнитном поле ($B - B_{c0}$) можно получить масштабным преобразованием нормированной эффективной массы, когда ее максимальное значение определяется формулой (10), а шкала температуры – (11). В этих шкалах при $B \rightarrow B_{c0}$, обе температуры $T_{inf} \rightarrow 0$ and $T_M \rightarrow 0$, как и области переходного режима, сдвигаются к низким температурам. Как следствие, зачастую эти области становятся недоступны для прямых измерений. Как видно из рис. 3 – 7, нормировка позволяет построить на основе экспериментальных данных однозначные термодинамические и транспортные функции в широкой области изменения нормированной переменной y . В случае $YbRh_2Si_2$ эти функции обнаруживают скейлинговое поведение при изменении y на три порядка.

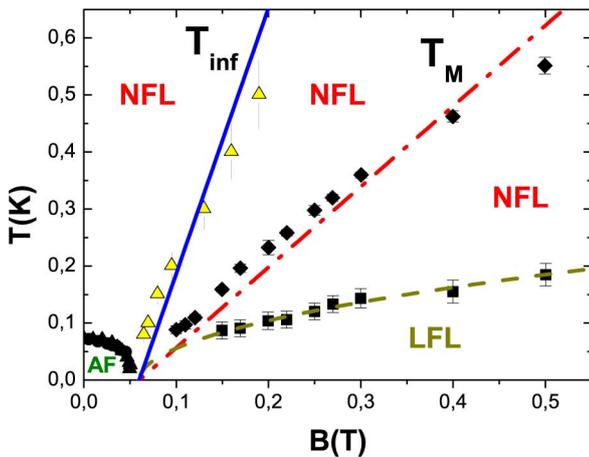


Рис. 7. $T - B$ фазовая диаграмма для $YbRh_2Si_2$. Сплошные круги показывают границу между АФМ (АФМ-Anti Ferro Magnetic) и НФЖ (NFL- Non Fermi Liquid) состояниями. Квадраты – границу между НФЖ и ЛФЖ режимами [19, 20, 30], обозначенную пунктирной линией $\sqrt{B - B_{c0}}$ [10]. Ромбы – максимумы T_M функции C/T [18], приведенной на рис. 3. Штрих-пунктирная линия задана функцией $T_M \propto a(B - B_{c0})$, a – подгоночный параметр, см. формулу (11). Треугольники вдоль сплошной линии показывают точки перегиба T_{inf} в ПМС [19, 20], приведенной на Рис. 6. Сплошная линия – функция $T_{inf} \propto b(B - B_{c0})$, b подгоночный параметр, см. формулу (12).

Выводы

В настоящей работе проанализировано нефермижидкостное поведение сильно коррелированной ферми-системы с использованием теории функционала плотности для фермионного конденса-

та, а также выведены уравнения для эффективной массы квазичастиц как в случае однородных ферми-систем, так и для твердых тел с кристаллической решеткой. Показано, что расширенная парадигма квазичастиц применима, а зависимость эффективной массы от температуры, плотности, наложенного магнитного поля и т.д. порождает нефермижидкостные (НФЖ) свойства системы. Полученные результаты проиллюстрированы с помощью вычислений термодинамических и транспортных функций сильно коррелированных ферми-систем. Приведена процедура численных расчетов. Обсуждены возможные энергетические масштабы для термодинамических и транспортных функций. Продемонстрировано, что наш теоретический анализ удельной электронной теплоемкости, намагнитченности, энергетических шкал, продольного магнетосопротивления и магнитной энтропии находится в хорошем согласии с недавними экспериментальными результатами по исследованию металла с тяжелыми фермионами $YbRh_2Si_2$. Показано, что посредством нормировки экспериментальных данных удается построить однозначные термодинамические и транспортные функции в широкой области изменения нормированной переменной y . В случае $YbRh_2Si_2$ эти функции обнаруживают скейлинговое поведение при изменении величины y на три порядка.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-02-00056.

Литература

1. Лифушиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика. Часть 2. // Л.Д. Ландау, Е.М. Лифушиц. Теоретическая физика. Т.9. М.: Наука, 1978. 448 с.
2. Senthil T., Vojta M., Sachdev S. Weak magnetism and non-Fermi liquids near heavy-fermion critical points // Phys. Rev. B, 2004. Vol.69. P. 035111-035129.
3. Coleman P., Schofield A. J. Quantum criticality // Nature, 2005. Vol.433. P. 226-229.
4. Fermi-liquid instabilities at magnetic quantum phase transitions / H. von Löhneysen, A. Rosch, M. Vojta, P. Wölfle // Rev. Mod. Phys., 2007. Vol.79. P. 1015-1076.
5. Gegenwart P., Si Q., Steglich F. Quantum criticality in heavy-fermion metals // Nature Phys., 2008. Vol.4. P. 186-197.
6. Sachdev S. Quantum magnetism and criticality // Nature Physics, 2008. Vol.4. P. 173-212.
7. Ходель В.А., Шагинян В.Р. Сверхтекучесть в системах с фермионным конденсатом // Письма в ЖЭТФ, 1990. Т.51. С. 488-490.
8. Amusia M. Ya., Shaginyan V.R. Quasiparticle picture of high-temperature superconductors in the frame of a Fermi liquid with the fermion condensate // Phys. Rev. B, 2001. Vol.63. P. 224507-224512.
9. Volovik G.E. Quantum phase transitions from topology in momentum space // Quantum Simulations via Analogues: From Phase Transitions to Black Holes and Cosmology. eds. W.G. Unruh and R. Schutzhold. Springer Lecture Notes in Physics, 2007. Vol.718. P. 31-73.

10. Шагинян В.Р., Амусья М.Я., Попов К.Г. Универсальное поведение сильно коррелированных ферми-систем // УФН, 2007. Т.177. № 7. С. 586-618.
11. Khodel V.A., Clark J.W., Zverev M.V. Topology of the Fermi surface beyond the quantum critical point // Phys. Rev. B, 2008. Vol.78. P. 075120-075137.
12. Fermion condensation and non Fermi liquid behavior in a model with long range forces / J. Dukelsky, V.A. Khodel, P. Schuck, V.R. Shaginyan // Z. Phys., 1997. Vol.102. P. 245-254.
13. Clark J.W., Khodel V.A., Zverev M.V. Anomalous low-temperature behavior of strongly correlated Fermi systems // Phys. Rev. B, 2005. Vol.71. P. 012401-012404.
14. Quasiparticles and quantum phase transition in universal low-temperature properties of heavy-fermion metals / V.R. Shaginyan, A.Z. Msezane, V.A. Stephanovich, E.V. Kirichenko // Europhys. Lett., 2006. Vol.76. P. 898-904.
15. Shaginyan V.R., Popov K.G., Stephanovich V.A. Universal low-temperature behavior of the $CePd_{1-x}Rh_x$ ferromagnet // Europhys. Lett., 2007. Vol.79. No. 4. P. 47001-47006.
16. Behavior of Two-Dimensional 3He at Low Temperatures / V.R. Shaginyan, A.Z. Msezane, K.G. Popov, V.A. Stephanovich // Phys. Rev. Lett., 2008. Vol.100. P. 096406-096409.
17. Shaginyan V.R. Density functional theory of fermion condensation // Phys. Lett. A, 1998. Vol.249. P. 237-241.
18. Low-temperature specific heat of $YbRh_2Si_2$ / N. Oeschler, S. Hartmann, A.P. Pikul, C. Krellner, C. Geibel, F. Steglich // Physica B, 2008. Vol.403. P. 1254-1256.
19. Multiple Energy Scales at a Quantum Critical Point / P. Gegenwart, T. Westerkamp, C. Krellner, Y. Tokiwa, S. Paschen, C. Geibel, F. Steglich, E. Abrahams, Q. Si // Science, 2007. Vol.315. P. 969-971.
20. Unconventional quantum criticality in $YbRh_2Si_2$ / P. Gegenwart, T. Westerkamp, C. Krellner, M. Brando, Y. Tokiwa, C. Geibel, F. Steglich // Physica B, 2008. Vol.403. P. 1184-1188.
21. Divergence of the Magnetic Gruneisen Ratio at the Field-Induced Quantum Critical Point in $YbRh_2Si_2$ / Y. Tokiwa, T. Radu, C. Geibel, F. Steglich, P. Gegenwart // Phys. Rev. Lett., 2009. Vol.102. P. 066401-066404.
22. Pfitzner M., Wölfe P. Quasiparticle interaction in a nearly localized Fermi liquid: Application to 3He and heavy-fermion systems // Phys. Rev. B, 1986. Vol.33. P. 2003-2006.
23. Vollhardt D., Wölfle P., Anderson P.W. Gutzwiller-Hubbard lattice-gas model with variable density: Application to normal liquid 3He // Phys. Rev. B, 1987. Vol.35. P. 6703-6715.
24. Oliveira L.N., Gross E.K.U., Kohn W. Density-Functional Theory for Superconductors // Phys. Rev. Lett., 1988. Vol.60. P. 2430-2433.
25. Energy scales and magnetoresistance at a quantum critical point / V.R. Shaginyan, M.Ya. Amusia, A.Z. Msezane, K.G. Popov, V.A. Stephanovich // Phys. Lett. A, 2009. Vol.373. P. 986-991.
26. Khodel V.A., Shaginyan V.R., Khodel V.V. New approach in the microscopic Fermi systems theory // Phys. Rep., 1994. Vol.249. P. 1-134.
27. Khodel V.A., Shaginyan V.R. Fermion condensation in Fermi systems with strongly repulsive interaction // Nucl. Phys. A, 1993. Vol.555. No. 1. P. 33-58.
28. Kadowaki K., Woods S.B. Universal relationship of the resistivity and specific heat in heavy-Fermion compounds // Solid State Commun., 1986. Vol.58. No. 8. P. 507-509.
29. Khodel V. A., Schuck P. Universal behavior of the collision rate in strongly correlated Fermi systems // Phys. B: Condens. Matter, 1997. Vol.104. No. 3. P. 505-508.
30. Magnetic-Field Induced Quantum Critical Point in $YbRh_2Si_2$ / P. Gegenwart, J. Custers, C. Geibel, K. Neumaier, T. Tayama, K. Tenya, O. Trovarelli, F. Steglich // Phys. Rev. Lett., 2002. Vol.89. P. 056402-056405.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ВЫХОДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СЕЧЕНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ В ОБЛАСТИ XANES Ca2p-СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ CaF₂

В.Н. СИВКОВ¹, С.В. НЕКИПЕЛОВ², Д.В. ВЯЛЫХ^{3,4}, С.Л. МОЛОДЦОВ^{3,4}

¹Отдел математики Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
syn@dm.komisc.ru

²Коми педагогический институт, г.Сыктывкар

³Институт физики им. В.А.Фока Санкт-Петербургского государственного университета

⁴Institut für Festkörperphysik, Technische Universität Dresden

В работе впервые методом полного электронного выхода с использованием синхротронного излучения проведены абсолютные измерения сечений поглощения в области резонансной структуры Ca2p – порога ионизации CaF₂, получены парциальные Ca2p – сечения поглощения и определены интегральные силы осцилляторов.

Ключевые слова: сечение поглощения, силы осцилляторов, ближняя тонкая структура рентгеновских спектров поглощения

V.N. SIVKOV¹, S.V. NEKIPELOV², D.V. VYALIKH^{3,4}, S.L. MOLODTSOV^{3,4}. USING TOTAL ELECTRON YIELD METHOD FOR STUDIES OF THE ABSORPTION CROSS SECTIONS IN THE RANGE OF XANES CA2P – ABSORPTION SPECTRA CAF₂

The first absolute measurements of sections of absorption in the field of resonant structure Ca2p – a threshold of ionization of CaF₂ – by a method of full electronic yield with use of synchrotron radiation have been carried out, partial Ca2p – sections of absorption have been obtained and integrated forces of oscillators determined

Key words: sections of absorption, forces of oscillators, near thin structure of x-ray spectra of absorption

Введение

Исследования резонансов формы, доминирующих в ближней тонкой структуре рентгеновских спектров поглощения (XANES – X-ray Absorption Near Edge Structure), наноразмерных объектов и структур в виде полос с высокой силой осциллятора (СО), представляют большой интерес, так как число резонансов формы, их относительные интенсивности, симметрия и энергетические положения характеризуют свойства незанятых электронных состояний и геометрическую структуру соответствующей полиатомной группы (поглощающий атом и атомы ближайшего окружения) [1]. Особое внимание привлекают СО резонансных рентгеновских переходов, высокая чувствительность которых к изменению ближайшего окружения поглощающего рентгеновский квант атома делает использование этого параметра перспективным для изучения наноструктур, допируемых химически активными атомами и молекулами.

Метод прямого фотопоглощения (трансмиссии), традиционно применяемый для непосредственных измерений сечений поглощения (СП), имеет очень ограниченное применение из-за необходимости приготовления образцов в виде свободных плес-

нок или слоев толщиной не менее 30-100 нм на подложках, прозрачных для ультрамягкого рентгеновского излучения. Поэтому для исследования с использованием синхротронного излучения (СИ) рентгеновских спектров поглощения наносистем размером от одного до нескольких десятков атомных слоев и интерфейсов на границе твердых тел применяется косвенный метод квантового выхода внешнего рентгеновского фотоэффекта, который может быть реализован путем регистрации полного электронного выхода (TEY – Total Electron Yield). Величина квантового выхода прямо пропорциональна СП и интенсивности падающего СИ. Полагая коэффициент пропорциональности независимым от энергии кванта, относительная величина СП может быть определена путем деления квантового выхода на падающую интенсивность СИ. При этом благодаря малой глубине выхода фотоэлектронов с поверхности образца искажающим влиянием «эффекта толщины» на спектральный ход СП можно пренебречь. Приведение СП к абсолютной шкале можно осуществить путем нормировки по атомным СП непосредственно перед краем поглощения и выше вдали от порога ионизации [2], по СП, измеренным на рентгеновских монохроматических линиях, [3] или по интегральной силе осцилля-

торов рентгеновских переходов [4,5]. Необходимым условием успешного использования метода TEY является измерение и подавление присутствующего в монохроматизированном излучении немонахроматического фона, состоящего из рассеянного длинноволнового ВУФ излучения и коротковолнового излучения кратных порядков отражения от дифракционной решетки. Особенно это важно при использовании высокоинтенсивного синхротронного излучения, когда составляющая немонахроматического фона велика и приводит к появлению дополнительной структуры в падающем СИ. Это создает серьезные проблемы при нормировке исследуемых спектров, и делает невозможным проведение абсолютных измерений СП и исследований по распределению сил осцилляторов в области XANES.

В работе предлагается оригинальный метод определения спектральной зависимости интенсивности монохроматизированного СИ в относительных единицах с корректным учетом вклада в интенсивность СИ длинноволновой рассеянной и коротковолновой кратных порядков составляющих немонахроматического фона. При этом для определения интенсивности СИ использовались фотокатоды из чистых Si и Cu, а для подавления и измерения немонахроматического фона в СИ титановые трансмиссионные фильтры. Предлагаемая методика апробирована на Ca2p – спектре поглощения поликристаллического CaF₂. Фторид кальция является одним из наиболее перспективных из тонкопленочных широкозонных изоляторов, которые могут быть выращены на поверхности кремния методом молекулярно-лучевой эпитаксии [6-8] и используются для получения наноструктур и сверхрешеток на подложках кристаллического кремния [9]. К настоящему времени имеется достаточно много работ, в которых проводились теоретические [10] и экспериментальные исследования XANES 2p – спектров поглощения CaF₂ с применением рентгеновского [11,12] и синхротронного излучения [6-8]. В результате был обнаружен коллапс 3d – орбиталей в атоме Ca, который выражается в появлении интенсивных пиков в XANES 2p – спектров поглощения флюорита [11]. Однако задача получения интегральных сил осцилляторов в области XANES Ca2p – спектра CaF₂ до сих пор остается не решенной. В данной работе предлагается и обосновывается метод таких измерений с использованием СИ на примере Ca2p – спектра фторида кальция.

Экспериментальная часть

Исследования проводились с использованием синхротронного излучения Русско-германского канала выхода и монохроматизации СИ на BESSY-II при разных значениях постоянной фиксированного фокуса $C_{ff} = \cos\beta / \cos\alpha$ (где α и β угол падения и угол дифракции, соответственно). Постоянная

C_{ff} обеспечивает сохранение условия фокусировки для монохроматора в процессе сканирования по спектру при изменении углов падения и дифракции. Этот варьируемый параметр оптической схемы определяет также энергетическое разрешение монохроматора, степень подавления коротковолнового излучения высоких порядков и интенсивность монохроматизированного излучения на выходе монохроматора [13]. Детектирование СИ проводилось методом TEY с использованием фотокатодов из пластины Si (предварительно очищенной прогревом в условиях высокого вакуума) и массивной Cu (предварительно зачищенной в вакууме алмазным надфилем). Для подавления и измерения уровня немонахроматического фона использовалась титановая пленка толщиной 210 нм и диаметром 14 мм, закрепленная на Au сетке с мелкой ячейкой. Исследования Ca2p-спектра поглощения CaF₂ были проведены методом полного электронного выхода. Энергетическое разрешение монохроматора в области Ca2p-края поглощения ($h\nu \sim 350$ эВ) составляло не более 0.05 эВ. Исследуемые образцы готовились методом термического осаждения в вакууме поликристаллического CaF₂ на медную пластинку.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1, 2 представлены спектральные зависимости TEY для Si и Cu, соответственно, с использованием Ti-фильтра (кривая 2) и без фильтра (кривая 1) при $C_{ff}=2.25$. После деления зависимости TEY для Si и Cu на атомные СП [2] были получены спектральные зависимости интенсивности падающего СИ (кривые 3) в относительных единицах. Из рисунков хорошо видно, что зависимости TEY без Ti-фильтра обоих фотокатодов в области 200-450 эВ оказываются немонотонными. Это обусловлено структурой в излучении 2-го порядка (450-900 эВ), а также особенностями фильтрации при данном C_{ff} коротковолнового излучения при отражении от оптических элементов в канале монохроматизации СИ [13], а в случае меди наряду

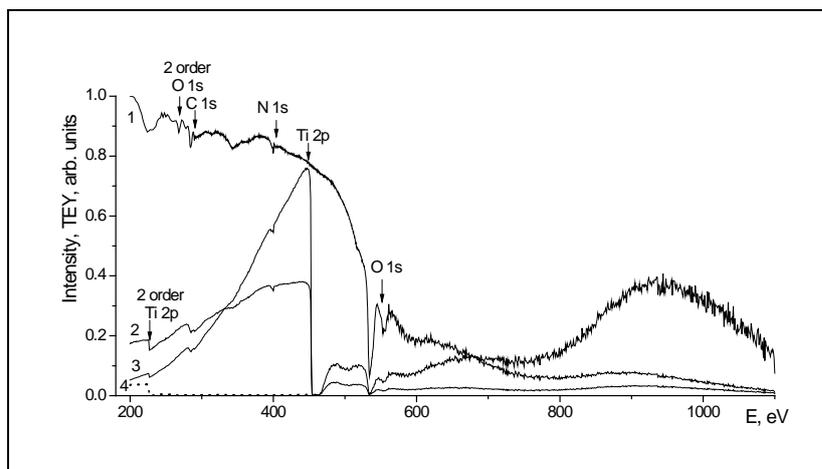


Рис. 1. Спектральная зависимость TEY чистого Si без Ti - фильтра (1) и с Ti - фильтром (2), коротковолнового фона (4). Относительная интенсивность СИ, определенная из TEY Si фотокаатода (3).

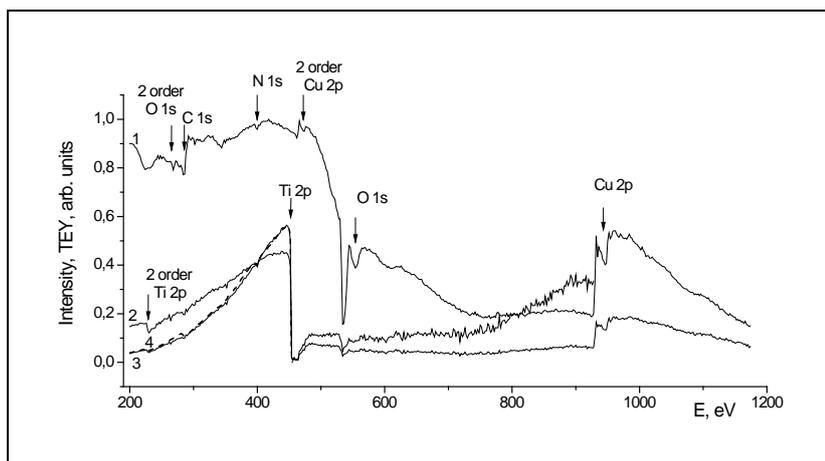


Рис. 2. Спектральная зависимость TEY чистого Cu без Ti - фильтра (1) и с Ti - фильтром (2), относительные интенсивности СИ, определенные из TEY Cu (3) и Si (4, штриховая линия) фотокатодов.

с этим проявляется структура в области Cu2p - края во втором порядке дифракции. Это наглядно демонстрирует наличие коротковолнового фона, величина которого по теоретическим оценкам при $C_{\text{eff}}=2.25$ в области 350-400 эВ составляет около 10% [13]. После прохождения через Ti-фильтр, который сильно поглощает излучение с энергией более 454 эВ, структура, связанная с коротковолновым фоном, исчезает, и спектральная зависимость СИ становится монотонной. Наблюдаемые при этом ступенька вблизи 227 эВ и небольшие провалы в области C1s- и N1s-краев поглощения, обусловлены, соответственно, скачком в спектральном ходе СП вблизи 2p-края титана и наличием небольших углерод- и азотсодержащих загрязнений на отражающих оптических элементах канала СИ. В области Ti2p-края поглощения TEY и интенсивность СИ падают практически до нуля, что указывает на отсутствие длинноволнового рассеянного фонового ВУФ-излучения в пучке СИ и полное подавление монохроматического излучения в области Ti2p_{1/2}- и Ti2p_{3/2}-полос поглощения (454-460 эВ). Принимая это во внимание, по скачку TEY вблизи 227 эВ (2-й порядок Ti2p-края поглощения) и рассчитанному отношению интенсивностей излучений во 2-3-м и 1-м порядках в СИ Русско-германского канала BESSY-II [13], можно построить реальную зависимость фона кратных порядков в спектральной области 200-450 эВ (рис.1, кривая 4). После деления зависимостей TEY Si и Cu на соответствующие атомные СП [2] была получена спектральная зависимость интенсивности падающего СИ (кривые 3) в относительных единицах. На рис.2 для сравнения приведены спектральные зависимости интенсивности СИ в относительных единицах, нормированных на максимум перед Ti2p краем поглощения для Cu (кривая 3) и Si (кривая 4). Существенно отметить, что эти зависимости пропорциональны друг другу, что указывает на хорошую воспроизводимость хода интенсивности СИ разными фотокатадами и служит обоснованием предлагаемого метода.

На рис. 3 приведены спектральные зависимости TEY для CaF₂ в относительных единицах (кривая 1) и относительной интенсивности СИ, полученной выше (кривая 2). Штриховой линией показан уровень фона в области Ca2p-края поглощения для CaF₂. Видно, что в области Ca2p-порога ионизации для спектральной зависимости интенсивности СИ характерны наличие существенного наклона и отсутствие какой-либо структуры, что позволяет провести нормировку на падающее излучение исследуемого спектра кальция. На рис. 4 представлена спектральная зависимость абсолютных СП в области XANES Ca2p-спектра поглощения CaF₂, полученная путем деления TEY флюорита на интенсивность СИ (см. рис.3) и последующей привязкой по

сумме атомных СП [2] перед Ca2p-краем поглощения. Следует отметить, что привязка к абсолютной шкале СП по атомной сумме СП в случае гетероатомных соединений не всегда корректна, так как хорошая корреляция экспериментальных СП с рассчитанной суммой атомных СП даже в моноатомных твердых телах наблюдается лишь перед краем поглощения и вдали от порогов ионизации. При этом в припороговых областях могут наблюдаться существенные расхождения, что имеет место в случае 3d-переходных металлов [14,15]. Что касается фторида кальция, то проведенные нами ранее измерения СП на монохроматических рентгеновских линиях [12,15] показали сильное отклонение в сторону уменьшения экспериментальных СП от рассчитанных атомных [2] в области 100 эВ выше Ca2p - порога ионизации при хорошем согласии перед Ca2p-краем поглощения. Следует отметить, что полученные в настоящей работе методом TEY значения СП хорошо согласуются с результатами измерений на монохроматических линиях выше Ca2p - края [12,15]. Однако имеются расхождения в абсолютных значениях сечений по-

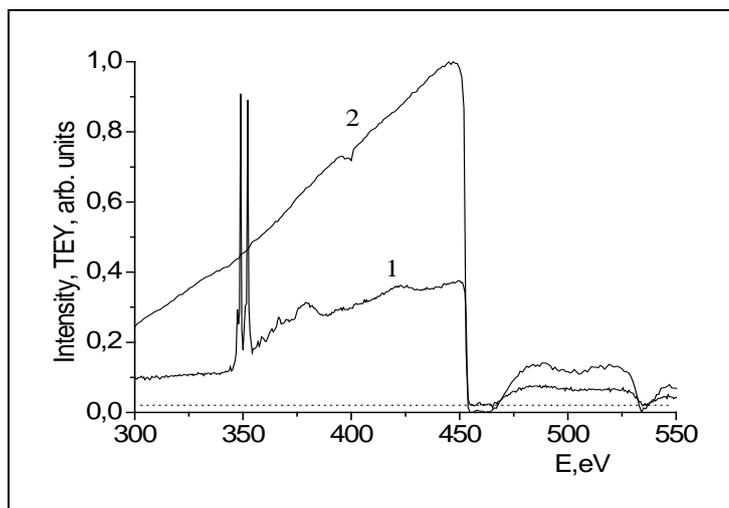


Рис. 3. Спектральная зависимость TEY в области Ca2p-края поглощения CaF₂ (1) и интенсивности СИ в относительных единицах (2).

глощения в максимумах отдельных полос, что может быть обусловлено аппаратными искажениями и «эффектом толщины» при измерениях СП методом прямого фотопоглощения. Для сравнения на рис. 4. приведена спектральная зависимость СП в области XANES 2p - спектра поглощения металлического Ca, полученного методом прямого фотопоглощения [12,15]. Обращают на себя внимание сильные различия в сравниваемых спектрах, которые выражаются в подавлении 2p - скачка поглощения, появлении богатой мультплетной структуры и коротковолновом сдвиге элементов XANES в Ca2p - спектрах при переходе от металла к CaF₂. Наблюдаемые изменения наглядно демонстрируют влияние ионизации валентной оболочки и наличие электроотрицательного окружения на коллапс 3d-состояний в атоме Ca. Принимая во внимание, что сила осциллятора f рентгеновских 2p $_{3/2,1/2} \rightarrow 3d$ переходов непосредственно связана с пространственной локализацией волновой функции возбужденного электрона, представляется интересным проведение сравнения спектральных распределений силы осцилляторов вблизи Ca2p – порога ионизации в спектрах металлического кальция [15] и аргоноподобного иона Ca²⁺ в флюорите. Известно, что ионизация внешней оболочки атома 3d - переходного элемента стимулирует коллапс уже в атомах K и Ca и может приводить к существенному перераспределению сил осцилляторов между дискретной и непрерывной частями 2p - спектров поглощения [17].

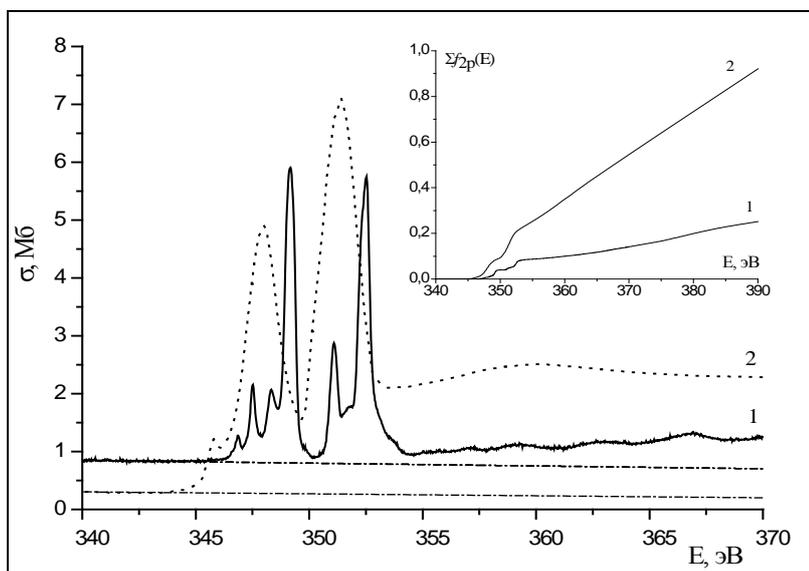


Рис. 4. Спектральные зависимости сечения поглощения в Мб в области XANES Ca2p - спектра поглощения CaF₂ (1) и металлического Ca [15] (2). Штрихпунктирной линией отмечены значения СП, экстраполированные из длинноволновой области перед 2p-краем поглощения. На вставке приведены спектральные зависимости сумм сил осцилляторов для CaF₂ (1) и металлического Ca (2).

Из полученных экспериментальных зависимостей СП, используя соотношение между сечением поглощения σ и спектральной плотностью сил осцилляторов df/dE [16] $\sigma = 109,8 \text{ (Мб эВ)} df/dE \text{ (эВ}^{-1}\text{)}$, были определены суммарные силы осцилляторов $\Sigma f_{2p}(E)$ всех абсорбционных переходов из Ca2p -

оболочки в интервале энергий от 0 до 60 эВ выше Ca2p_{3/2} - края поглощения. При этом выделение парциальных 2p-сечений поглощения проводилось путем экстраполяции СП из длинноволновой области перед Ca2p_{3/2} -краем поглощения. На вставке рис.4 приведена спектральная зависимость Ca2p - парциальной суммы сил осцилляторов, полученная интегрированием спектральной зависимости СП с последующим делением на 109.8. Для сравнения там же показана соответствующая зависимость для металлического кальция [15]. Видно, что при переходе от Ca2p - спектра металла к спектру кристалла происходит уменьшение суммы сил осцилляторов как в начальной области поглощения, так и в широком интервале энергий фотоэлектронов. Существенно, что такая закономерность характерна для Sc2p - спектров поглощения металлического Sc и кристалла Sc₂O₃ [12,15] Таким образом, полученные экспериментальные результаты позволяют полагать, что с ростом степени ионизации поглощающего атома в соединении происходит ослабление коллапса для легких атомов 3d – переходных элементов.

Заключение

В результате проведенных исследований предложена оригинальная методика измерения относительной интенсивности монохроматизированного синхротронного излучения Русско-германского канала BESSY-II с использованием титановых трансмиссионных фильтров и фотокатодов из Si и Si. Полученные впервые с помощью этой методики сечения поглощения в области XANES Ca2p-спектра поглощения фторида кальция хорошо согласуются с данными измерений на рентгеновских эмиссионных линиях. Обнаружены сильные расхождения в распределении парциальных Ca2p – интегральных сил осцилляторов в спектрах поглощения CaF₂ и металлического Ca. Экспериментально обнаружено ослабление коллапса 3d – орбиталей с увеличением степени ионизации атома Ca при переходе от 2p - спектра металла к спектру CaF₂, которое выражается в сильном уменьшении суммы сил осцилляторов в припороговой области и интервале более 60 эВ выше Ca2p - края поглощения.

Литература

1. *Stöhr J.* NEXAFS Spectroscopy // Berlin.: Springer, 1992. 403 p.
2. *Henke B.L., Gullikson E.M., Davis J.C.* X-ray interaction: photoabsorption, scattering, transmission and reflection at $E = 50 - 30000 \text{ eV}$, $Z = 1-92$ // Atom. Data and Nucl. Data Tables, 1993. Vol. 54. P. 1-144.
3. *Лукирский А.П.* Развитие методов ультрамягкой рентгеновской спектроскопии и исследование различных спектров: Дис. ... докт. физ.-мат. наук, ЛГУ. Л., 1964.

4. Сивков В.Н., Виноградов А.С. Сила осцилляторов π_g – резонанса формы в НК – спектре поглощения молекулы азота // Оптика и спектроскопия, 2002. Т.63. С. 431-434.
5. Силы осцилляторов вибрационных и ридберговских переходов в 1s – спектре поглощения молекулы азота / В.Н.Сивков, А.С.Виноградов, С.В.Некипелов, Д.В.Сивков, Д.В.Вя-лых, С.Л.Молодцов // Оптика и спектроскопия, 2007. Т. 102. С. 413-417.
6. *Determination of Interface States for CaF₂/Si(111) from Near-Edge X-Ray-Absorption Measurements* / F.J.Himpsel, U.O.Karlsson, D.Morar, J.A.Yarmoff // Phys. Rev. Letters., 1986. Vol.56. No.14. P.1497-1500.
7. *Formation of a New Ordered Structure of CaF₂/Si(111) by Ultraviolet Irradiation* / U.O.Karlsson, F.J.Himpsel, F.R.McFeely, D.Morar, D.Riger, J.A.Yarmoff // Phys. Rev. Letters., 1986. Vol.57. No.10. P.1243-1246.
8. *Chen C.T., Sette F.* Comment on "Determination of Interface States for CaF₂/Si(111) from Near-Edge X-Ray-Absorption Measurements " // Phys. Rev. Lett., 1988. Vol.60. No.2. P.160-166.
9. *Kyutt R.N., Khil'ko A.Yu., Sokolov N.S.* Сравнительный анализ дифракции Брэгга и Лауэ от сверхрешеток CdF₂–CaF₂ на Si (111) // Fiz. Tverd. Tela (St. Petersburg), 1996. Vol.40. P.1563-1567.
10. *De Groot F.M.F., Fuggle J.C., Thole B.T., Sawatzky G.A.* L_{2,3} x-ray-absorption edges of d⁰ compounds: K⁺, Ca²⁺, Sc³⁺, and Ti⁴⁺ in O_h (octahedral) symmetry // Phys.Rev.B., 1990. Vol.41. No.2, P.928.
11. *Майсте А.А., Руус Р.Э., Эланго М.А.* // ЖЭТФ, 1980. Т.79. С.1671.
12. Силы осцилляторов вибрационных и ридберговских переходов в 1s – спектре поглощения молекулы N₂ / В.Н.Сивков, А.С.Виноградов, С.В.Некипелов, Д.В.Сивков // Нанопизика и наноэлектроника: Материалы симпозиума. Н.Новгород, 2006. Т.2. С.398-399.
13. *Development and present status of the Russian–German soft X-ray beamline at BESSY II* / S.I.Fedoseenko, I.E.Iossifov, S.A.Gorovikov, J.-S.Schmidt, R.Follath, S.L.Molodtsov, V.K.Adamchuk, G.Kaindl // Nucl. Instr.and Meth. A, 2001. Vol.470. P.84-88.
14. *Распределение сил осцилляторов в 2p – спектрах поглощения пленок 3d – переходных металлов* / В.Н.Сивков, А.С.Виноградов, С.В.Некипелов, Д.В.Сивков // Изв. РАН, сер.физ., 2007. Т.71. Р. 81-84.
15. *Сивков В.Н.* Распределение сил осцилляторов в области резонансной структуры ультрамягких рентгеновских спектров поглощения молекул и твердых тел: Дис. ... докт. физ.-мат. наук. С-ПбГУ. С.-Петербург, 2003.
16. *Фано У, Купер Дж.* Спектральное распределение сил осцилляторов в атомах. М.: Наука, 1972. 200 с.
17. *Каразия Р.И.* Коллапс орбиты возбужденного электрона и особенности атомных спектров // УФН, 1981. Т.135. Вып.1. С.79.

СЕЛЕКТИВНОЕ АЛКИЛИРОВАНИЕ ФЕНОЛОВ ТЕРПЕНОИДАМИ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ СИНТЕЗА НОВЫХ ПРАКТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

И.Ю. ЧУКИЧЕВА, И.В. ФЕДОРОВА, А.В. КУЧИН

Институт химии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
chukicheva-iy@chemi.komisc.ru

Изучено алкилирование фенола, двухатомных фенолов терпенами и терпеновыми спиртами в присутствии органоалюминиевых катализаторов. Показано влияние структуры алкилирующего реагента, вида органоалюминиевого соединения и температуры на выход продуктов реакции.

Ключевые слова: **фенолы, терпены, алкилирование, органоалюминиевые соединения**

I.YU. CHUKICHEVA, I.V. FEDOROVA, A.V. KUTCHIN. SELECTIVE ALKYLATION OF PHENOL BY TERPENES AS A PERSPECTIVE WAY OF SYNTHESIS OF NEW PRACTICALLY IMPORTANT COMPOUNDS

Alkylation of phenol, diatomic phenols by terpenes and terpenic alcohols in presence of organoaluminium catalysts is studied. Structure influence of alkylating reagent, a kind of organoaluminium compound, and temperature on yield of products of reaction is shown.

Key words: **phenols, terpenes, alkylation, organoaluminium compounds**

В настоящее время фенольные соединения широко применяются в различных отраслях промышленности (полимерной, резинотехнической, фармацевтической, косметической), а также в лечебной практике, однако их возможности востребованы не полностью. Наиболее традиционной и изученной областью применения фенольных антиоксидантов является полимерная промышленность [1-4].

Большая часть фенолов расходуется на изготовление фенолформальдегидных смол, которые являются сырьем для пресспорошков, слоистых пластиков, лаков, клеевых смол, а также фенолы используют для синтеза высших алкилфенолов, которые применяются для получения поверхностно-активных веществ, стабилизаторов, присадок [5,6]. Представляют значительный интерес смолы, получаемые из двухатомных фенолов, особенно из резорцина. Резорциновые смолы обладают значительно большей, чем фенольные, термостойкостью и механической прочностью, имеют хорошие диэлектрические и адгезионные характеристики. Кроме того, двухатомные фенолы являются весьма перспективным сырьем в производстве различных модификаторов, используемых для стабилизации пластмасс, резин [1,6,7].

Одним из важнейших способов применения фенолов является производство антиоксидантов. В настоящее время в мире сложился устойчивый рынок различных по значению и химической структуре

антиоксидантов, в котором фенольные антиоксиданты занимают определенную нишу. Благодаря своей малой токсичности они находят применение, прежде всего, в материалах, контактирующих с человеком, в производстве медицинского оборудования, пищевых упаковок, детских игрушек, а также в продуктах питания и кормах [7].

Практика введения антиоксидантов в пищевые продукты получила широкое распространение. Наибольшее применение в качестве пищевых добавок нашли замещенные фенолы, обладающие рядом преимуществ с точки зрения пищевой технологии: высокой эффективностью антиокислительного действия в различных системах, относительно высокой термической стабильностью, низкой токсичностью и дешевизной [7]. Весьма перспективными оказались стерически затрудненные фенолы – ионол (дibuнол), бутилксианизол, которые с 1950-х гг. занимают лидирующее положение на рынке пищевых антиоксидантов. Кроме того, широкое распространение получили синтетические аналоги природных антиоксидантов (токоферол, аскорбиновая кислота).

В последнее время серьезное внимание уделяется так называемому «окислительному стрессу» – окислительному повреждению биологических молекул, которое генерируется в основном свободными радикалами [8]. Окислительный стресс является следствием дисбаланса про- и антиоксидантных систем клетки и отражается в избыточном

образовании в клетке активных форм кислорода, может являться причиной повреждения различных структур: ДНК, белков и липидов, и может приводить к клеточной смерти. Такие заболевания, как рак образования, атеросклероз, болезнь Паркинсона, диабет, ряд воспалительных заболеваний, катаракта, сердечно-сосудистые заболевания и процессы старения все чаще ассоциируют с последствиями свободнорадикального окисления.

Поиск и изучение новых биоантиоксидантов является важной проблемой современной физико-химической биологии, имеющей большое практическое значение. Препараты антиоксидантного типа действия составляют новую фармакологическую группу лекарственных средств, обладающих разнообразным спектром биологической активности. Установлена высокая эффективность их в медицинской практике [9].

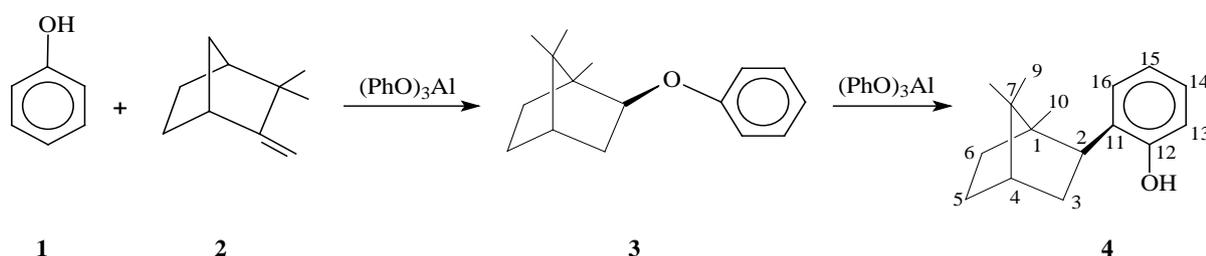


Схема 1.

Известно, что разнообразной биологической активностью обладают соединения, которые формально можно представить как продукты С-алкилирования ароматических соединений терпенами и их условно называют арилзамещенными терпенами. Представители этого класса найдены в природных источниках, а в случае обнаружения для них биологической активности предложены синтетические варианты их получения [10-12].

В 60-х гг. прошлого века сформировался новый раздел химии душистых веществ на основе терпенофенолов. Эти работы проводились под руководством Л.А.Хейфица [13-17]. Синтезированные из терпенофенолов новые продукты – санталидол, кедрол, норинол, мустерон, вератрон – с успехом могут заменить дорогостоящие натуральные мускусы, санталовое и другие эфирные масла.

Введение терпенового заместителя в ароматическое ядро фенолов возможно при взаимодействии фенолов с терпеновыми углеводородами, спиртами или галоидпроизводными в присутствии катализаторов кислотного характера [18]. Использование терпеновых соединений, отличающихся необычайной склонностью к различным скелетным перегруппировкам, вносит большое своеобразие в реакции алкилирования и выделяет терпенофенолы из общего класса алкилфенолов [19-21]. Разработка регио- и стереоселективных методик конденсации фенолов с терпенами в этом случае приобретает особую актуальность. Введение в ароматическое ядро алкильных заместителей проходит аналогично реакции Фриделя-Крафтса, часть модификаций этого метода появилась позже. Многие методы основаны на использовании органометаллических интермедиатов (реактив Гриньяра, ал-

лилникелевый комплекс, арилкупрат). Однако все эти методы недостаточно эффективны, поскольку при их реализации реакции проходят в течение длительного времени и с невысокой конверсией исходных соединений. Кроме того, существует проблема контроля стереохимии двойных связей.

В представленной работе изучено алкилирование одно- и двухатомных фенолов камфеном в присутствии органоалюминиевых катализаторов: фенолята алюминия $(\text{PhO})_3\text{Al}$ и изопропилата алюминия $(i\text{-PrO})_3\text{Al}$ [22-24].

Основным направлением реакции алкилирования фенола камфеном в присутствии $(\text{PhO})_3\text{Al}$ является С-алкилирование с образованием до 80% *орто*-изоборнилфенола (**4**) (схема 1). В качестве побочных продуктов образуются *орто*-изокамфилфенол и *пара*-изоборнилфенол с выходом 12% и 4% соответственно [25-27].

Реакция С-алкилирования фенола камфеном проходит через образование фенилизоборнилового эфира с последующей его перегруппировкой. Видимо, на первой стадии алюминий координирует исходный фенол. Проведение реакции алкилирования при низкой температуре позволяет остановить реакцию на стадии О-алкилирования, и в этом случае возможно селективное получение фенилизоборнилового эфира (**3**). Повышение температуры приводит к перегруппировке эфира в алкилфенол (**4**).

Перегруппировка фенилизоборнилового эфира в присутствии фенолята алюминия начинается с координации алюминия с атомом кислорода эфира на первой стадии. И только после этого происходит внутримолекулярная тандемная перегруппировка эфира в алкилфенол (подобно перегруппировке Кляйзена) и перегруппировка Вагнера-Меервейна терпенового фрагмента. Тем самым можно утверждать, что регио- и стереоселективность алкилирования фенола камфеном объясняется тем, что процесс проходит внутримолекулярно в организованной координационной сфере алюминия [25-27].

Таким образом, при использовании в качестве катализатора фенолята алюминия алкилирование фенола и перегруппировка фенилизоборнилового эфира проходят селективно с выходом основного продукта – *орто*-изомера (**4**), имеющего экзо-конфигурацию и изоборнильное строение терпенового заместителя – до 80%.

Проведены исследования по распределению содержания дейтерия в перегруппировках α -пинена в камфен, а затем в 2-изоборнилфенол с помощью разработанного ранее в лаборатории ЯМР химического факультета МГУ метода измерения и анализа спектров ЯМР ^2H [28].

В *орто*-изоборнилфеноле (**4**) и его предшественнике, в целом, наблюдается подобие в специфическом распределении дейтерия (с учетом изменения положений, происходящих при трансформации каркасов). Хорошо прослеживается связь α -пинен \rightarrow камфен \rightarrow *орто*-изоборнилфенол (схема 2).

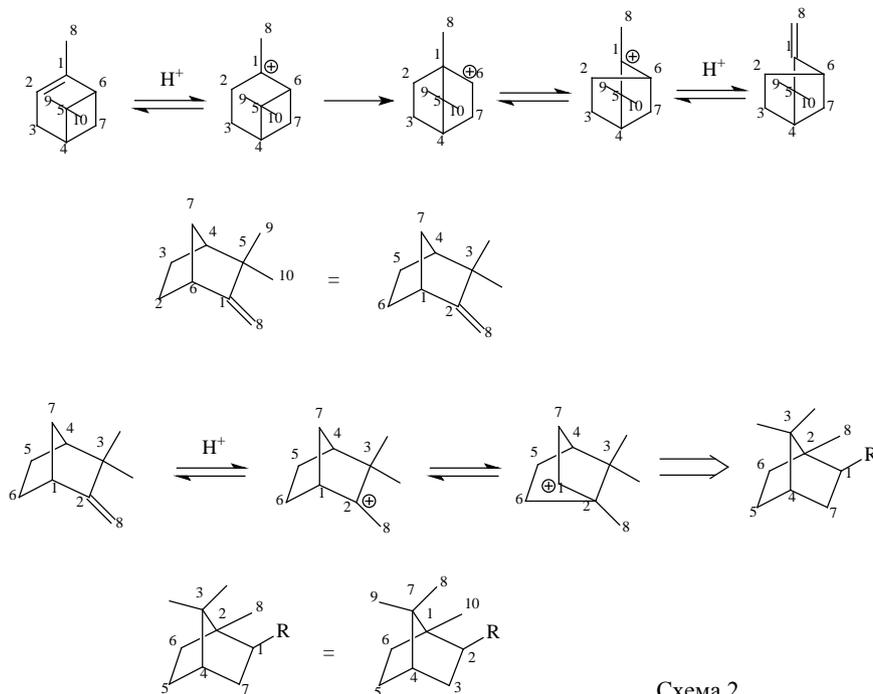


Схема 2.

Метильные группы 9 и 10 не должны претерпевать изменений (одна принудительно используется для нормирования). При углеродном атоме С-10 в изоборнильном соединении наблюдается некоторое обогащение, что соответствует потере атома водорода. Интересно, что при переходе α -пинен \rightarrow камфен \rightarrow *орто*-изоборнилфенол, заметное и монотонное возрастание (выравнивание) населенности происходит в положении 6-1-2, т.е. в центре перегруппировок.

Алкилирование двухатомных фенолов олефинами изучено достаточно подробно. Для прове-

дения этой реакции применяются различные кислотные катализаторы (минеральные кислоты, сульфокатионитные смолы, органические сульфокислоты) и феноксиды металлов [29-36]. Использование кислотных катализаторов нежелательно для алкилирования фенолов терпеновыми углеводородами, так как для терпенов в кислых условиях ха-

рактерны всевозможные внутримолекулярные перегруппировки, что значительно уменьшает селективность процесса. Исследовано алкилирование двухатомных фенолов (пирокатехина, резорцина и гидрохинона) камфеном в присутствии фенолята алюминия $(\text{PhO})_3\text{Al}$ и изопропилата алюминия $(i\text{-PrO})_3\text{Al}$ [37,38].

В результате взаимодействия пирокатехина (**5**) с камфеном (**2**) образуются продукты О- и С-алкилирования. Алкилирование при температуре 160-170 °С независимо от используемого катализатора приводит к образованию в качестве основного продукта моноэфира пирокатехина с изоборнильным строением терпенового заместителя **6(a)** (схема 3). Нагрев реакционной смеси до 200 °С также независимо от используемого ката-

лизатора приводит к продуктам С-алкилирования. При соотношении исходных реагентов пирокатехин:камфен – 2:1 в присутствии $(i\text{-PrO})_3\text{Al}$ проходит С-алкилирование с образованием *орто*- и *пара*-алкилированных фенолов с изоборнильным и изокамфильным терпеновым заместителем. Помимо описанных выше продуктов алкилирования пирокатехина образуется смесь изокамфильного и изофенхильного моноэфиров **6(b-c)**.

При взаимодействии другого дигидроксибензола – резорцина – выявлена интересная особенность реакции. В результате алкилирования ре-

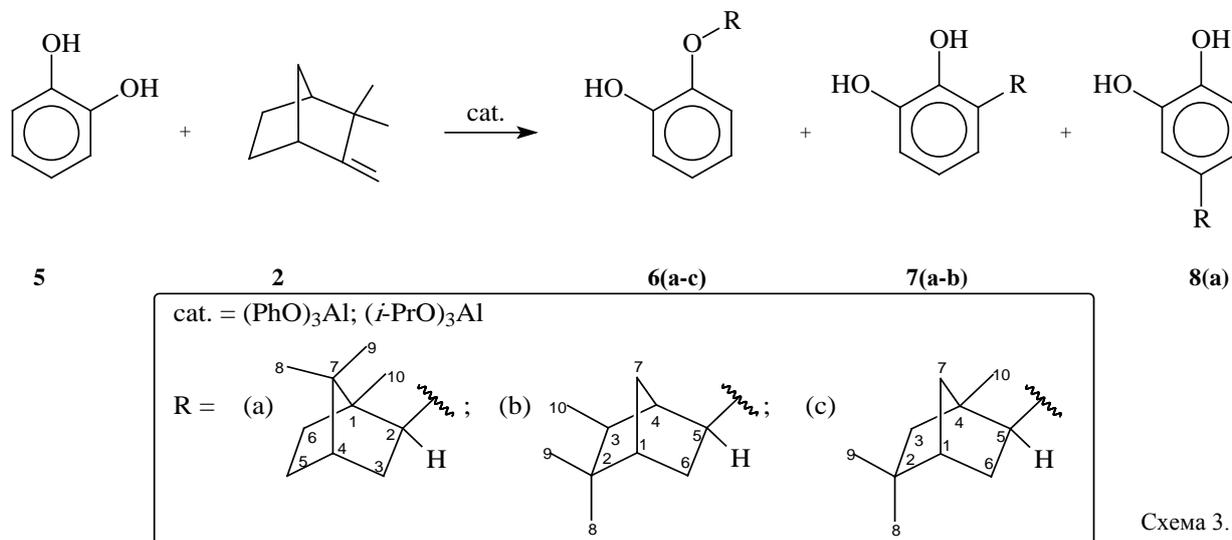


Схема 3.

зорцина (**9**) камфеном (**2**) наблюдается образование смеси моноэфиров **10(a-c)**, основным из которых является эфир с изофенхильным строением терпенового заместителя **10(c)** (схема 4). При исследовании алкилирования пирокатехина и гидрохинона изофенхильные эфиры были выделены в качестве побочных продуктов. Вследствие согласованного ориентирующего эффекта гидроксигрупп резорцина реакция проходит значительно быстрее, чем в случае пирокатехина, и характеризуется более сложным изомерным составом и достаточно высоким выходом дизамещенного резорцина (**13**) независимо от соотношения реагентов. Кроме того, был выделен диалкилированный резорцин (**12**), в молекуле которого присутствуют одновременно изоборнильный и изокамфильный заместители.

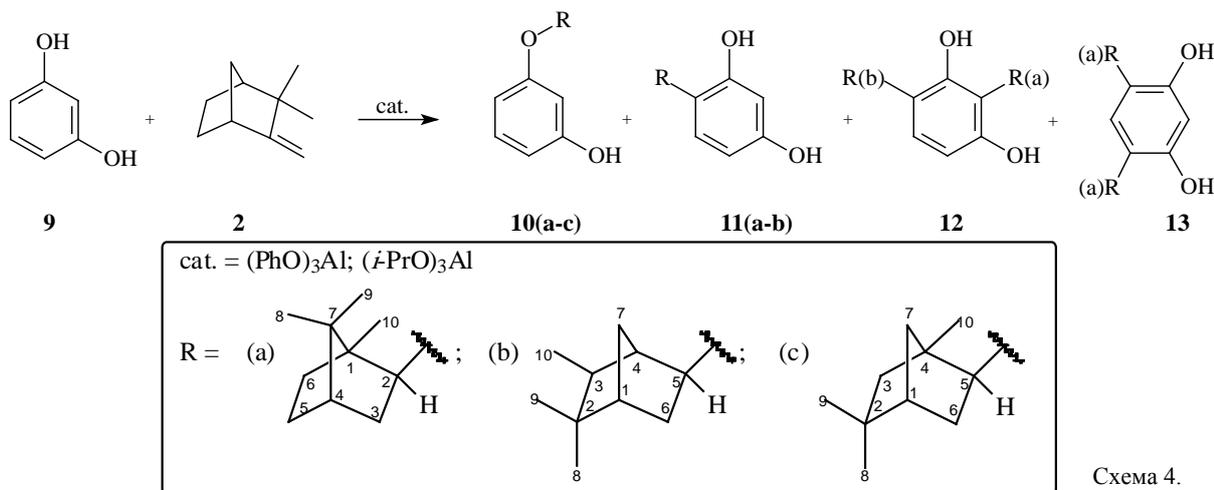


Схема 4.

Выявлено, что состав продуктов алкилирования гидрохинона камфеном в присутствии фенолята алюминия в значительной степени зависит от соотношения исходных компонентов (схема 5). Так, при соотношении гидрохинона (**14**) к камфену (**2**) 1:2 образуется изоборниловый эфир гидрохинона **15(a)** с выходом до 73%, при соотношении гидрохинон:камфен 1:1 и 2:1 преимущественно происходит С-алкилирование с образованием до 80% *орто*-алкилированного гидрохинона (**16**).

Взаимодействие фенолов с терпеновыми спиртами – одна из стратегий, обусловленная практической значимостью продуктов реакции и доступностью сырья. Предложен новый метод алкилирования фенолов бициклическими и линейными терпеновыми спиртами в присутствии органоалюминиевых соединений. Выбор данного подхода обусловлен несколькими факторами. Терпеновые спирты являются составной частью компонентов растительных тканей и могут быть выделены из них в значительных количествах. Кроме того, используемые нами спирты обладают физиологической активностью, что представляет интерес в плане возможной активности конечных продуктов синтеза. Проведено алкилирование фенола гераниолом, миртенолом, ментолом, борнеолом и поли-

пренолами $\text{C}_{30}\text{-C}_{55}$ в присутствии фенолята алюминия $(\text{PhO})_3\text{Al}$ и изопропилата алюминия $(i\text{-PrO})_3\text{Al}$ (схема 6) [39-42]. При исследовании продуктов алкилирования были обнаружены закономерности протекания процесса, обусловленные природой алкоксида алюминия, алкилирующего агента и температурой реакционной смеси.

Применение органоалюминиевых соединений подразумевает протекание реакции в координационной сфере алюминия. Структура спирта оказыва-

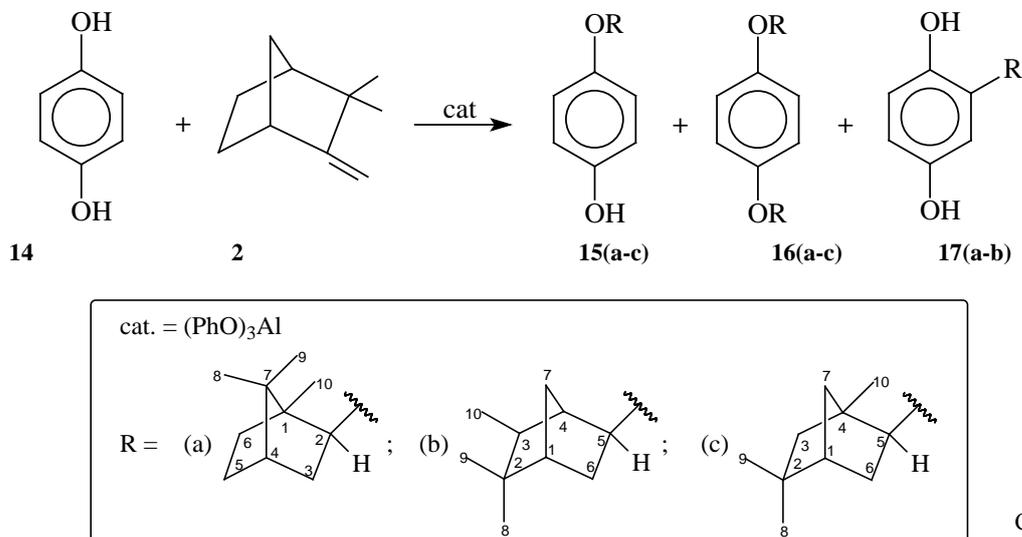
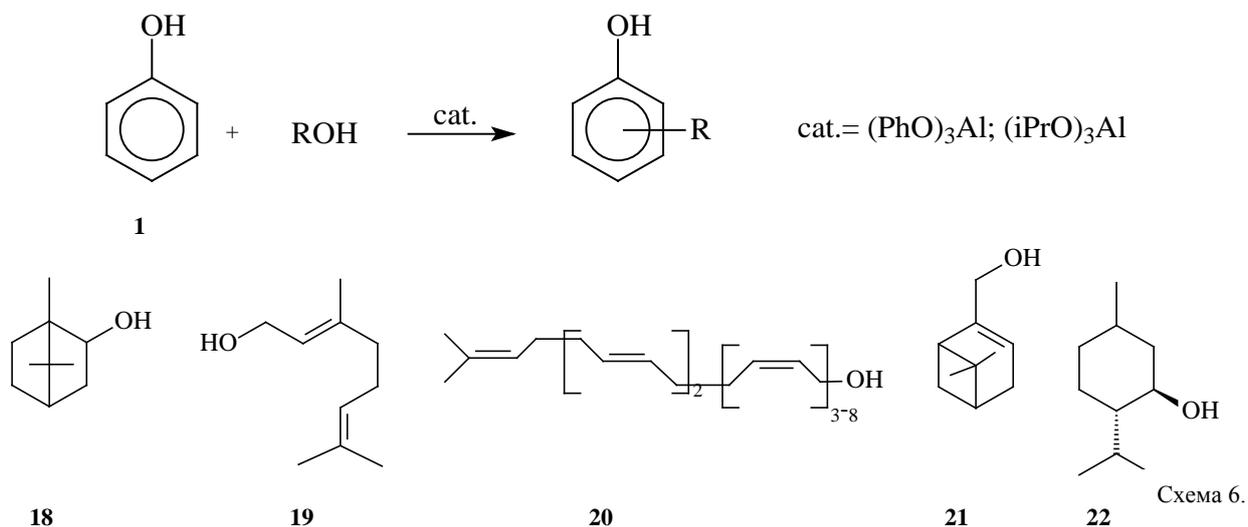


Схема 5.



ет влияние на возможность координации с ор- ганоалюминиевым соединением и далее на взаимо- действие с ароматическим ядром. Кроме того, от строения спирта зависит образование карбкатиона, наличие которого также вносит свой вклад в обра- зование продуктов алкилирования.

Изучено взаимодействие фенола (**1**) с борнео- лом (**18**) с использованием реagentных и катали- тических количеств катализатора (фенолята или изопр- опилата алюминия). В условиях реagentного спосо- бия выход продуктов реакции составляет 43-48 % не- зависимо от используемого катализатора. Основными продуктами конденсации фенола с борнеолом как в присутствии фенолята алюминия, так и изопр- опилата алюминия являются С-алкилированные фено- лы с изоборнильным (**4**) и изокамфильным строе- нием терпенового заместителя в *орто*-положении относительно ОН-группы. Особенность реакции алкилирования фенола борнеолом в присутствии фенолята алюминия заключается в образовании до 12% фенилизорнилового эфира (**3**) (при 110 °С), а также ди- и триалкилированных фенолов с боль- шим выходом (36 %), чем при использовании в качестве катализатора изопр- опилата алюминия. Проведение реакции в присутствии $(i\text{-PrO})_3\text{Al}$ приводит к образованию значительного количества *пара*- замещенного фенола, чего не наблюдается при использовании фенолята алюминия. Реакция алки- лирования фенола (**1**) борнеолом (**18**) в катали- тических условиях не проходит.

Исследована реакция алкилирования фенола (**1**) гераниолом (**19**) в присутствии ор- ганоалюми- ниевых соединений (реagentные и каталитические количества) [12]. Установлена зависимость выхода и состава продуктов реакции от температуры реак- ционной среды. При проведении реакции реagent- ным способом в присутствии $(\text{PhO})_3\text{Al}$ конверсия составляет 97-100 %. При алкилировании фенола (**1**) полипренолами (**20**) в присутствии реagentных количеств фенолята алюминия происходит пре- имущественное *орто*-замещение бензольного ядра (42%). При температуре реакции выше 160 °С ве- лика доля образования полимеризованных продук- тов. Каталитический способ пренилирования фено- ла при 140 °С приводит к полимеризации исходных спиртов.

Алкилирование фенола бициклическим тер- пеновым спиртом – миртенолом (**21**), имеющем внутрициклическую двойную связь в аллильном положении, в присутствии фенолята алюминия по- казало, что реакция протекает с участием аллиль- ной двойной связи и карбкатиона, образующегося при отщеплении ОН-группы спирта. Четырехчлен- ный цикл миртенола неустойчив и легко раскрыва- ется с образованием ментановой структуры. В при- сутствии изопр- опилата алюминия в качестве про- дуктов реакции выделили насыщенный спирт и продукты алкилирования *изо*-пропильным карбк- атионом.

Алкилирование фенола (**1**) ментолом (**22**) проводили в присутствии эквимолярных количеств ор- ганоалюминиевого соединения, фенола и менто- ла. Применение ор- ганоалюминиевых соединений как $(\text{PhO})_3\text{Al}$, так и $(i\text{-PrO})_3\text{Al}$ приводит к образова- нию преимущественно С-алкилированных продук- тов. Отличительной особенностью алкилирования фенола ментолом является образование *пара*- замещенного фенола при использовании фенолята алюминия (*орто*-ориентирующего катализатора) с выходом до 60%. В случае $(i\text{-PrO})_3\text{Al}$ происходит алкилирование фенола *изо*-пропильным фрагмен- том при полном отсутствии продуктов взаимодей- ствия ментола с фенолом.

Таким образом, при алкилировании фенола терпеноидами выявлены некоторые закономер- сти протекания реакции. Реакция происходит в ко- ординационной сфере алюминия, поэтому структу- ры алкилирующего реagentа и ор- ганоалюминиевого соединения оказывают влияние на состав продук- тов алкилирования.

Выполненная работа по синтезу терпенофе- нолов представляет практический интерес, так как полученные продукты перспективны в качестве ан- тиоксидантов широкого спектра назначения (меди- цинского, технического и пищевого).

Экспериментальная часть:

Алкилирование фенолов камфеном в при- сутствии ор- ганоалюминиевых катализаторов

В двугорлой колбе на 100 мл, снабженной термометром и обратным холодильником, нагрева- ли 0.59 г фенола до 160 °С. Алюминиевую стружку

(0.06 г) добавляли небольшими порциями. После полного растворения алюминия в феноле раствор охладили до 40С, затем добавили 6.46 г (57 ммоль) фенола и 8 г (59 ммоль) камфена. В случае изо-пропилата алюминия загрузку реагентов проводили одновременно. Реакцию вели, поддерживая температуру 160-170 °С, до полной конверсии камфена (контроль по ГЖХ и ТСХ). По окончании реакции смесь охладили, разбавили диэтиловым эфиром, промыли разбавленным раствором минеральной кислоты для разложения катализатора, затем промыли насыщенным раствором NaHCO_3 и водой до нейтральной реакции. Органический слой сушили над безводным Na_2SO_4 , растворитель упарили.

Разделение продуктов реакции проводили с помощью колоночной хроматографии на силикагеле L 100/200 μ . Элюент – петролейный эфир (гексан) - диэтиловый эфир с увеличением количества последнего. В результате были выделены продукты алкилирования фенола камфеном.

Алкилирование фенола терпеновыми спиртами в присутствии органоалюминиевых катализаторов

В двугорлой колбе на 100 мл, снабженной термометром и обратным холодильником, нагревали 3.98 г (13 ммоль) фенолата алюминия и 2 г (13 ммоль) спирта до 160 °С до полной конверсии спирта (контроль методами ГЖХ и ТСХ). По окончании реакции смесь охладили, разбавили диэтиловым эфиром, промыли разбавленным раствором минеральной кислоты для разложения катализатора, 5 %-ным раствором NaOH для связывания непрореагировавшего исходного фенола и водой до нейтральной реакции. Органический экстракт высушивали безводным Na_2SO_4 , растворитель упаривали при пониженном давлении. Реакционную смесь разделяли методом колоночной хроматографии на силикагеле ($\text{Silica gel } 70/230 \mu$, элюент – петролейный эфир– Et_2O с увеличением доли последнего).

Литература

1. Харлампович Г.Д., Чуркин Ю.В. Фенолы. М.: Химия, 1974. С. 376.
2. Еришов В.В., Никифоров Г.А., Володькин А.А. Пространственно-затрудненные фенолы. М.: Химия, 1972. 325 с.
3. Рогинский В.А. Фенольные антиоксиданты. Реакционная способность и эффективность. М.: Наука, 1988. 248 с.
4. Гозотов А.Ф., Завьялова А.А., Левчук А.А. Сравнительная характеристика техногенных фенолов различного происхождения в качестве сырья для получения эффективных ингибиторов термополимеризации нефтехимических производств // Химия растительного сырья, 2006. № 3. С. 49-52.
5. Патент *СН* №2067972. Смесь 2,4-диметил-6-вторалкилфенолов, обладающая стабилизирующим действием / Р.Питлу, П.Дабс. 1996.
6. Патент *RU* №216509. Метод для получения 2,6-ди-*трет*-бутил-фенола / И.Б.Пантух, С.В.Колесников, В.Д.Сурков. 2001.
7. Роль фенольных антиоксидантов в повышении устойчивости органических систем к свободно-

радикальному окислению/ И.В.Со-рокина, А.П.Крысин, Т.Б.Хлебникова, В.С.Коб-рин, Л.Н.Попова // Аналит. обзор. СОРАН; ГПНТБ.Ин-т орган. химии. (Сер. Экология. Вып. 46.). Новосибирск, 1997. 68 с.

8. *Окислительный стресс* / Е.Б.Меньшикова, Н.К.Зенков, В.З.Ланкин, И.А.Бондарь, Н.Ф.Круговых, В.А.Труфакин // Проксиданты и антиоксиданты. М.: Слово, 2006. 553 с.
9. *Плотников М.Б., Тюкавкина Н.А., Плотникова Т.М.* Лекарственные препараты на основе диквертина. Томск: Изд. Том. ун-та, 2005. 248 с
10. *Патент РФ №2351321.* Средство, увеличивающее мозговой кровоток / М.Б.Плотников, Е.А.Краснов, В.И.Смолякова, И.С.Иванов, А.В.Кучин, И.Ю.Чукичева. 2009.
11. *Патент РФ №2347561.* Средства, обладающие антирадикальной, гемореологической, антитромбоцитарной и антитромбогенной активностью / М.Б.Плотников, Е.А.Краснов, В.И.Смолякова, И.С.Иванов, А.В.Кучин, И.Ю.Чукичева, Е.В.Буравлев. 2009.
12. *Antithrombogenic and antiplatelet activity of ortho-isobomyl phenol derivative* / M.B.Plotnikov, V.I.Smolyakova, I.S.Ivanov, A.V.Kuchin, I.J.Chu-kicheva, E.A.Krasnov // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2008. Vol.145. No.3. P.328-330.
13. *Исследование в области терпенофенолов. Изоборнилфенолы и продукты их превращения* / Г.И.Молдованская, Л.А.Хейфиц, А.В.Кохманский, В.Н.Белов // ЖОХ, 1963. Т.33. Вып.10. С. 3392-3398.
14. *Москвичев В.И., Хейфиц Л.А.* Установление строения алкильных и терпеновых заместителей в алкил- и терпенофенолах // ЖОрХ, 1973. Т.9. Вып.7. С. 1444-1447.
15. *Хейфиц Л.А., Аульченко И.С.* Терпенофенолы и их применение в синтезе душистых веществ // Химия и технология душистых веществ и масел. (Труды ВНИИСНДВ; вып. 8). М., 1968. С. 48.
16. *Исследование в области терпенофенолов. 3. Изучение продуктов конденсации камфена с фенолом* / Л.А.Хейфиц, Г.И.Молдованская, Э.В.Броун, В.Н.Белов // ЖОХ, 1960. Т.30. Вып.5. С. 1716-1720.
17. *Хейфиц Л.А., Молдованская Г.И., Шулов Л.М.* Исследование в области терпенофенолов. 10. Строение терпенового остатка в терпенофенолах, полученных из камфена // ЖОХ, 1965. Т.1. Вып.6. С. 1057-1063.
18. *Препаративная химия терпеноидов* / К.П.Волчо, Л.Н.Рогоза, Н.Ф.Салахутдинов, А.Г.Толстикова, Г.А.Толстикова. Бициклические монотерпеноиды. Т.1. Новосибирск, 2005. С. 264.
19. *Кузаков Е.В., Шмидт Э.Н.* Синтез терпено-фенолов прямым алкилированием фенолов терпеноидами // Химия природных соединений, 2000. №3. С. 198-207.
20. *Бархаш В.А.* Современные проблемы карбониевых ионов. Новосибирск, 1975. 411 с.
21. *Чукичева И.Ю., Спирихин Л.В., Кучин А.В.* Молекулярная тандемная перегруппировка при алкилировании фенола камфеном // ЖОрХ, 2008. Т.44. № 1. С.69-73.
22. *Чукичева И.Ю.* Алкилирование фенолов монотерпеновыми углеводородами: Дис. ... канд. хим. наук

- / Ин-т химии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2003. 138 с.
23. Чукичева И.Ю., Кучин А.В. Природные и синтетические терпенофенолы // Российский химический журнал, 2004. Т.48. №3. С.21-37.
 24. Федорова И.В. Исследование каталитического процесса алкилирования фенолов терпеноидами. Дис. ... канд. хим. наук. Ин-т химии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2009. 135 с.
 25. Алкилирование фенола камфеном в присутствии фенолята алюминия / И.Ю.Чукичева, А.В.Кучин, Л.В.Спирихин, О.Я.Борбулевич, А.В.Чураков, А.И.Белоконь // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2003. № 1. С. 9-13.
 26. Перегруппировка фенилзаборнилового эфира в терпенофенолы / И.Ю.Чукичева, Л.В.Спирихин, Е.У.Ипатова, А.В.Кучин // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения, 2003. № 1. С. 14-15.
 27. Молекулярная tandemная перегруппировка при алкилировании фенола камфеном / И.Ю.Чукичева, Л.В.Спирихин, А.В.Кучин // ЖОрХ, 2008. Т. 44. Вып. 1. С.69-73.
 28. Количественная спектроскопия ЯМР 2H. Сообщение 2. «H/D-Изотопные портреты» циклических монотерпеноидов и дискриминация их биосинтетических путей / С.М.Гердов, Ю.К.Гришин, В.А.Розняговский, Ю.А.Ус-тынук, А.В.Кучин, И.Н.Алексеев, Л.Л.Фролова // Известия РАН. Сер. хим., 2005. №5. С. 1222-1228.
 29. Max H. Stern, Thomas H. Regan and David P. Maier. Novel Tricyclic Compounds from Alkylated Hydroquinones and C-10 terpenes. // J.Org.Chem, 1973. Vol.38. No. 7. P. 1264-69.
 30. Hugues Vienaume, Jean-Erick Ancel, Pierre Meilland and Jean-Pierre Simonato. Rhodium (I)-catalyzed addition of phenols to dienes. A new convergent synthesis of vitamin E // Tetrahedron Letters, 2000. No. 41. P. 3339-3343.
 31. Козликовский Я.Б., Коцкий В.А., Бутов С.А. Взаимодействие пирокатехина и резорцина со стиролом в присутствии фенолята алюминия// ЖОрХ, 1986. Т.22. Вып.3. С. 606-610.
 32. Алкилирование пирокатехина и резорцина циклогексеном в присутствии фенолята алюминия / Я.Б.Козликовский, В.А.Коцкий, С.А.Бутов, Т.Ф.Овсюк // ЖОрХ, 1988. Т.24. Вып.4. С. 827-830.
 33. Patent CS 111292. Zpusob pripravy 5-(1,1,3,3-tetrametyl-butyl)-hydrochinonu / Jaromir PirkI. 1990.
 34. Patent CS 273290. Zpusob pripravy 2,5-bis-(1,1,3,3-tetrametyl-butyl)-hydrochinonu / Jaro-mir PirkI, Gabriela Svobodova, Jaroslav Kroupa. 1992.
 35. Patent JP 04-103550. Preparation of dialkylhydroquinones / Goto Fumiaki, Tanaka Kozo. 1978.
 36. Patent WO 02055461. Process for the C-alkylation of aromatic hydroxyl compounds / Marie Dougherty Shayn, Maleski Robert Joseph, Debord Sharon Denise. 2002.
 37. Chukicheva I.Yu., I.V. Timusheva, L.V. Spirikhin and A.V. Kutchin. Alkylation of pyrocatechol and resorcinol by camphene // Chemistry of Natural Compounds, 2007. Vol.43. No 3. P. 245-249.
 38. Алкилирование гидрохинона камфеном / И.Ю.Чукичева, Л.В.Спирихин, Е.У.Ипатова, А.В.Кучин // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения, 2003. № 1. С. 16-19.
 39. Патент РФ 2341511. Способ алкилирования фенолов терпеновыми спиртами / И.Ю.Чукичева, И.В.Тимушева, А.А.Королева, Кучин А.В. // Бюл. №35 от 20.12.2008.
 40. Патент РФ 2340592. Способ алкилирования фенолов / И.Ю.Чукичева, И.В.Тимушева, А.А.Королева, А.В.Кучин // Бюл. №34 от 10.12.2008.
 41. Алкилирование фенола ментолом под действием алкоксидов алюминия / И.Ю.Чукичева, И.В.Федорова, А.А.Королева, А.В.Кучин // Химия природных соединений, 2008. №4. С.363.
 42. Пренилирование фенола алифатическими терпеновыми спиртами / И.Ю.Чукичева, А.А.Королева, И.В.Тимушева, А.В.Кучин // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология, 2009. Вып. 1. С. 27-33.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 582.711.16 (470.13)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ОЧИТКОВ (CRASSULACEAE DC.) НА СЕВЕРЕ

Т.В. БАБАК

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

Обобщены итоги комплексных исследований двух представителей семейства Crassulaceae DC. на северной границе ареала в пределах таежной зоны Республики Коми. Впервые даны популяционные характеристики изучаемых видов в условиях европейского Северо-Востока и оценка состояния ценопопуляций. Приведены экологические характеристики местообитаний видов.

Ключевые слова: **Crassulaceae DC., Sedum acre L., Hylotelephium triphyllum (Haw.), состояние ценопопуляций, граница распространения, популяционные характеристики**

T.V. BABAK. ESTIMATION OF STATE OF SEDUM L. s.l. (CRASSULACEAE DC.) COENOPOPOPULATIONS IN THE NORTH

The results of complex investigations of *Sedum acre* L. and *Hylotelephium triphyllum* (Haw) Holub., two species from Crassulaceae DC. family in the northern boundary of its distribution within taiga subzone of the Komi Republic, are generalized. Original material on population characteristics (age structure, seed production, population density and number) are obtained. Data on modern state of studied species of coenopopulations are considered. The basic age spectrum and ecological characteristics of these species habitats are presented.

Key words: **Crassulaceae DC., Sedum acre L., Hylotelephium triphyllum (Haw.) Ho-lub, state of cenopopulations, boundary of distribution, population characteristics**

Семейство Crassulaceae DC. (толстянковые) представляет большой интерес с ботанической, физиологической и хозяйственной точки зрения. Виды этого семейства широко распространены по всему Земному шару, преимущественно в сухих теплых и умеренных областях. В пределах бывшего СССР встречается, по разным данным, от 9 до 13 родов, включающих от 121 до 148 видов [1, 2], из которых на территории европейского Северо-Востока России представлены только три рода: *Rhodiola* L., *Sedum* L. и *Hylotelephium* H. Ohba. К настоящему времени наиболее обобщены данные по роду *Rhodiola* [3-10]. Два других рода: *Sedum* и *Hylotelephium* остаются практически неизученными. Имеющиеся в литературе сведения по ним отрывочны, вопросам биоморфологии и биогеографии посвящено весьма незначительное число работ. Более полно представлены данные по систематике, таксономии и биохимии этой группы растений. Большая часть работ носит прикладной характер, что связано с перспективным использованием очитков как лекарственного сырья и в качестве декоративных растений. В настоящее время интерес представляет изучение свойств ценопопуляций различных видов растений и их сравнение в разных частях ареала, особое внимание привлекают

подобные исследования на границе распространения вида.

Цель нашей работы – выявить приспособления природных ценопопуляций *Sedum acre* L. и *Hylotelephium triphyllum* (Haw.) Holub к длительному, устойчивому существованию в условиях Севера и оценить их современное состояние.

Материал и методы

Объектами исследований были два представителя семейства *Crassulaceae* – *S. acre* (очиток едкий) и *H. triphyllum* (очиток или очитник пурпурный, ранее *S. purpureum* L.) из природных ценопопуляций. Изучение природных ценопопуляций *S. acre* и *H. triphyllum* проводили на территории европейского Северо-Востока в пойме бассейна р. Луза (граница подзон южной и средней тайги), на песчаных обнажениях вдоль шоссе Сыктывкар – Ухта (окрестности с. Серегово), в поймах бассейна рек Сысола, Вычегда (подзона средней тайги), верховьях р. Щугор (подзона северной тайги), низовьях р. Печора и устье рек Цильма и Печорская Пижма, а также в средней части р. Печорская Пижма (подзона крайнесеверной тайги). Всего за вегетационные

периоды 2000 – 2004 гг. изучено 30 ценопопуляций *H. triphyllum* и 10 ценопопуляций *S. acre* в различных сообществах и экотопах.

При изучении ценопопуляций использовали общепринятые методики [11-13]. В растительных сообществах с *H. triphyllum* на трансектах закладывали учетные площадки 1x1 – 2x2 м², для изучения *S. acre* – 0.25x0.25 м². Учитывали следующие признаки: численность и плотность особей, возрастной состав, способ возобновления. Для каждой ценопопуляции был установлен возрастной спектр. Возрастную структуру ценопопуляции определяли на основе учета численности особей по возрастным состояниям. На основании возрастных спектров ценопопуляций рассчитаны базовые возрастные спектры двух модельных видов, произрастающих на территории европейского Северо-Востока.

При определении семенной продуктивности в ценопопуляциях был проведен расчет числа генеративных побегов на особь, числа цветков, плодов, семязачатков и выполненных семян на побег, а также рассчитаны величины потенциальной семенной продуктивности (ПСП), реальной семенной продуктивности (РСП), процент плодозавязывания [14, 15], проведен подсчет условно-реальной семенной продуктивности (УРСП) [16].

Описание растительных сообществ выполнено по методике Л.Г.Раменского [17]. Список видов уточнен по сводке [2]. С помощью фитоиндикационных экологических шкал [18, 19] определены экологические особенности и региональные амплитуды изучаемых видов на исследованной территории.

Результаты и обсуждение

На территории европейского Северо-Востока проходит крайняя северо-восточная граница распространения средиземноморско-европейского вида – *S. acre*. Это суккулентнолиственное летнезимнезеленое, многолетнее травянистое растение. По классификации жизненных форм растений К. Раункиера – хамефит. Имеет двухтипные укореняющиеся ползучие и приподнимающиеся неодревесневающие побеги, которые при разрастании образуют куртины или «клоны-латки».

Большинство ценопопуляций *S. acre*, находящихся на территории европейского Северо-Востока, имеют неполночленные возрастные спектры. Для всех спектров характерно отсутствие проростков, в некоторых отсутствуют генеративные и сенильные растения, в большинстве ценопопуляций доминирует иматурная возрастная группа, ее доля составляет от 35 до 42%. По данным исследований ценопопуляций *S. acre* в южной и средней частях подзоны средней тайги был составлен базовый возрастной спектр (рис. 1), отражающий общие закономерности развития вида на границе распространения под влиянием эколого-географических факторов. Выявлено, что доминирование иматурной (im) и виргинильной (v) возрастных групп обусловлено преобладанием вегетативного размноже-

ния, а также замедленной сменой поколений растений семенного происхождения в неблагоприятных для развития условиях.

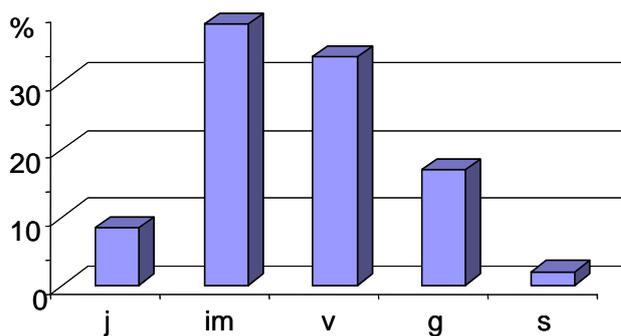


Рис. 1. Базовый возрастной спектр *S. acre* на северо-восточной границе распространения.

При сравнении ценопопуляции *S. acre* в зональном плане (табл. 1) выявлено, что количество особей и рамет *S. acre* в южной части среднетаежной подзоны в три раза, а количество побегов ветвления в четыре раза больше, чем в средней. По направлению на север наблюдается также уменьшение средней плотности ценопопуляции в 2.6 раз и изменение структуры ценопопуляции: от сплошного размещения особей – моногруппировок – до ценопопуляций, представленных отдельными небольшими куртинами.

Исследования показали, что растения *S. acre* развивали в среднем от трех (в центральной части подзоны средней тайги) до пяти генеративных побе-

Таблица 1

Характеристика ценопопуляций *Sedum acre* в подзонах южной (1) и средней тайги (2)

Показатель	1	2
Число особей, шт / ЦП	836 ± 26	279 ± 10 *
Число побегов, шт / ЦП	5933 ± 245	1520 ± 68 *
Площадь ЦП, кв.м	10 ± 1.6	10.1 ± 0.07
Плотность ЦП, шт./кв.м:		
-средняя	55.7 ± 3.9	21.5 ± 2.5 *
-экологическая	6.2 ± 8.5	44 ± 3.4
ПП, %	78	31.5

Примечания: * – различия между вариантами достоверны при $P \leq 0,05$; ЦП – ценопопуляция, ПП – проективное покрытие.

гов на растение (в южной части)(табл. 2). При этом число цветков и плодов на генеративный побег с юга на север уменьшалось в 1.4 раза. Показатель УРСП для *S. acre* варьировал от 175 (в средней части) до 280 шт./побег (в южной части); РСП – соответственно от 100 до 210 шт./побег. Для установления качества семян нами была определена их выполненность. Такие семена составляли от 57 до 75% от общего числа семян, при этом в средней части подзоны их процент был в 1.3 раза меньше, чем в южной.

Основную роль в размножении растений *S. acre* играет – вегетативное, которое осуществляется путем образования рамет, плагиотропных вегетативных побегов (длиной до 10 см). Появление

новых особей у *S.acre* происходит, главным образом, за счет повреждения материнских растений и обособления дочерних рамет. Приоритет вегетативного размножения *S.acre* на границе ареала мож-

но объяснить несколькими причинами: во-первых – повышенной жизнестойкостью отделенных побегов за счет их суккулентности и способностью в коротких промежутках времени при благоприятных условиях образовывать придаточные корни, во-вторых – большей конкурентоспособностью и выживаемостью по сравнению со всходами, и в-третьих, постепенным захватом территории – превращением отдельных куртин в моногруппировки за счет активного роста парциальных побегов и интенсивного образования партикул. Согласно нашим наблюдениям и исследованиям [20], скорость разрастания клонов связана не только с длиной многолетнего участка плагиотропной части материнских побегов, но и с отхождением от него побегов ветвления и образованием отделившихся дочерних особей.

S.acre – стресс-толерантный вид [21], приуроченный к сообществам с разреженным напочвенным покровом, в сложении которых значительное участие принимают однолетники, стержнекорневые и реже дерновинные травянистые многолетники. Типичными местами произрастания на обследуемой территории являются суходольные луга, окраины сухих сосновых боров и населенные пункты. В соответствующих экологических условиях участвует в зарастании оголенных участков, но по мере формирования сомкнутого растительного покрова постепенно исчезает. Часто поселяется в нарушенных человеком местообитаниях, вдоль дорог, на паровых полях и сбитых сухих лугах. Однако слабо устойчив к вытаптыванию [19].

Применение метода фитоиндикационных экологических шкал позволило нам дать общую экологическую характеристику местообитаний *S.acre*. Для наглядного изображения экологических ареалов изучаемого вида нами была использована графическая модель – полиграмма с диапозонами экологических шкал [18] (рис.2). Анализ местообитаний *S.acre* на территории Республики Коми показал, что наименьшие доли экологического пространства в экологическом ареале вида наблюдаются по общему терморегиму, континентальности и морозности климата, а также увлажнению и богатству почв (составляют от 22 до 30%). По влажности климата и кислотности почв размеры занимаемого видом экологического пространства приближаются к 50%, а по переменной увлажненности почв и по режиму затенения доли экологического пространства составляют 60 и 100% от экологического ареала вида.

Второй изученный нами вид – *H.tri-phyllum* является евроазиатским бореальным, имеет достаточно широкое распространение по территории европейского Северо-Востока. Это суккулентнолиственной ве-

Таблица 2

Семенная продуктивность растений в ценопопуляциях (2001 – 2003 гг.)

Подзона	Число генеративных побегов/растение	Число цветков, шт./побег	Число плодов, шт./побег	ПП, %	ПСП, шт./побег	УРСП, шт./побег	РСП, шт./побег	Число выполненных семян/плод
				<i>S. acre</i>				
Южная тайга	5 ± 0.5	6.9 ± 0.6	35 ± 5.2	75 ± 6.2	323 ± 30	280 ± 20	210 ± 22	6 ± 0.7
Средняя тайга	3 ± 0.6*	5.0 ± 0.5*	25 ± 4.1	57 ± 4.5	254 ± 24	175 ± 17*	100 ± 19*	4 ± 0.5*
				<i>H. triphyllum</i>				
Южная тайга	3 - 10	290 ± 26	1451 ± 133	67.8	14512 ± 1328	13061 ± 1197	8852 ± 811	6.2 ± 1.6
Средняя тайга	-	175 ± 20*	876 ± 102*	67.1	8760 ± 1018*	7446 ± 867*	4993 ± 581*	5.7 ± 1.7
Северная тайга	-	95 ± 8* (7.5 ± 5*)	475 ± 43* (37.5 ± 26*)	48.3 (42.5)	4750 ± 4331* (3750 ± 261*)	4227 ± 384* (2737 ± 193*)	2042 ± 185* (1162 ± 81*)	4.3 ± 0.7 (3.0 ± 0.3*)

Примечания: * – различия между вариантами достоверны при $p \leq 0.05$; ПП – процент плодоносящих побегов, УРСП – условная семенная продуктивность, РСП – реальная семенная продуктивность.

сенне-летне-осеннезеленый травянистый многолетник с прямостоячими побегами; относится к безрозеточным криптофитам, корнеклубневым геофитам.

Общая характеристика ценопопуляции *H. triphyllum* на территории европейского Северо-Востока показала, что возрастные спектры данного вида представлены как полночленными (характерно для ценопопуляций, находящихся преимущественно вблизи леса), так и факультативно неполночленными. Отсутствие одной или нескольких возрастных групп в спектрах, вероятно, было обусловлено особенностями онтогенеза вида в районе исследований, либо нерегулярностью семенного размножения.

Обобщение результатов анализа возрастных спектров *H. triphyllum* по обследованным ценозам и экотопам позволило выделить четыре типа онтогенетического спектра (рис. 3): нормальный полночленный и неполночленный зрелый – на пойменных разнотравно-злаковых лугах в ассоциации с пойменными кустарниками, где абсолютный максимум приходится на средневозрастные генеративные особи (1); инвазионно-регрессивный – под пологом леса и в зарослях крупного ивняка, где максимум приходится либо на взрослые генеративные и сенильные (2), либо на ювенильные и имматурные группы (3) и инвазионный – на обрывистых берегах и в оврагах, где преобладают виргинильные особи (4). В луговых ценозах с наиболее типичным для *H. triphyllum* местообитанием, как правило, это окраина луга вблизи зарослей кустарников (ива или шиповник), средних и максимальных значений в возрастных спектрах ценопопуляций достигали средневозрастные генеративные особи. Анализ возрастных спектров *H. triphyllum* в зональном градиенте, где было проведено сравнение состояния модельных популяций из трех разных точек ареала в пределах Республики Коми, показал, что в двух популяциях (южная и средняя точки) происходило активное семенное возобновление: ювенильные особи в них составляли до 14%, доля генеративных – до 37%.

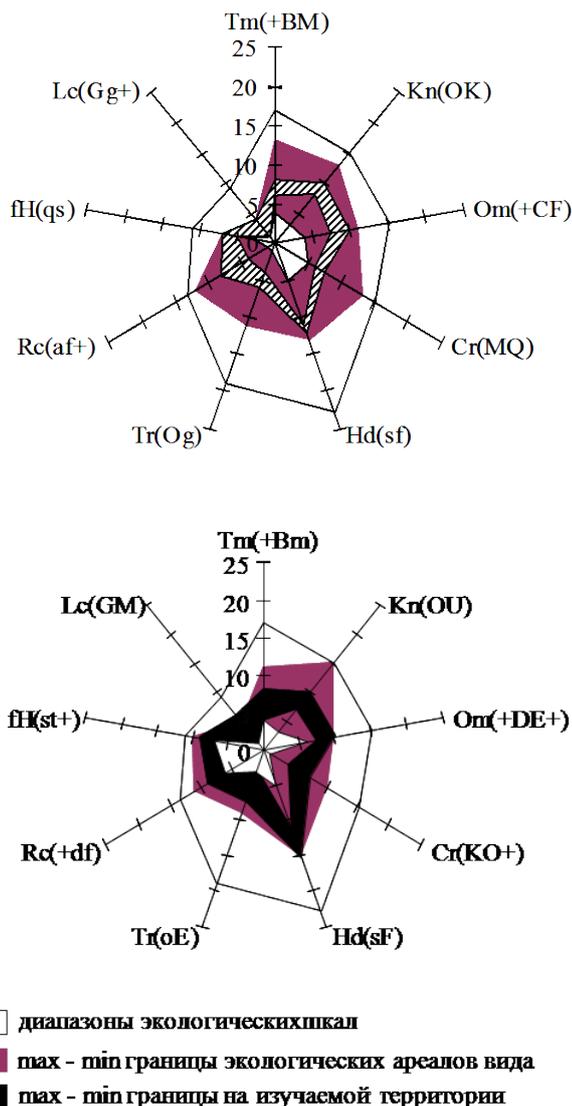


Рис. 2. Экологические факторы в ценопопуляциях *S. acre* (А) и *H. triphyllum* (Б) (согласно экологическим шкалам Д.Н. Цыганова, 1983). *Примечания:* Тм – терморезжим; Кп – континентальность; Ом – омброрезжим; Ср – криорезжим; Hd – гидрорезжим; Тг – трофность почв; Rc – кислотность почв; fH – переменность увлажнения; Lc – освещенность в ценозе.

Третий спектр (северная точка) отличался от предыдущих доминированием виргинильных и генеративных партикул и малой долей молодых растений.

По мере продвижения на север общее число растений и побегов в ценопопуляциях *H. triphyllum* значительно уменьшалось (табл.3), при этом количество побегов на растении достоверно не изменялось на всем протяжении от южной до северной точки распространения; происходило сокращение площади ценопопуляций в 1.5 – 3 раза, что, вероятно, послужило причиной снижения общей численности данного вида. Достоверное изменение числа побегов (шт./м²) было отмечено при сравнении южной части средней и северной подзоны тайги, а также подзоны северной и крайнесеверной тайги. Изменения числа растений (шт./м²) варьировали в пределах ошибки.

Растения *H. triphyllum* имели в среднем от трех до десяти генеративных побегов (табл.2). Величина этого показателя

не зависела от зональной локализации местообитания. Число цветков и плодов на генеративном побеге в природных ценопопуляциях с юга на север снизилось в три-четыре раза, происходило также уменьшение диаметра и разветвленности соцветия. Величина УРСП для данного вида составляла от 2.7 тыс. семян на побег (в подзоне северной тайги) до 13.1 тыс. шт./ побег (в южной части средне-таежной подзоны). Величина РСП изменялась от 1.2 тыс. (подзона северной тайги) до 8.8 тыс. шт./ побег (южная граница средней подзоны). Доля выполненных семян варьировала от 42.5 до 67.8% от общего числа семян. При этом на крайней северной точке процент распространения их был в 1.6 раза меньше, чем в южной. Следовательно, по направлению на север (по подзонам) снижается потенциальная продуктивность на элемент в год, увели-

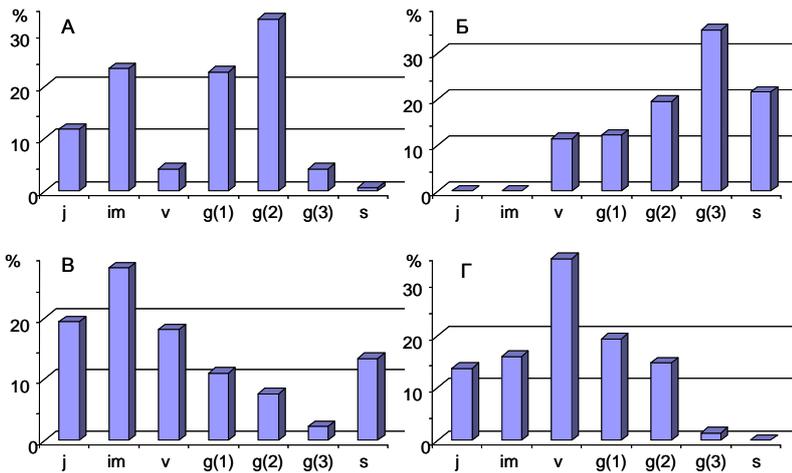


Рис. 3. Онтогенетические спектры, характерные для ценопопуляций *H. triphyllum* в разных растительных сообществах: А – нормальный полночленный и неполночленный зрелый (I тип); Б – инвазионно-регрессивный с доминированием среднегенеративных и сенильных групп (II тип); В – инвазионно-регрессивный с преобладанием ювенильных и имматурных групп (III тип); Г – инвазионный (IV тип).

бей вегетативного происхождения, а при слабой сомкнутости травостоя ценопопуляции представлены в основном особями семенного происхождения.

Исследования ценопопуляций *H. triphyllum* в пределах таежной зоны европейского Северо-Востока и изучение гербарного материала показали, что вид имеет широкую экологическую амплитуду и достаточно широко распространен по данной территории. При этом ценопопуляция его несколько уже: основное число ценопопуляций *H. triphyllum* обнаружено по поймам рек, преимущественно в зарослях пойменных кустарников (*Salix* sp. и *Rosa acicularis* Lindl. или *R. majalis* Herrm), где вид находит более благоприятные условия – хорошо прогреваемые места с умеренным затенением и увлажнением. Анализ местообитаний *H. triphyllum* на территории европейского Северо-Востока показал, что наименьшие доли экологического пространства в экологическом ареале вида наблюдаются только по континентальности климата (составляют 31%) (рис.2); одновременно охват свыше 50% экологического ареала по таким факторам, как общий терморезим, влажность и морозность климата, а также по увлажнению почв свидетельствует о несколько меньшей стенопотности и большей патиентности вида к этим факторам. Однако значительную патиентность вид проявляет по отношению к богатству, кислотности и переменности увлажнения почв,

Таблица 3

Численность и плотность ценопопуляций *Hylotelephium triphyllum*

Параметр	Подзона южной тайги	Подзона средней тайги		Подзона северной тайги		Подзона крайне-северной тайги
		1	2	1	2	
Число побегов, шт./ЦП	846 ± 28	530 ± 22*	120 ± 9	264 ± 10*	550 ± 21	84 ± 6*
Число растений, шт./ЦП	141 ± 22	90 ± 18	63 ± 3	88 ± 7*	98 ± 6	28 ± 2*
Число побегов, шт./ растение	6.0 ± 2.1	5.9 ± 1.7	2.1 ± 0.7	3.0 ± 0.7	5.8 ± 1.1	3.0 ± 0.5
Число побегов, шт./ кв.м	28.2 ± 4.1	21.2 ± 2.1	12 ± 1.2	13.2 ± 1.6*	20.3 ± 3.1	8.4 ± 1.2*
Число растений, шт./ кв.м	6.0 ± 2.1	3.7 ± 1.0	6.7 ± 1.1	5.0 ± 0.9	4.0 ± 1.2	3.0 ± 0.7
Площадь ЦП, кв.м	30 ± 4.4	25 ± 4.1	10 ± 2.1	20 ± 1.2*	27 ± 1.6	10 ± 1.5*
ОПП, %	40 - 90	45 - 90	10 - 15	50 - 100	20 - 30	45 - 65

Примечания: * – различия между вариантами достоверно при $P \leq 0,05$; 1 – на пойменном лугу; 2 – под пологом леса; ОПП – общее проективное покрытие.

чивается число невыполненных семян и уменьшается процент плодозавязывания.

H. triphyllum относится к вегетативно малоподвижным видам, размножающимся, как правило, семенами. С продвижением на север наблюдается увеличение роли вегетативного размножения, происходящего за счет травматической партикуляции у среднегенеративных и стареющих особей. Согласно Т.Ю.Рогожиной [22], в культуре данный вид, как правило, размножают черенками либо искусственной партикуляцией. Отмечено также, что в ценозах с большим проективным покрытием и обострением конкурентных отношений увеличивается доля осо-

а также к режиму затенения, где доли экологического пространства ценопопуляций на территории европейского Северо-Востока приближены либо превышают 100% от экологического ареала вида.

Заключение

Изучение состояния ценопопуляций очитков – *S. acre* и *H. triphyllum*, представителей семейства Crassulaceae на европейском Севере, обнаружило некоторые характерные для данных видов особенности, способствующие их существованию в условиях холодного климата.

Исследование эколого-ценотических характеристик *S. acre* на европейском Северо-Востоке выявило, что распространение данного вида в пределах изучаемой территории весьма ограничено. В средней подзоне тайги проходит северо-восточная граница его ареала, а основная часть ценопопуляций *S. acre* встречается в подзоне южной тайги и на границе южной и средней. Основу популяций *S. acre* в данных точках составляют парциальные побеги вегетативного происхождения. Все возрастные спектры изученных ценопопуляций *S. acre* являлись неполночленными, при этом в большинстве из них доминировала имматурная возрастная группа. Выявлено, что для *S. acre* характерно сплошное или групповое размещение растений по площади ценопопуляций, что является следствием активного вегетативного размножения. При сравнении ценопопуляций *S. acre* в зональном плане показано, что по направлению с юга на север уменьшается плотность ценопопуляций и происходит изменение их структуры. На территории европейского Северо-Востока наблюдается снижение числа генеративных побегов, цветков и выполненных семян. Как следствие, на границе ареала в два раза сокращается реальная семенная продуктивность *S. acre*. В результате анализа эколого-ценотических условий местообитаний *S. acre* выявлено, что, несмотря на относительно широкие границы экологических факторов для вида в целом, в пределах изучаемой нами территории ценопопуляции *S. acre* по большей части экологических факторов встречаются лишь в узком диапазоне условий. Это определяет высокую степень мозаичности в распределении *S. acre* в экосистемах на границе ареала вида.

H. triphyllum достаточно широко распространен в пределах европейского Северо-Востока, характеризуется широкой экологической амплитудой и приурочен преимущественно к местам среднего уровня увлажнения и освещенности. *H. triphyllum* относится к экологической группе мезофитов, по оптимуму богатства почвы является мезотрофом. К условному экологическому оптимуму *H. triphyllum* наиболее близки пойменные луга средней подзоны тайги. Выявлено, что в возрастных спектрах ценопопуляций *H. triphyllum* доминируют молодые и генеративные растения. В северном направлении в ценопопуляциях отмечено значительное уменьшение общего числа растений и побегов. В зависимости от типа местообитания и растительного сообщества выделено четыре вида онтогенетического спектра *H. triphyllum*. Отмечено, что для большей части ценопопуляций *H. triphyllum* характерно преимущество семенного возобновления. С продвижением на север увеличивается доля вегетативного размножения за счет травматической партикуляции у средневозрастных и стареющих особей.

Литература

1. Борисова А.Г. Семейство Толстянковые – Crassulaceae DC. // Флора СССР. М.– Л.: Изд-во АН СССР, 1939. Т.9. С.8-134.
2. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992с.
3. Фролов Ю.М., Полетаева И.И. Возрастной состав ценопопуляций родиолы розовой на Приполярном Урале. Сыктывкар, 1995. С.13-26. (Труды Коми НЦ УрО РАН; №141).
4. Фролов Ю.М., Полетаева И.И. Специфика возрастного состава ценопопуляций родиолы розовой на Приполярном Урале в постсеменной год. Сыктывкар, 1996. С.128-139. (Труды Коми НЦ УрО РАН; №149).
5. Фролов Ю.М., Полетаева И.И. Родиола розовая на европейском Северо-Востоке. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 192 с.
6. Фролов Ю.М. Особенности возрастной структуры ценопопуляций *Rhodiola rosea* L. на юге Приполярного Урала в 1995 г. Сыктывкар, 2001. С. 50-61. (Труды Коми НЦ УрО РАН; №165).
7. Лавриненко О.В., Сивков М.Д., Назаров С.К. CO₂ - газообмен *Rhodiola rosea* L. в естественных условиях обитания и при интродукции в таежную зону Республики Коми // Дыхание растений: физиологические и экологические аспекты: Тезисы Международного совещания. Сыктывкар, 1995. С. 86-87.
8. Лавриненко И.А., Ткаченко К.Г., Елсаков В.В. Популяционная и межвидовая изменчивость двух видов рода *Rhodiola* (Crassulaceae) в условиях Арктики // Ботанический журнал, 1998. Т.83. №9. С.63-70.
9. Далькэ И.В., Головки Т.К., Бачаров Д.С. Роль покоя почек в адаптации *Rhodiola rosea* L. в холодном климате // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ярославль: Яросл. гос. ун-т, 2003. С.80-81.
10. Морфологические и биохимические характеристики *Rhodiola rosea* L. из разных ценопопуляций на европейском Севере / И.В.Далькэ, Т.К.Головки, И.Г.Захожий, Г.Н.Табаленкова // Методы популяционной биологии: Сборник материалов докладов VII Всероссийского популяционного семинара. 16-21 февраля 2004 г. (часть 1). Сыктывкар, 2004. С.47-49.
11. Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура) / Под ред. О.В.Смирновой, Л.Б. Заугольной, И.М.Ермаковой и др. М.: Наука, 1976. 216 с.
12. Ценопопуляции растений (Очерки популяционной биологии) / Под ред. Л.Б. Заугольной, Л.А. Жуковой, А.С. Комарова и др. М.: Наука, 1988. 184 с.
13. Мониторинг фитоценозов / Л.Б.Заугольнова, О.В.Смирнова, А.С.Комаров, П.Г.Ханина // Успехи совр. биологии, 1993. Т.113. Вып.4. С.402-414.
14. Вайнагий И.В. Методика статистической обработки материала по семенной продуктивности растений на примере *Potentilla aurea* L. // Растит. ресурсы, 1973. Т.9. Вып.2. С.287-296.
15. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. Обзор проблемы. М.: Наука, 1981. 96 с.
16. Ходачек Е.А. Семенная продуктивность растений Западного Таймыра // Структура и функции биогеоценозов таймырской тундры. Л., 1978. С.167-198.
17. Раменский Л.Г. Проблемы и методика изучения растительного покрова. Избр. работы. Л.: Наука, 1971. 334 с.
18. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983. 197 с.
19. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г.Раменский, И.А.Цаценкин, О.Н.Чижиков, Н.А.Антипин // М., 1956. 470 с.

20. Горбачевская О.А., Жмылев П.Ю., Шинковская К.А. Очиток едкий: номенклатура, систематическое положение и изменчивость // Биологическая флора Московской области. М., 2000. Вып.14. С.101-111.
21. Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R. Comparative plant ecology. London, 1988. 742 p.
22. Рогожина Т.Ю. Комплексная оценка устойчивости декоративных травянистых многолетников // Ботанические сады – центры изучения и сохранения биоразнообразия. Якутск: Изд-во ЯГУ, 2003. С.93-97.

ЭТНО-СОЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОЖИРЕНИЕМ И САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ НАСЕЛЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Л.Г. БАБЕНКО¹, Е.Р. БОЙКО²

¹Коми филиал ГОУ ВПО Кировская государственная медицинская академия, г.Сыктывкар

²Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
erbojko@physiol.komisc.ru

Проведено сравнительное исследование заболеваемости ожирением и сахарным диабетом у разных этно-социальных популяций городского и сельского населения европейского Крайнего Севера и территорий, приравненных к Крайнему Северу. Показано, что в период 1996-2006 гг. заболеваемость ожирением и сахарным диабетом на европейском Севере значительно увеличилась, и по сахарному диабету превысила среднероссийские показатели. Проанализирована зависимость между заболеваемостью ожирением, сахарным диабетом, миграционными процессами, обеспеченностью врачами клинических специальностей, доходами населения и уровнем безработицы.

Ключевые слова: Север, население, заболеваемость, ожирение, сахарный диабет

L.G. BABENKO, E.R. BOJKO. ETHNO-SOCIAL FEATURES OF OBESITY AND DIABETES MELLITUS MORBIDITY AMONG RESIDENTS OF RUSSIAN EUROPEAN NORTH

The comparative study of obesity and diabetes mellitus morbidity in different ethno-social groups of city dwellers and villagers of Circumpolar area and territories equated to Circumpolar area was conducted. It was shown that during period from 1996 till 2006 the incidence rates of obesity and diabetes mellitus increased significantly and morbidity rate of diabetes exceeded average values for Russia. The correlations between obesity, diabetes mellitus and its types, migration processes, medical help provision (as number of doctors of different clinical specialties), average income in populations and unemployment rate were analyzed.

Key words: North, population, morbidity, obesity, diabetes mellitus

Введение

Для обеспечения экономического развития государства большое значение имеет активное освоение северных территорий России. Вместе с тем, интегральная оценка дискомфорта жизнедеятельности населения складывается из оценки природно-климатических и генерируемых ими социально-экономических и медико-биологических факторов [1]. Ведущее место при изучении медико-социальной ситуации в конкретном регионе отводится социологическому мониторингу [2]. Следует отметить, что в настоящее время особое значение приобрела разработка методологий имитационного моделирования заболеваемости и болезненности населения, при этом главное внимание должно уделяться оценке системой эффективности прогнозирования развития не только инфекционной [3], но и соматической патологии.

Известно, что здоровье человека формируется под влиянием комплекса социально-экономических факторов, включающих особенности образа жизни, питания, физическую активность, влияние урбанизации, техногенные воздействия и другие факторы [4, 5, 6]. За последние десятилетия в раз-

витых странах отмечается нарастание ряда социально-значимых болезней, таких как ожирение, сахарный диабет (СД), причем существующие прогнозы свидетельствуют о дальнейшем росте этих патологий [7, 8, 9].

В настоящее время на фоне происходящих в стране преобразований существенно меняется образ жизни населения северных территорий Российской Федерации. Считается, что на организм человека в условиях Крайнего Севера оказывают воздействия разнообразные экстремальные факторы: климато-географические, геофизические, этно-социальные [10, 11]. В литературе достаточно давно сложилось представление о том, что население Севера следует рассматривать с учетом стажа проживания и этнических особенностей популяции [4, 10]. В связи с этим среди северян выделяют группу мигрантов и уроженцев Севера. Среди последних отдельно отмечают «местное русское население», малочисленные народности Севера. Также в отдельную группу коренного населения Севера относят «большие северные народы», к которым на европейском Севере принадлежат коми [4].

Предполагается, что сила воздействия природных раздражителей возрастает по мере продви-

жения к Северу, и их эффект может усиливаться влиянием техногенных и социальных факторов [1, 12, 13]. Поскольку в условиях Крайнего Севера дискомфортные факторы действуют непрерывно, истощая адаптивные резервы организма, то возрастает риск развития нарушения обмена веществ [4], что приводит к формированию патологии. У северян постулируется формирование специфического «полярного метаболического типа» [14], который характеризуется комплексной перестройкой гормонально-метаболического профиля, активным использованием липидных энергоносителей, снижением доли углеводов как энергетических субстратов и изменением потребности в витаминах. Показано, что у мигрантов – как неадаптированного к Северу населения, и уроженцев Севера выявляются существенные различия в обменных процессах, что может реализоваться в особенностях заболеваемости этих контингентов населения [10, 15].

Установлено, что для северян присуща склонность к развитию гипогликемии вследствие трансформации метаболизма и изменения характера инсулярной рецепции [16, 17]. Показано, что среди аборигенов Канады и США в связи с переходом на «урбанизированную диету» резко увеличивается распространенность инсулиннезависимого СД - СДII типа [18]. У аборигенов американского Севера уменьшение уровня физической активности и употребление нетрадиционных продуктов с большим содержанием углеводов способствуют повышению массы тела [19, 20]. В то же время в литературе не представлены современные сведения о состоянии заболеваемости ожирением и СД у разных социальных групп населения Севера РФ, проживающих в Приполярье (территории, приравненные к территориям Крайнего Севера) и Заполярье (Крайний Север), в том числе различающихся и степенью урбанизации. Республика Коми (РК) – крупнейший субъект европейской части России сочетает территории Приполярья и Заполярья с разной степенью экономического развития, где проживают различные этнические и социальные группы населения [4].

Цель исследования – изучить уровень общей заболеваемости ожирением, заболеваемости СД и его форм у населения, проживающего в регионах Крайнего Севера, и территориях, приравненных к территориям Крайнего Севера.

Методика и материалы исследования

В работе анализировались зарегистрированные случаи общей заболеваемости ожирением, СД, инсулинзависимым СД (СДI типа) и инсулиннезависимым (СДII типа) в период 1996-2006гг. Для анализа использовались формы государственной годовой статистической отчетности: форма №12

«Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения», форма №30 «Сведения о лечебно-профилактическом учреждении», форма №17 «Сведения о медицинских и фармацевтических кадрах» [21, 22, 23], медико-статистические данные Министерства здравоохранения РФ [24-27], статистические данные Госкомстата РК [28, 29].

Для сопоставления были избраны территории РК, имеющие выраженные этно-социальные различия (табл. 1). Городское населения Крайнего Севера представлено г.Воркута и г.Усинск. В г.Воркута градообразующей отраслью является угольная, большинство населения – местные уроженцы. Другой город – Усинск – центр нефтяной индустрии, молодой город, основан в середине 1980-х гг., и население в нем – мигранты. Сельские территории

Таблица 1

Сравнительная характеристика территорий наблюдения в Республике Коми

Муниципальное образование	Населенные пункты	Население
Крайний Север		
Город	Воркута 67'50" с.ш.	местные русские
	Усинск 66' с.ш.	мигранты
Село	Ижемский район 65-66'с.ш.	коми
	Усть-Цилемский район 65- 67'с.ш.'	местные русские
Территории, приравненные к территориям Крайнего Севера		
Город	Сыктывкар 61'50"с.ш.	местные русские, мигранты, коми
Село	Корткеросский район 61'50"с.ш.	коми

Крайнего Севера: Ижемский р-н, где проживают «северные» коми, занятые традиционными видами сельского хозяйства, в т.ч. в оленеводстве. В Усть-Цилемском р-не также проживает сельскохозяйственное население, но это старожильческое местное русское население, представляющее давний этно-социальный изолят. В качестве сравнения избраны территории, приравненные к Крайнему Северу: г.Сыктывкар, где имеется смешанное население, и сельский Корткеросский р-н, где проживают «южные» коми. Следует отметить, что особенностью всех северных территорий является их удаленность и обособленность, что позволяет рассмотреть и сравнивать эти в целом изолированные территории.

Полученные данные обрабатывались методами вариационной статистики [10] с применением прикладного пакета программ Microsoft Excel и «Биостат» (версия 4.03). Для оценки достоверности результатов исследования применялись методы расчета ошибки репрезентативности, доверительных границ генеральной совокупности, достоверности разницы результатов исследования (критерий Стьюдента, критерии Манна-Уитни). Корреляционная связь между изучаемыми показателями определялась путем расчета

коэффициента ранговой корреляции Спирмена и критерия Крускала-Уолисса и критерия множественного сравнения с поправкой Данна.

Результаты исследования

Численность населения в РК с 1996 г. по 2006 г. уменьшилась на 16,9% (табл. 2), что было обусловлено социально-экономическими причинами. Самый высокий темп убытия зарегистрирован в заполярных городах: Воркуте – 33,8% и Усинске – 18,6. Численность населения сельских районов уменьшилась на 11,3-14%, а в г.Сыктывкаре – не изменилась. Среди причин сокращения численности населения наряду со снижением рождаемости и рос-

том естественной убыли важную роль имеет миграция, особенно в связи активным выездом северян из городов Крайнего Севера на постоянное жительство в южные регионы.

На состояние здоровья населения влияют социально-экономические факторы, в том числе занятость населения. Уровень зарегистрированной безработицы (в % к экономически активному населению) в РК за рассматриваемый период сократился в два раза. В 1996 г. был максимален в сельских районах (табл. 2) и превосходил показатели в городских территориях в три-четыре раза. В 2006 г. уровень безработицы в большинстве сельских районов сократился в два-три раза, что отражало улучшение экономической ситуации в стране и ре-

Таблица 2

Численность населения, обеспеченность врачами основных клинических профессий в поликлиниках, уровень зарегистрированной безработицы к экономически активному населению регионов Республики Коми в 1996-2006 гг.

Территории	Показатели	1996 г.	2000 г.	2003 г.	2006 г.	Прирост показателя, % к 1996 г.
Республика Коми	Численность населения	1185328	1136613	1106522	985029	-16,9
	Обеспеченности врачами, ‰	19,6	16,4	18,5	20,4	4,1
	Средняя месячная заработная плата, руб.	1360	3559	7889	14082	935,4
	Уровень зарегистрированной безработицы, %	5,1	2,9	2,9	2,5	-51,0
г. Воркута	Численность населения	187141	172017	163648	123848	-33,8
	Обеспеченности врачами, ‰	22,8	18,9	21,8	24,7	8,3
	Средняя месячная заработная плата, руб.	1987	4625	8859	16052	707,9
	Уровень зарегистрированной безработицы, %	2,7	1,5	3,1	3,2	18,5
г. Усинск	Численность населения	64233	60025	60125	52265	-18,6
	Обеспеченности врачами, ‰	16,7	12,9	12,6	14,7	-12,0
	Средняя месячная заработная плата, руб.	1647	7312	14793	25214	1430,9
	Уровень зарегистрированной безработицы, %	16,7	12,9	12,6	14,7	-12
Ижемский р-н	Численность населения	23982	23338	23115	20619	-14
	Обеспеченности врачами, ‰	9,1	5,6	7,5	9	-1,1
	Средняя месячная заработная плата, руб.	789	1396	3476	8289	950,6
	Уровень зарегистрированной безработицы, %	12,5	8,9	6,7	6,2	-50,4
Усть-Цилемский р-н	Численность населения	17320	16836	16540	14793	-14,6
	Обеспеченности врачами, ‰	7,5	6,8	7,3	10	33,3
	Средняя месячная заработная плата, руб.	825	1616	4109	8496	929,8
	Уровень зарегистрированной безработицы, %	4,9	5,3	2,5	5,6	14,3
г. Сыктывкар	Численность населения	245817	246264	240595	244804	-0,4
	Обеспеченности врачами, ‰	29,5	25,9	30,6	29,9	1,4
	Средняя месячная заработная плата, руб.	1203	3076	6943	12486	937,9
	Уровень зарегистрированной безработицы, %	2,8	1,6	1,2	0,8	-71,4
Корткеросский р-н	Численность населения	26009	25481	25365	23069	-11,3
	Обеспеченности врачами, ‰	13,2	11,9	12,1	15	13,6
	Средняя месячная заработная плата, руб.	772	1631	3916	7411	860,0
	Уровень зарегистрированной безработицы, %	14,0	5,1	5,3	1,8	-87,1

гионе. Значительно снизился уровень безработицы и в г.Сыктывкаре. Несмотря на существенные различия в уровне безработицы в Воркуте и Усинске, за рассматриваемый период наблюдения этот показатель оставался в целом стабильным. Вместе с этим в Корткеросском р-не на фоне уменьшения интенсивности миграционных процессов увеличился удельный вес безработных ($t=-0,74$; $p=0,018$), что привело к более глубокой дифференциации общества по экономическому статусу.

Важную роль в поддержании здоровья населения имеет состояние кадрового ресурса здравоохранения. В среднем по РК обеспеченность врачами основных клинических профессий в поликлиниках в 1996 г. составила 19,6‰, и к 2006 г. изменилась незначительно – 20,4‰ (табл.2). Обеспеченность врачами была выше в городах, причем в Сыктывкаре и Воркуте этот показатель не изменился. В целом г.Сыктывкар – экономически привлекательный регион, а в г.Воркуте сохранение показателя обеспеченности медицинскими кадрами обусловлено снижением численности населения. Сельские территории имели более низкие показатели обеспеченности врачами, особенно территории Крайнего Севера, где анализируемый показатель был в два раза ниже, чем в городах. Можно отметить, в 2006 г. показатель обеспеченности врачами в сельских территориях Крайнего Севера был примерно одинаков, однако темп прироста его в Усть-Цилемском р-не составил 33,3%, а Ижемском – 1,1.

Рассматривая показатели среднемесячной заработной платы (табл.2), можно отметить, что за 10 лет он вырос на 707-1430% на сопоставляемых территориях. Это отражало общую тенденцию улучшения социально-экономической ситуации как в РК, так и в РФ за рассматриваемый период. Вместе с тем, исходные показатели заработной платы в городах были на 40-60% выше, чем в сельских регионах. Наибольшая заработная плата за эти годы была зарегистрирована в нефтяном г.Усинске, а наименьшая в селах, особенно в Корткеросском р-не, имеющем худшие показатели занятости населения.

В 1996 г. в РФ распространенность заболевания ожирением среди населения (табл. 3) составила 2,8‰ и возросла к 2006 г. на 94,1%, в Республике Коми – 2,4‰ и была ниже, чем в РФ, но темпы прироста этого показателя за период наблюдения соответствовали российским (темп роста 98,5%). В 2006г. анализируемый показатель в РК достиг 4,8‰, однако сохранялся все же ниже уровня по РФ. Вместе с тем, к 2006 г., в результате разного темпа роста распространенности заболевания в разных территориях, произошло существенное изменение топика этой патологии в РК. Темп роста изучаемой патологии был наибольшим в Усинске (690,0%). Население данного города составляют мигранты, занятые в нефтегазовой индустрии, которая в рассматриваемый период выявляла высокую экономическую привлекательность.

В 2006 г. наибольшие показатели заболеваемости ожирением в г.Усинске превышали показатель в другом заполярном городе Воркуте – на 192,6%, где он составил 2,7‰. Столь низкие данные по заболеваемости ожирением были связаны с

выездом лиц с патологией в южные регионы. Среди жителей сельских территорий наименьший уровень заболеваемости и минимальные темпы прироста были отмечены в Ижемском р-не. В территориально рядом расположенном Усть-Цилемском р-не показатели заболеваемости ожирением были в несколько раз выше. Однако следует отметить различия этнического состава проживающего в этих районах коренного населения Севера, и различия в их образе жизни. В Ижемском р-не проживают коми, в подавляющем большинстве ведущие традиционный образ жизни – занятие оленеводством, охотой и рыбалкой. Население Усть-Цильмы – местные русские, занятые в сельском хозяйстве, особенно в молочном животноводстве. Общая заболеваемость СД в РК в 1996 г. была также несколько ниже, чем в РФ, но отмечались высокие показатели прироста заболеваемости, составившие за 10 лет 60%. В итоге в 2006 г. общая заболеваемость СД в РК превысила среднероссийские показатели (табл.3). Можно отметить, что основной вклад в нарастание заболеваемости СД в РК обеспечило повышение за рассматриваемый период (на 73,6%) заболеваемости СД II типа. В целом заболеваемость СД в городах РК была выше, чем в сельских территориях. В 1996 г. в городах Крайнего Севера заболеваемость СД была ниже общероссийской, а в г.Сыктывкаре соответствовала среднероссийским показателям. Наибольшие темпы прироста общей заболеваемости СД за рассматриваемый период были отмечены в г.Усинске, а наименьшие – в г.Воркуте. Тем не менее, во всех городах европейского Севера показатели общей заболеваемости СД в 2006 г. превысили общероссийский уровень.

В сельских регионах РК заболеваемость СД в 1996 г. была значительно ниже, чем в городах. Особенно низкие показатели отмечались в Ижемском р-не (табл.3.). Вместе с тем, за рассматриваемый период темп прироста показателя заболеваемости СД был минимальным в Усть-Цилемском р-не (10,9%) и максимальным – в Ижемском (180%). В результате в 2006 г. показатели заболеваемости в сельских территориях Крайнего Севера практически сравнялись, но были ниже, чем в «южном» Корткеросском р-не ($t>2$; $p<0,05$). В литературе имеются многочисленные указания на особенности липидного обмена, в том числе базирующиеся на определенных генетических вариациях у разных групп уроженцев Крайнего Севера, что позволяет объяснить различия медико-статистических данных, например, выявленная специфика распределения аллелей гена апопротеина E, регулирующего транспорт жирных кислот в клетки [6]. В этой связи интерес представляет сопоставление показателей заболеваемости СД среди популяций «южных» и «северных» коми, проживающих в Корткеросском и Ижемском районах. Анализируемые показатели в Корткеросском р-не были близки к показателям по РФ, в том числе по динамике анализируемого показателя в 1996-2006 гг. Среди северных коми показатель заболеваемости СД выявил минимальные изменения за рассматриваемый период.

За 1996-2006 гг. зафиксировано снижение заболеваемости СД I типа в РФ (табл.2). Однако в регионах РК этот показатель менялся незначительно

Таблица 3

**Показатели заболеваемости ожирением и сахарным диабетом
у населения, проживающего в регионах Крайнего Севера
и приравненных к ним территориях в Республике Коми в 1996 – 2006гг. (%)**

Территории	Виды заболеваемости	1996 г.	2000 г.	2003 г.	2006 г.	Прирост показателя, % к 1996 г.
Российская Федерация	Ожирение	2,8	3,4	3,2	5,4	94,1
	Сахарный диабет	12,9	14,1	10,9	13,2	1,7
	СД I типа	1,8	1,9	1,3	1,4	-25,4
	СД II типа	11,2	12,2	9,6	11,7	5,1
Республика Коми	Ожирение	2,4	2,0	3,2	4,8	98,5
	Сахарный диабет	10,5	12,0	12,7	16,8	60,0
	СД I типа	1,7	2,1	1,4	1,6	-5,9
	СД II типа	8,7	10,0	11,3	15,1	73,6
Крайний Север						
г. Воркута	Ожирение	1,2	0,9	2,2	2,7	125,0
	Сахарный диабет	10,70	11,9	10,9	16,0	49,5
	СД I типа	1,70	2,0	1,2	1,80	5,9
	СД II типа	9,0	9,9	9,7	14,2	57,8
г. Усинск	Ожирение	1,0	1,1	2,4	7,9	690,0
	Сахарный диабет	6,0	7,9	8,8	19,2	220,0
	СД I типа	1,50	1,70	1,4	2,40	60,0
	СД II типа	4,6	6,3	7,4	16,8	265,2
Ижемский р-н	Ожирение	0,8	0,3	0,6	1,1	37,5
	Сахарный диабет	2,6	3,6	4,9	7,30	180,8
	СД I типа	1,3	1,7	2,0	1,70	30,8
	СД II типа	1,4	1,9	2,9	5,6	300,0
Усть-Цилемский р-н	Ожирение	1,4	3,1	5,8	6,0	328,6
	Сахарный диабет	8,2	7,0	7,2	9,10	10,98
	СД I типа	1,0	0,80	0,90	0,80	-20,0
	СД II типа	7,2	6,2	6,3	8,2	13,9
Территории, приравненные к территориям Крайнего Севера						
г. Сыктывкар	Ожирение	4,1	4,2	5,2	7,3	78,0
	Сахарный диабет	13,3	16,4	17,9	20,3	52,6
	СД I типа	2,3	2,4	1,9	1,7	-26,1
	СД II типа	10,9	14,0	16,0	18,6	70,6
Корткеросский р-н	Ожирение	1,3	1,7	3,0	4,6	253,8
	Сахарный диабет	7,9	8,80	10,3	14,3	81,0
	СД I типа	1,9	1,70	1,5	1,60	-15,8
	СД II типа	6,0	7,1	8,8	12,7	111,7

(кроме г.Усинска, где отмечен даже прирост заболеваемости на 60%), и к 2006 г. превышал среднероссийские показатели. Необходимо сказать, что в Усть-Цилемском р-не на протяжении всего периода наблюдения уровень этой патологии был на 20-70% ниже, чем в других наблюдаемых территориях РК, а также в целом по РФ. Среди причин выявляемого своеобразия можно указать как наиболее вероятную причину – злоупотребление алкоголем, присущее жителям Севера, реализующееся в заболеваемости панкреатитом и приводящее к формированию этой формы СД. Динамика распространенности СД I типа среди городских жителей Крайнего Севера и территории, приравненной к нему, характеризуется различными темпами роста. В г.Усинске зарегистрирован максимальный темп роста – 60%, а показатель заболеваемости достиг 2,4%, превысив средний показатель по РК на 50,0%, а по РФ на 76,1. В г.Воркуте темп роста показателя заболеваемости составил 5,9%, а в г.Сыктывкаре был отрицательным -26,1%. Соотношение уровня патологии в г.Воркуте относительно показателей РК и РФ 32,1 и 12,5% соответственно, а среди населения г.Сык-

тывкара – 6,3 и 24,8%. Среди сельских жителей в Усть-Цилемском и Корткеросском р-нах отмечено уменьшение исследуемого показателя соответственно на 20,0 и 15,8%, а в Ижемском р-не его увеличение на 30,8%.

Результаты исследования указывают на превалирование СД I типа среди мигрантов, проживающих на Крайнем Севере, по сравнению с другими популяциями. Следует отметить, что среди жителей городов патология встречалась чаще, чем среди населения сельских рай-онов, причем всякая заболеваемость СД I типа характерна для старожильческого местного русского сельского населения Усть-Цилемского р-на.

В период 1996-2006 гг. отмечен существенный рост СД II типа в РК – на 73,6%, в результате чего этот показатель превысил среднероссийский уровень (табл.3). Возрос-

ла заболеваемость СД II типа во всех рассматриваемых территориях. Наибольший темп прироста зарегистрирован в Ижемском р-не (300%) и г.Усинске (265,2%), наименьший – в Усть-Цилемском р-не (13,9%). Таким образом, наименьшая заболеваемость СД II установлена среди сельского населения РК, особенно жителей Крайнего Севера. Среди городского населения РК ситуация в целом соответствует российским тенденциям.

Результаты и обсуждение

Проведенный многофакторный анализ связей между демографическими показателями, обеспеченности врачами клинических специальностей и медико-статистическими данными по видам исследуемых патологий позволил выявить ряд характерных особенностей, присущих для состояния общественного здоровья населения, проживающего в условиях европейского Севера. Известно, что демографические процессы и состояние общественного здоровья взаимосвязаны: заболеваемость приводит к инвалидизации и смертности лю-

дей, снижению воспроизводства здорового поколения, впоследствии возможно формирование регрессивного типа развития общества и в конечном итоге к депопуляции. В период 1996-2006 гг. в целом по РК зафиксировано стабильное сокращение численности населения на 16,9%, обусловленное преобладанием смертности над рождаемостью и увеличившейся интенсивностью миграции населения, особенно из территорий Крайнего Севера (г.Воркута, г.Усинск), где темпы убытия населения превышают таковые в других территориях до двух раз. Проводимое в государстве переселение населения с территорий Крайнего Севера в южные регионы, в первую очередь, касается старшего поколения, которое имеет максимальную предрасположенность к накоплению патологии. Вместе с этим на фоне убытия населения происходит изменение обеспеченности врачами, в т.ч. клинических специальностей. Уже эти два фактора могут сказаться на показателях общественного здоровья путем уменьшения регистрации случаев заболеваемости, снижением доступности к медицинской помощи и ее качества уже на этапе первичной медико-санитарной помощи. Все это негативно отражается на соблюдении принципа профилактической направленности в клинической медицине и может привести к росту первично выявляемых запущенных форм болезней.

При оценке динамики избранных для исследования показателей общественного здоровья нами учитывался факт отсутствия достоверной разницы в обеспеченности врачами клинических специальностей между г.Усинском и Корткеросским р-ном, Ижемским и Усть-Цилемским районами ($t < 2$; $p > 0,05$). Следует также отметить, что динамика численности населения по темпу убытия идентична в Ижемском и Усть-Цилемском районах ($t < 2$; $p > 0,05$). Не обнаружена нами корреляционная связь между показателями, отражающими уменьшение численности населения и обеспеченностью врачами клинических специальностей ($p > 0,05$), свидетельствует об отсутствии негативной тенденции в кадровом ресурсе отрасли здравоохранения, что имеет важное значение для организации медицинской помощи населению.

Анализ коэффициента ранговой корреляции между показателями динамики численности населения и общей заболеваемостью ожирением выявил наличие достоверной обратной связи в большинстве территорий (кроме г.Сыктывкара и Ижемского р-на). Рост патологии на фоне сокращения численности населения был максимально выражен в г.Воркуте ($t = -0,8$; $p = 0,007$), г.Усинске ($t = -0,8$; $p = 0,004$) и Усть-Цилемском р-не ($t = -0,9$; $p = 0,001$), меньше – в Корткеросском р-не ($t = -0,6$; $p = 0,03$).

Изучение влияния уровня обеспеченности врачами клинических специальностей на распространенность ожирения в наблюдаемых территориях (табл. 2) позволило установить что достоверная корреляционная связь между этими показателями имеет место в г.Воркуте ($t = 0,8$; $p = 0,008$) и г.Сыктывкаре ($t = 0,8$; $p = 0,004$), т.е. увеличение обеспеченности врачами-специалистами сопровождалось ростом регистрации патологии. В остальных наблюдаемых территориях изменение уровня обеспеченности врачами-специалистами не повлияло на показатель заболеваемости.

Уменьшение численности населения привело к увеличению уровня заболеваемости СД в Воркуте ($t = -0,8$; $p < 0,002$), Усинске ($t = -0,9$; $p < 0,001$), Сыктывкаре ($t = -0,6$; $p = 0,04$) и Корткеросском р-не ($t = -1,0$; $p < 0,001$). Не выявлено различий показателей г.Усинска и Усть-Цилемского р-на, Усинска и Корткеросского р-на ($p > 0,05$). Из всех территорий только в Усть-Цилемском районе, где рост обеспеченности врачами клинических профилей составил 33,7%, имеет место прямая сильная корреляционная зависимость между показателями общей заболеваемости СД и обеспеченностью врачами клинических профилей. Проведенное исследование взаимосвязей между заболеваемостью СД, депопуляцией и кадровым обеспечением населения позволило врачам выявить два констелляционных типа соотношения между всеми этими показателями. Первый тип характеризуется достоверностью между всеми показателями. Он обнаружен в Воркуте и Сыктывкаре. Второму присуще отсутствие достоверной связи между уровнем обеспеченности кадровыми ресурсами и распространенностью СД. Этот вариант установлен в г.Усинске, Ижемском, Усть-Цилемском и Корткеросском районах.

Так как основная роль в оказании медицинской помощи лицам, страдающим СД, принадлежит врачам эндокринологам, нами проведен дополнительно анализ обеспеченности этими специалистами в наблюдаемых территориях. Установлено, что в г.Усинске был самый низкий показатель обеспеченности эндокринологами, а в сельских территориях они вообще отсутствуют, что не может не сказаться на доступности и качестве организации и оказания медицинской помощи.

Влияние изменения численности населения на общую заболеваемость СД I типа отмечено в г.Усинске, г.Сыктывкаре и Корткеросском р-не ($t = 0,7-0,8$; $p < 0,05$). Одновременно установлено, что на фоне увеличения обеспеченности врачами клинической специальности произошло достоверное снижение этого вида патологии в Корткеросском р-не ($t = -0,8$; $p = 0,004$). Вместе с этим, во всех наблюдаемых территориях на общую заболеваемость СД I типа оказывали сочетанное влияние оба факториальных признака – динамика численности населения и обеспеченность врачами-кадрами. В целом, заболеваемость СД I типа среди жителей городов европейского Севера встречается чаще, чем среди населения сельских районов. Анализ полученных материалов показал, что заболеваемость СД II типа выявляет связь с численностью населения в городах Воркута и Усинск, Корткеросском р-не ($t = 0,9$; $p = 0,0001$), т.е. уменьшение численности населения сопровождалось ростом патологии. Кроме того, коэффициент корреляции между уровнем обеспеченности врачами и заболеваемостью СД II типа также характеризовался прямой сильной связью ($t = 0,7$; $p = 0,01-0,03$). Достоверность множественных корреляционных связей между распространенностью СД II типа, депопуляцией и кадровым обеспечением населения идентично ранее установленным констелляционным типам. Первый тип, характеризующийся достоверностью между всеми показателями, отмечен в городах Воркута, Усинск, Сыктывкар и Корткеросском р-не. Второй

тип, указывающий на отсутствие корреляции между обеспеченностью врачами клинических специальностей и распространенностью патологии, присутствующей в сельских районах Крайнего Севера – Ижемскому и Усть-Цилемскому.

Особый интерес представляет изучение распространенности исследуемой патологии с позиций их взаимообусловленности. Нами при анализе корреляционных связей между заболеваемостью ожирением и общей заболеваемостью СД установлена прямая корреляционная зависимость во всех территориях, кроме Ижемского р-на. Также выявлена значимая корреляция показателей общей заболеваемости СД и заболеваемости СД I типа. Не отмечено корреляции показателей заболеваемости ожирением и заболеваемости СД I типа среди населения рассматриваемых территорий. Известно, что у лиц, страдающих ожирением, возможно развитие в виде сопутствующей патологии СД II типа вследствие нарушения регуляции экспрессии рецепторов инсулина на почве гиперинсулинемии [22]. Вместе с этим между показателями общей заболеваемости ожирением и СД II типа подобная связь не была установлена в г.Сыктывкаре и Усть-Цилемском р-не, что свидетельствует о существенном влиянии дополнительных факторов на эти показатели.

Выводы

1. Улучшение социально-экономической ситуации в РФ в целом и регионе европейского Севера сопровождалось в 1996-2006 гг. нарастанием заболеваемости ожирением и сахарным диабетом. Причем эта закономерность отмечалась для всех основных этно-социальных групп населения Крайнего Севера и территорий, приравненных к Крайнему Северу. Исследование показало, что за период 1996-2006 гг. общая заболеваемость ожирением у мигрантов, проживающих в городах Крайнего Севера, увеличилась и превысила средние показатели по РК и РФ, а также других этно-социальных групп населения этого региона.

2. Среди сельского населения европейского Севера заболеваемость ожирением нарастала в период 1996-2006 гг. и максимально выражена у местного русского населения Крайнего Севера, по сравнению с коми, проживающими как на территориях Крайнего Севера, так и приравненных к нему местностях, а также выше, чем показатели по РК и РФ.

3. Показатели общей заболеваемости СД у городских жителей европейского Севера выше, чем в среднем по РФ и у сельского населения РК.

4. На территории европейского Севера наибольшие показатели заболеваемости СД I типа в 2006 г. отмечались у мигрантов-горожан, проживающих на Крайнем Севере, а наименьшие – у местных русских, проживающих в сельской местности на Крайнем Севере.

5. У коми, проживающих на Крайнем Севере и ведущих традиционный образ жизни, выявлена меньшая заболеваемость ожирением и СД (в том числе и СД I и СД II типа) по сравнению с другими популяциями северян.

Литература

1. *Ткаченко Б.И., Сидоров П.И.* Циркумполярная медицина: стратегия развития // Мед. акад. журнал, 2007. Т.7. № 4. С. 3-16.
2. *Медик В.А., Осипов А.М.* Социологический мониторинг в изучении медико-социальной ситуации в Новгородской области // Мед. акад. журнал, 2006. Т.9. № 6. С. 102-110.
3. *Методология имитационного моделирования* в экологических и эпидемиологических исследованиях заболеваемости населения / Ю.В.Лобзин, Г.К.Максимов, В.В.Уйба, А.Г.Максимов // Мед. акад. журнал, 2009. Т. 9. № 2. С. 85-90.
4. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г. и др.* Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 461 с.
5. *Kovats S.* Adapting to climate change – what should the health sector be doing // *Inter. J. Circumpolar Health.* 2009. Vol.68. No 1. P. 6-7.
6. *Lung E., Brustad M., Hogmo A.* The Sami – living conditions and health // *Inter. J. Circumpolar Health,* 2008. Vol.67. No 4. P. 4-6.
7. *Дедов И.И., Балаболкин М.И.* Патогенез сахарного диабета // Мед. акад. журнал, 2006. Т. 6. № 3. С. 3-15.
8. *Морфологические характеристики* поражения нижних конечностей в отечественной популяции больных сахарным диабетом / М.Ю.Капустин, Д.В.Овчаренко, С.А.Платонов, И.П.Дуданов // Мед. акад. журнал, 2009. Т.9. № 1. С. 118-120.
9. *Питер Б., Уоткинс Дж.* Сахарный диабет / Пер. с англ. М.– СПб.: ЗАО «Издательство БИНОМ-Невский диалект», 2000. 96 с.
10. *Авцын А.П.* Введение в географическую патологию. М.: Медицина, 1972. 326 с.
11. *Агаджанян Н.А.* Критерии адаптации и экопортрет человека // Бюл. СО АМН СССР, 1981. № 6. С. 35-40.
12. *Кондурусов А.И.* Здоровье населения и окружающая среда // Научно-технические аспекты охраны окружающей среды, 1993. №2. С. 19-21.
13. *Онищенко Г.Г.* Городская среда и здоровье человека // Гигиена и санитария, 2007. № 5. С. 52–53.
14. *Панин Л.Е.* Энергетические аспекты адаптации. Л.: Медицина, 1978. 192 с.
15. *Бойко Е.Р.* Физиолого-биохимические подходы к оценке функционального состояния человека на Севере // Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / Под ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар – СПб.: Политехника-сервис, 2009. С. 30 - 34.
16. *Панин Л.Е.* Биохимические механизмы стресса. Новосибирск: Наука, 1983. 231 с.
17. *Chopra M., Galbraith S., Dartmon-Hill I.* A global response to a global problem: the epidemic of overnutrition // *Bull World Health Organ,* 2002. Vol. 80. No 12. P. 952-958.
18. *Midaugh J., Talbot J., Rocye J.* Diabetes prevalence in Alaska, 1984-1986 // *Arctic. Med. Res,* 1991. Vol.50. No 3. P. 107-119.

19. *Carmina N., Marshal D., Willows N.D.* Obesity, adiposity, physical fitness and activity levels in Cree children // *Inter. J. Circumpolar Health*. 2006. Vol. 65. No 4. P. 322–330.
20. *Predersen M.L.* Prevalence of diagnosed type 2 diabetes mellitus in Greenland: The impact of electronic implementation on quality of diabetes care // *Inter. J. Circumpolar Health*, 2009. Vol. 68. No 1. P. 34-41.
21. *Государственный комитет Российской Федерации по статистике.* Постановление 4 сентября 2000 г. № 76. «Об утверждении статистического инструментария для организации Минздравом России статистического наблюдения за деятельностью медицинских учреждений».
22. *Постановление Госкомстата России* 4 сентября 2000 г. №76, форма № 17. «Сведения о медицинских и фармацевтических кадрах».
23. *Федеральная служба государственной статистики.* Приказ 29 июля 2009 г. №154. «Об утверждении статистического инструментария для организации Минздравсоцразвития России Федерального статистического наблюдения в сфере здравоохранения».
24. *Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации.* Департамент развития медицинской помощи и курортного дела. Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения. Заболеваемость населения России в 2003 г. (статистические материалы). В 2-х ч. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004.
25. *Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации.* Департамент развития медицинской помощи и курортного дела. ФГУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Росздрава. Здоровье населения России в 2006 г. (статистические материалы). Часть I-II. М., 2007.
26. *Министерство здравоохранения Российской Федерации.* Департамент развития и экономики здравоохранения. Отдел прогнозирования и информационных систем. Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения. Здоровье населения и деятельность учреждений здравоохранения в 2000 г. (статистические материалы) М., 2001. Исх. №141/813 от 18.07.2001г.
27. *Министерство здравоохранения Российской Федерации.* Отдел медицинской статистики и информатики. Главный вычислительный центр. Здоровье населения и деятельность учреждений здравоохранения в 1996 г. (статистические материалы) М., 1997. Исх. № 2000/11-24 от 23.07.1997г.
28. *Города и районы Республики Коми.* Социально-экономические показатели. 2009: Стат. сб./ Коми-стат. Сыктывкар, 2009. 287 с.
29. *Статистический ежегодник Республики Коми.* 2009: Стат. сб. / Комистат. Сыктывкар, 2009.
30. *Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И.* Прикладная медицинская статистика. СПб.: Фолиант, 2003. 432 с.
31. *Боринская С.А., Кальина Н.Р., Санина Е.Д. и др.* Полиморфизм гена апополипротеина E APOE в популяциях России и сопредельных странах // *Генетика*, 2007. Т. 43. № 10. С. 1-7.

ГЕОЛОГО- МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 549.211

ИМПАКТНОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ КАРБОНАДО

Б.А. МАЛЬКОВ¹, А.М. АСХАБОВ²

¹ Коми государственный пединститут, г.Сыктывкар

² Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
askhabov@geo.komisc.ru

Обсуждается генезис загадочных криптокристаллических алмазных агрегатов (карбонадо), распространенных исключительно в древних и современных россыпях Бразилии и Центральной Африки. Показано, что: 1. Источник углерода в карбонадо, судя по его изотопному составу, в равной мере мог быть земным или космическим. 2. Параметры кристаллизации карбонадо превосходят те, что существуют в литосферной мантии Земли и близки условиям углеродного ликвидуса на известных P–T диаграммах фазового состояния углерода. 3. Исключительно большой абсолютный возраст и отсутствие в алмазных кристаллитах азотных сегрегаций исключают сколь-нибудь продолжительную резиденцию карбонадо в земной мантии. 4. Карбонадо – это древнейшая криптокристаллическая порода «алмазит», возникшая из углеродного расплава импактного происхождения.

Ключевые слова: **карбонадо, алмазит, импактит**

B.A. MAL'KOV, A.M. ASKHABOV. THE IMPACT ORIGIN OF CARBONADO

Genesis the mysterious crypto-crystalline diamond aggregates (carbonado) spread exclusively in ancient and modern fields of Brazil and the Central Africa is discussed. It is shown that (1) source of carbon in carbonado, judging by its isotope structure, equally could be terrestrial or space. (2) parameters of carbonado crystallization surpass those that exist in lithosphere mantle of the Earth, and are close to conditions of carbon liquidus in known P-T diagrams of phase condition of carbon. (3) absolute age of diamondite matrix and "zero" degree of aggregation of nitrogen in diamond crystallites excludes any long residence of carbonado in terrestrial mantle. (4) Carbonado is the most ancient crypto-crystalline rock "diamondite", originating from carbon fusion of impact origin.

Key words: **carbonado, diamondite, impactite**

Бразильские и африканские карбонадо представляют уникальные по своим особенностям алмазные образования, коренные источники которых до сих пор неизвестны. В кимберлитах и лампроитах карбонадо не обнаружены. Они присутствуют только в древних метаконгломератах протерозоя (формации Сопы и Томбадор) и в современных алмазоносных россыпях Бразилии и Центральной Африки.

Генезис карбонадо во многом загадочен. Одна группа исследователей связывает их происхождение с древнейшими импактными процессами, действующими на компактные скопления изотопнолегкого органического вещества типа шунгита или графита, присутствующего в различных древних породах земной коры [1-3]. Часть исследователей предполагает существование астероидов-импакторов, изначально обогащенных «внеземным» углеродом [4, 5]. Действительно, общие содержа-

ния углерода в ахондритах–уреилитах и в углистых хондритах достаточно высоки, достигая 4.0 и 4.6 мас.%, соответственно. В железных метеоритах углерода обычно немного (~1.0 %). Но в некоторых из них, например, в железном метеорите Каньон Дьябло из Аризонского кратера присутствуют гнезда и крупные нодулы графита диаметром до 9 см. В ахондритах–уреилитах и железном метеорите Каньон Дьябло установлены мелкие апографитовые импактные алмазы с примесью лонсдейлита [6]. Такие же алмазы были найдены в антарктическом железном метеорите ALHA-77283 [7]. Самые примитивные метеориты – углистые хондриты – также содержат включения микроскопических алмазов, но они принципиально иного типа [6].

Некоторые исследователи считают карбонадо мантийными ксенолитами, вынесенными на поверхность магмой неизвестного состава [8]. При этом предполагается, что источником углерода с низким значением отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ для образова-

ния карбонадо в верхней мантии могли служить углеводороды.

Весьма интересную гипотезу внеземного происхождения карбонадо обосновывают Дж. Гараи и С. Хагерти с коллегами [5], которые указывают на сходство ИК-спектров африканских и бразильских карбонадо и «досолнечных» метеоритных алмазов. Они предполагают существование гипотетических алмазных астероидов, фрагментами которых являются карбонадо.

Обосновываемая в данной работе точка зрения на генезис карбонадо сводится к тому, что в период гигантской метеоритной бомбардировки на Землю падали крупные астероиды, обогащенные графитом. В результате происходило ударное плавление графитовых нодулей и возникли желваки карбонадо. При этом большая часть метеоритного железа испарялась, как это произошло, к примеру, при падении в Аризоне сравнительно небольшого по космическим меркам метеорита Каньон Дьябло с его предполагаемой начальной массой от 50 тыс. до 3 млн. т [6]. Заметим, что температуры плавления и кипения чистого железа 1535 и 2735 °C легко достигаются при рядовых астероидных импактах. Иридиевые аномалии в тонких глобальных прослоях осадочных пород на рубежах крупных импактных событий ярко свидетельствуют об испарении и конденсации тугоплавкого метеоритного вещества. Температуры плавления и кипения (конденсации) иридия: 2454 и 4380°C, как и углерода: 3650 и 4350°C, вероятно, достигались только при особо мощных астероидных импактах. О кристаллизации карбонадо из высокотемпературного импактного углеродного расплава свидетельствует отсутствие в них лонсдейлита, образующегося только при твердофазном превращении графита в алмаз. Сама криптокристаллическая пористая структура карбонадо также указывает на быструю кристаллизацию горячего углеродного расплава.

Именно с таких позиций в свете новейших экспериментальных данных становится понятным их (карбонадо) шлаковидный облик, высокая (до 30%) пористость, криптокристалличность, присутствие в них самородных металлов, их сплавов, карбидов и нитридов, легкий изотопный состав углерода, стекловидная оплавленная поверхность, наличие деформационных ламелл при полном отсутствии мантийных минеральных включений. Источником углерода с легким изотопным составом могли быть и астероиды и породы земной коры типа шунгитов или графитовых гнейсов.

Таким образом, карбонадо – это пористая криптокристаллическая порода импактного происхождения (алмазит), для кристаллизации которой из углеродного расплава требуются не только высокие давления, превосходящие многократно возможные давления в мантии Земли, но и аномальные температуры, превышающие температуру углеродного ликвидуса: 3650 – 4000 °C [2, 9]. Такие температуры, недостижимые в земной мантии, могут реализовываться в крупных ударных бассейнах ранней Земли. Подтверждением этому служит древний изохронный возраст кристаллической матрицы карбонадо, около 3811 ± 1800 млн. лет, и включенных в нее кристаллов рутила, с возрастом

порядка 3916 ± 1300 млн. лет, установленным локальным Pb–Pb методом [10]. Астероиды около 4 млрд. лет назад создавали на поверхности Земли и Луны ударные кратеры и бассейны диаметром 300–1200 км и глубиной порядка 30–120 км, соизмеримой с величиной космических ударников. Углеродные расплавы, из которых кристаллизуются микрокристаллические алмазиты, называемые карбонадо, образуются за счет углеродистого вещества мишени и ударника.

Интересно, что карбонадо на Земле встречаются в одном ареале диаметром около 2 тыс. км в пределах когда-то единого катархейского Бразильско-Африканского кратона. Этот ареал очень напоминает обширные поля рассеяния тектитов. В протерозойских конгломератах Сопа в бразильском штате Минас-Жерайс, наряду с карбонадо, присутствует несколько разновозрастных популяций обломочных цирконов. Древнейшие из них имеют изохронный U–Pb изотопный возраст 3599 ± 12 млн. лет, рекордный для всей Южно-Американской платформы [10].

Важнейшей физической характеристикой алмазов, проливающей свет на их происхождение, является степень агрегированности в них примесного азота. Длительное их (алмазов) пребывание при высоких температурах приводит к миграции и агрегированию одиночных атомов азота [11]. Напротив, пребывание алмазов при низких температурах сохраняет первоначальное одиночное состояние атомов N. Кинетика агрегирования атомов азота в обычных алмазах изучена экспериментально в широком диапазоне *PT*-параметров, что позволяет приближенно оценивать длительность отжига в природных условиях по модельным уравнениям реакций агрегирования и соответствующим им диаграммам. Высокий уровень агрегированности азота отвечает длительному пребыванию алмазов в мантии в условиях отжига. Низкий уровень, напротив, отвечает условиям их (алмазов) кратковременной резиденции в мантии или условиям «закалки». ИК-спектроскопия позволяет надежно определять тип азотных дефектов и оценивать уровень агрегирования азота в обычных алмазах по особенностям характерных спектральных полос поглощения. Но криптокристаллические карбонадо всегда содержат обильные микроскопические минеральные включения, индивидуальные интенсивные полосы поглощения которых перекрывают область проявления полос колебаний с участием примесного азота. Отсюда происходят разночтения у специалистов при расшифровке экспериментальных спектров. Одни из них «видят» азотные сегрегации и плейтлиты в карбонадо [12, 13], другие их «не различают» и отвергают, вскрывая методические просчеты предшественников, заключающиеся в недостаточной физической и химической очистке образцов карбонадо от минеральных, а иногда и посторонних примесей [5]. В результате подобных «разночтений» одни исследователи находят в карбонадо признаки их длительного, около 3 млрд. лет, «мантийного» пребывания [12]. Другие, напротив, в очищенных от минеральных включений препаратах бразильских и африканских карбонадо никаких азотных сегрегаций не обнаруживают [5]. По-

следнее хорошо согласуется с гипотезой быстротечного импактного происхождения бразильских и африканских карбонадо и противоречит гипотезе их мантийного генезиса.

Подтверждающий, казалось бы, мантийную гипотезу вывод Х. Каги с коллегами [13] о присутствии азотных сегрегаций типа 1аА в алмазных кристаллитах карбонадо, сделанный на основе установленного ими в ИК-спектрах острого абсорбционного пика при 1384 см^{-1} , как это было показано позднее Дж. Гараи с коллегами [5], является досадным «артефактом» и связан с контаминацией нитридом бора образцов карбонадо при их дроблении в стальных контейнерах.

Как известно, изменение агрегатного состояния азота в алмазе происходит только при высоких температурах (выше $800 \text{ }^\circ\text{C}$) и за длительное время отжига [12, 13]. Что касается карбонадо, то время агрегирования азота из состояния 1b в 1аА при заданной температуре «мантийного» отжига 1000°C в карбонадо было оценено в 3 млрд. лет [12]. «Послеотжиговое» же пребывание карбонадо в метаконгломератах Сопа составляет 1700–1750 млн. лет [10]. Следовательно, возраст бразильских карбонадо, с учетом предполагаемого времени их «мантийного» отжига, должен достигать 4700–4750 млн. лет. А это превышает Pb–Pb изотопный возраст самих карбонадо и даже возраст Земли, что также противоречит гипотезе мантийного происхождения карбонадо.

Необычное происхождение карбонадо подтверждается не только облегченным (как у шунгита) изотопным составом углерода, но и их крипстокристалличностью, высокой пористостью, не свойственной для глубинных пород, полным отсутствием в них явных силикатных и рудных высокобарных «мантийных» включений и огромным количеством низкобарных минералов неясного происхождения. Часть этих минералов, например рутил и циркон, могла быть механически захвачена ударным углеродным расплавом из пород земной коры, а минералы позднейшего гидротермального и экзогенного происхождения – заполнить в карбонадо трещины и поровые пространства в «алмазитовой» матрице. Такое тесное совмещение в карбонадо минералов различной барофильности также легко объяснить быстротечностью импактных процессов. Нечто подобное наблюдается в тагамитах земных ударных кратеров, когда высокобарные импактные алмазы вместе с многочисленными низкобарными минералами земной коры находятся в цементирующей их стекловатой тагамитовой матрице, а желвачки импактных алмазов, например апоугольных тогоритов в Карской астроблеме, пересекаются жилками гидротермального кварца. Присутствие высокобарных фаз, типа коэсита, стишовита или силикатного перовскита, в карбонадо весьма вероятно, но пока, к сожалению, не установлено. Следы шоковой деформации минералов, захваченных углеродным расплавом, при его остывании быстро залечиваются и исчезают в результате перекристаллизации. Тем не менее, высокая концентрация планарных ламелл в алмазных кристаллитах, слагающих карбонадо, отмечается [5, 8].

Очень симптоматично присутствие в алмазных кристаллитах, слагающих карбонадо, атомов примесного Si⁰ и эксклюзионных ламелл SiC [14]. Они также свидетельствуют о высочайших «ударных» РТ-параметрах образования алмаза и эксклюзии кремния из твердого раствора при их снижении. В карбонадо присутствуют ряд самородных элементов и их сплавов, а также тугоплавкие карбиды железа, кремния и вольфрама и тугоплавкий нитрид титана – осборнит. Образование карбидов и части самородных металлов лучше всего объяснимо их кристаллизацией из импактного углеродного расплава в бескислородной среде. Температура этого расплава, судя по признакам явного плавления/разложения в нем включений рутила и циркона, превосходила известную по справочникам температуру плавления этих минералов, равную 1825–2550 $^\circ\text{C}$, и достигала температур углеродного ликвидуса 3650–4000 $^\circ\text{C}$ на диаграммах фазового состояния углерода [9]. Температура плавления нитрида титана (осборнита) – 2947 $^\circ\text{C}$. Ранее его присутствие отмечалось только в составе метеоритов [5].

Практически мгновенное и хаотическое смешение высокобарных и низкобарных минералов происходит в ударных бассейнах и кратерах на поверхности Земли. И, главное, что высокобарные минералы – якутит, тогорит, стишовит, коэсит, рингвудит – имеют здесь совсем не глубинно-мантийное, а импактно-коровое происхождение. Карбонадо – это не минерал, как иногда ошибочно полагают, а мономинеральная горная порода «алмазит» с миаролитовой текстурой, возникающая в результате быстрой кристаллизации горячих углеродных расплавов в ударных бассейнах Земли. Понятно, что такой расплав захватывает огромное количество низкобарных минералов из разнообразных поверхностных пород мишени и, быстро застывая и кристаллизуясь, метаморфизует, расплавляет и цементирует их. Карбонадо предвставляют тугоплавкие пористые гипербарические фрагменты ранних алмазоносных импактитов с рекордным возрастом 3.8–3.9 млрд. лет, образующих широкие поля рассеяния вокруг материнских астроблем.

Образование «кимберлитовых» алмазов перидотитового и эклогитового парагенезисов происходит в породах субконтинентальной литосферной мантии значительно позднее, чем формирование желваков карбонадо в земной коре, и, главное, принципиально иным способом. Длительный и многостадийный метасоматический рост алмазов в мантийных породах подтверждают многие морфологические, кристаллофизические и геохимические признаки кристаллических индивидов [15]. Общее время образования и нахождения (резиденции) кристаллов алмаза в мантии до их извержения кимберлитовой магмой, по радиометрическим изотопным данным и степени агрегирования азота, варьирует от 40 млн. до 3 млрд. лет даже в пределах одного (!) мантийного ксенолита [16]. Максимальное время отжига «кимберлитовых» алмазов (~3 млрд. лет). Абсолютный возраст «кимберлитовых» алмазов всегда значительно (на 300–500 млн. лет) меньше аналогичного возраста карбонадо.

Таким образом, карбонадо принадлежат к древнейшим алмазоносным породам Земли с воз-

растом 3.8–3.9 млрд. лет. Их всестороннее исследование приоткрывает нам самые таинственные моменты образования алмазов в природе из углеродных расплавов ударного происхождения и проясняет самые темные страницы ранней истории Земли в промежутке между Великим столкновением 4.515 млрд. лет назад и завершающим этапом гигантской метеоритной бомбардировки 3.87 млрд. лет назад, когда ударные бассейны типа лунного Моря Дождей (диаметр 1200 км) формировались и на поверхности Земли. Вероятно, не случайным является совпадение абсолютного возраста земных карбонадо с возрастом Моря Дождей.

Выводы

1. Источник изотопно легкого углерода в карбонадо, в равной мере, мог быть земным или космическим.

2. Параметры кристаллизации карбонадо превосходят те, что существуют в литосферной мантии Земли, и близки условиям углеродного ликвидуса на известных Р–Т диаграммах фазового состояния углерода.

3. Древний абсолютный возраст и «нулевая» степень агрегирования азота в алмазных кристаллитах исключают продолжительную резиденцию карбонадо в земной мантии.

4. Карбонадо – это древнейшая криптокристаллическая порода «алмазит», возникшая из углеродного расплава импактного происхождения.

Литература

1. Мальков Б.А. Карбонадо – продукт гипербарической кристаллизации импактного апошунгитового расплава // Органическая минералогия: Материалы II Российского совещания по органической минералогии. Петрозаводск: ИГ Карельского НЦ РАН, 2005. С. 170-172.
2. Мальков Б.А., Асхабов А.М. Карбонадо – древнейшие импактные «алмазиты» Земли // Минералогическая интервенция в микро- и наномир: Материалы Международного минералогического семинара. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 222-227.
3. Smith V.J., Dawson J.B. Carbonado: Diamond aggregates from early impact of crustal rocks // *Geology*, 1985. Vol. 13. P. 342-343.
4. Haggerty S.E. A diamond trilogy: superplumes, supercontinents, and Supernovae // *Science*, 1999. Vol.285. P. 851-860.
5. *Infrared absorption investigations confirm the extraterrestrial origin of carbonado diamonds/* J.Garai, S.E.Haggerty, S.Rekhi, M.Chance // *The Astrophysical Journal*, 2006. 653: No 2. P. 153–156.
6. Вдовыкин Г.П. Алмазы в метеоритах. М.: Наука, 1970. 127 с.
7. Вишневецкий С.А. Астроблемы. Новосибирск: ООО «Нонпарель», 2007. 288 с.
8. Сухарев А.Е., Петровский В.А. Минералогия карбонадо и экспериментальные модели их образования. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 195 с.
9. *The pressure-temperature phase and transformation diagram for carbon; updated through 1994 /* F.R.Bundy, W.A.Basset, M.S.Weathers, R.J.Hemley, H.K.Mao, A.F.Goncharov // *Carbon*, 1996. Vol.34. No. 2. P. 141-153.
10. *Ion microprobe Pb–Pb dating of carbonado, polycrystalline diamond /* Y.Sano, R.Yokochi, K.Terada, M.L.Chaves, M.Ozima // *Precambrian research*, 2002. Vol.113. P. 155-168.
11. Мальков Б.А., Асхабов А.М. Азотные сегрегации (плейтелиты) в кристаллах алмаза – продукт мантийного отжига // *ДАН СССР*, 1979. Т. 248. № 6. С. 142-1423.
12. *Карбонадо Бразилии и Убанги: сравнение с другими формами микрокристаллических алмазов на основе изотопов углерода и азота/* Д.Шелков, А.Б.Верховский, Х.Дж.Милледж, К.Т.Пиллинджер // *Геология и геофизика*, 1997. Т.38. № 2. С. 315-322.
13. *Chemical properties of Central African carbonado and its genetic implications /* H.Kagi, K.Takahashi, H.Hidaka, A.Masuda // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1994. Vol. 58. P. 2629-2638.
14. Мальков Б.А., Ракин В.И. Примесный кремний – индикатор гипербарических условий образования карбонадо // *Углерод: минералогия, геохимия и космохимия: Материалы Международной конференции. Сыктывкар: Геопринт*, 2003. С. 67-68.
15. *Причины разнообразия морфологии и примесного состава алмазов из эклогита трубки Удачная /* А.С.Степанов, В.С.Шацкий, Д.А.Зед-генизов, Н.В.Соболев // *Геология и геофизика*, 2007. Т. 48. № 9. С. 974-988.
16. Зайцев А.И. О возрасте алмазов Якутской алмазоносной провинции // *Отечественная геология*, 2008. № 5. С. 79-85.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕ-ТИМАНСКОГО БОКСИТОВОГО РУДНИКА ОАО «БОКСИТ ТИМАНА»

О.В. АФАНАСЕНКО¹, А.В. БАРМИН¹, М.А. ПОТАПОВА², В.Н. ЗЕМЛЯНСКИЙ²

¹ООО «Геолог-1», г. Ухта

²Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

На территории Средне-Тиманского бокситового рудника (СТБР) и прилегающих к нему площадях ведется геоэкологический мониторинг, включающий сбор и анализ информации о техногенных воздействиях предприятия на окружающую среду и принятие мер для их предотвращения. Главными источниками поступления загрязняющих компонентов в почвы и донные осадки естественных и искусственных водотоков с указанием химических элементов являются: бокситовая руда и вмещающие ее горные породы при взрывных работах на карьерах, транспортировке, хранении и погрузке бокситов; промышленная зона с бытовыми и промышленными отходами, в том числе и нефтепродуктами. Для улучшения экологической обстановки на территории СТБР рекомендуется обустроить все промышленные водоохраные объекты.

Ключевые слова: бокситовый рудник, геоэкологическая безопасность, мониторинг, промышленные объекты

O.V. AFANASENKO, A.V. BARMIN, M.A. POTAPOVA, V.N. ZEMLYAN-SKY. RESEARCHES OF GEOECOLOGICAL SAFETY AND MONITORING OF INFLUENCE OF POLLUTION SOURCES IN TERRITORY OF MIDDLE-TIMAN BAUXITE MINE OF STOCK COMPANY «BUAXITE OF TIMAN»

The geoeological monitoring including collection and analysis of the information on technogenic influences of the enterprise on environment and taking measures for their prevention is conducted in territory of Middle-Timan bauxite mine and the areas adjoining it. The main sources of polluting components in soils and bottom sediments of natural and artificial water currents with indication of chemical elements are: bauxite ore and rocks containing it at explosive works in open-cast mines, transportation, storage and loading of bauxites; an industrial zone with household and industrial wastes, including mineral oil. For improvement of ecological situation in territory of Middle-Timan bauxite mine it is recommended to equip with the necessary facilities all industrial water protective objects.

Key words: bauxite mine, geoeological safety, monitoring, industrial objects

В 70-80-х гг. XX в. на Среднем Тимане открыта, разведана и поставлена на баланс в Государственном комитете по запасам (ГКЗ) крупнейшая в Евразии Ворыквинская группа месторождений бокситов, расположенных в 160-170 км к северо-западу от г. Ухты и классифицирующихся как глиноземное, абразивное и огнеупорное сырье. Ворыквинская группа объединяет такие месторождения бокситов, как Вежаю-Ворыквинское, Верхне-Щугорское и Восточное. Наиболее крупным из них является Вежаю-Ворыквинское (более 51 % общих запасов), расположенное в междуречье Ворыквы и Вежаю, которое определено как базовое месторождение с первой очередью промышленного освоения. С этой целью в 1992 г. было создано ОАО «Боксит Тимана» и в 1998 г. на площади Вежаю-Ворыквинского месторождения начата деятельность Средне-Тиманского бокситового рудника (СТБР).

На территории СТБР и прилегающих площадях с первых шагов существования рудника ведется эко-

логический мониторинг, включающий сбор и анализ информации о техногенных воздействиях предприятия на окружающую среду и принятие мер для их предотвращения. Работы по исследованию состояния окружающей среды ведутся Институтом биологии Коми научного центра УрО РАН, ООО «Геолог-1», ООО «Комигеология». Проводятся исследования химического состава почв, снежного покрова, грунтов зоны аэрации, поверхностных и подземных вод, растительного покрова в зоне влияния СТБР.

В настоящее время на площади техногенно-нарушенных 30-40 лет назад в ходе геологоразведочных работ ландшафтов происходит задерживание дорожной колеи, зарастание молодым березняком всех профилей, буровых площадок, временных стоянок, что соответствует первой стадии регенерации природной экосистемы [1].

Объектами мониторинга геологической среды в 2007 г. на территории деятельности СТБР, проводимого ООО «Геолог-1», являлись:

- подземные воды водоносных горизонтов и комплексов, выделенных в пределах Вежаю-Ворыквинского месторождения;

- поверхностные воды постоянных водотоков (р. Ворыква, ручьи Черный и Болотный);

- поверхностные воды временных (сезонных) водотоков, берущих начало с техногенно-нарушенных территорий, и воды зарегулированного поверхностного стока антропогенного происхождения (нагорные и дренажные канавы, водопропуски и т.д.);

- атмосфера (состояние снежного покрова и климатические характеристики);

- почвы, почвообразующие грунты;

- донные отложения водотоков как постоянных, так и временных;

- воды болотных массивов.

Для получения необходимых сведений о состоянии геологической среды были проведены следующие виды работ:

- площадные геолого-экологические, включающие в себя комплекс гидрогеохимических, литогеохимических, атмогеохимических исследований и санитарно-экологическое обследование территории деятельности СТБР;

- стационарные наблюдения за режимом подземных вод;

- гидрологические и гидрохимические наблюдения за режимом поверхностных вод;

- метеорологические наблюдения;

- лабораторные работы;

- камеральные работы.

Наблюдательная сеть состояла из 44 гидрорезимных скважин на все водоносные горизонты, распространенные на территории месторождения (нерасчлененный четвертичный комплекс (Q); средневерхнедевонский терригенный комплекс (D₂-D₃), подразделяющийся на: средне-верхнекыновский вулканогенный и субинтрузивный горизонт (D₃ kn₂₋₃), пашийский-нижнекыновский терригенный горизонт (D₃ рš-кп₁), среднедевонский-нижнекыновский горизонт образований коры выветривания (D₂-D₃ kn₁); ворыквинский-павьюгский карбонатный горизонт (R₃ vt+pv); водоносная зона трещиноватости четласких метаморфических пород (R₂ čt)), двух гидрологических и 12-ти гидрохимических постов для наблюдений за химическим составом поверхностных вод, метеорологического поста круглогодичного наблюдения, площадок атмо- и литогеохимического опробования. Для изучения качественного состава поверхностного стока с техногенно-нарушенных территорий отбирались пробы воды из водотоков с постоянным руслом, зарегулированного стока и болотных массивов.

В 2007 г. гидродинамические условия наблюдаемых **водоносных горизонтов** находились в естественном состоянии. Химический состав подземных вод района отличается однообразием и характеризуется гидрокарбонатным типом с преобладанием ионов магния или кальция, что указывает на формирование их в процессе углекислотного выветривания. Основное питание подземных вод осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков через четвертичный покров непосредственно в основной горизонт карбонатных пород верхнего рифея на площади его регионального пи-

тания, а частичное – путем инфильтрации осадков через толщу четвертичных, вулканогенных, терригенных образований и через породы коры выветривания в основной водоносный горизонт доломитов на площади Вежаю-Ворыквинского месторождения. В формировании температурного режима подземных вод принимали участие естественные факторы (климатические, гидрологические, геолого-геоморфологические), основная роль из которых принадлежит климатическим факторам. Разработка месторождения проводилась без применения глубинного водоотлива. Влияние водоотбора в объеме на более 100 м³/сутки из водозаборных скважин промплощадки № 2, эксплуатирующих рифейский горизонт, и дренажа, перехватывающего и отводящего подземные воды кыновского горизонта с расходом в весеннее время 1,6 л/с (138 м³/сутки), локализовалось в ближайших окрестностях и не сказалось на гидродинамическом режиме подземных вод.

В двух скважинах из четырех, расположенных на территории полигона твердых производственных и бытовых отходов (ПТиБО), пробы отбирались три раза в год (кроме зимней межени), в одной из них – только в паводок, одна не опробовалась в течение всего года из-за недостаточного количества воды в скважине. В наблюдательной скважине № 9н отбор проб осуществлялся два раза в год (в период весеннего подъема уровня и в конце питания). Остальные скважины опробовались один раз в год в конце сезона питания (октябрь), две скважины – в период весеннего паводка.

Влияние разработки Вежаю-Ворыквинского бокситового месторождения на водоносные горизонты дочетвертичных отложений в отчетном году не выявлено. Гидрохимический режим подземных вод не отличался от естественных условий. Лабораторные исследования подземных вод заключались в определении макро- и микрокомпонентного состава, специфических загрязняющих компонентов химическим и спектральным анализами. На площади антропогенного воздействия объектов рудника наблюдалось ухудшение состояния грунтовых вод, которое проявлялось в увеличении мутности, содержания нефтепродуктов, железа, перманганатной окисляемости. Повышенные концентрации железа и марганца в четвертичном горизонте, содержание которых в последние несколько лет не увеличивается, по всей вероятности, связаны как с природными, так и с техногенными факторами.

При отсутствии водопонижения и весьма незначительном карьерном водоотливе р. Ворыква и руч. Черный находятся в естественном природном состоянии. Деятельность Средне-Тиманского бокситового рудника не оказывает влияния на гидрологический режим основных водотоков района, колебания уровней и расходов воды в которых целиком зависят от климатических факторов [2].

Экологическое состояние **поверхностных вод** как временных, так и постоянных водотоков на территории деятельности СТБР характеризуется следующим образом.

Изменения химического состава **поверхностных вод** постоянно действующих водотоков находились в интервале многолетних годовых коле-

баний. Большинство определяемых в течение года микрокомпонентов содержались в концентрациях, допустимых для рыбохозяйственных водоемов. В отдельных пробах в различные периоды года фиксировались концентрации марганца, кобальта, молибдена, цинка и алюминия, превышающие допустимые нормативы. Исключением являлась медь, концентрации которой в подавляющем большинстве отобранных проб превышали предельно допустимые нормы в 1,3-16 раз. Повышенные содержания меди в поверхностных водах, зафиксированные в отчетном году, скорее всего, связаны с зараженностью атмосферных осадков медью.

Радиационная безопасность воды основных водотоков по показателям общей *альфа*- и *бета*-радиоактивности соответствует требованиям допустимых уровней НРБ-99 (Нормы радиационной безопасности..., 1999) и СанПиН 2.1.4.1074-01. Повышенные показатели цветности, перманганатной и бихроматной окисляемости, железа в поверхностных водах основных водотоков имеют природное происхождение. При этом их максимальные значения наблюдались в периоды интенсивного смыва с водосборной площади (весна, осень).

Состояние **временных водотоков**, существующих в короткий период интенсивного снеготаяния и ливневых дождей, по ряду показателей (кислотность воды, перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода (ХПК), содержание нефтепродуктов, взвешенных веществ, металлов (железа, марганца, цинка, меди, алюминия) не соответствовало рыбохозяйственным нормативам.

По сравнению с 2006 г. во временных водотоках зафиксирован рост содержания взвешенных веществ в 1,9-21,1 раза. Концентрации нефтепродуктов в большинстве пунктов наблюдения остались на уровне 2006 г.

Содержания ионов аммония, органических и взвешенных веществ, нефтепродуктов, алюминия, марганца и цинка в основном (58-100% проб) превышали ПДК в два-пять раз. Медь и железо в большинстве проб (58-77%) содержались в концентрациях, превышающих допустимые содержания в пять и более раз. По результатам спектрального анализа в 40-50 % проб концентрации титана и ванадия превышали ПДК соответственно в 1,1-6 и 2,2-15 раз.

Несмотря на кратковременность существования, паводковый поверхностный сток представляет серьезную угрозу как основным водотокам рыбохозяйственного назначения, болотным массивам, так и подземным водам, естественная защищенность которых от поверхностного загрязнения на территории деятельности СТБР недостаточная. Во временных водотоках (дренажные каналы, водопропуски) средние содержания никеля, бериллия, марганца, железа, кобальта, меди выше в 1,19 – 1,55 раза, чем в постоянных водотоках.

Вещественный состав **снежного покрова** отражает характер загрязнения приземной атмосферы и является косвенным индикатором экологического состояния территории. Изучение пылевых выпадений производилось путем отбора проб снега в конце зимнего периода перед интенсивным снеготаянием с последующим раздельным анализом снеговой воды,

полученной при оттаивании, и твердого минерального осадка (нерастворимой фракции).

По результатам проведенных в 2007 г. атмосферно-геохимических исследований состояния снежного покрова на территории деятельности СТБР установлено, что площадь воздействия технологических объектов рудника на приземную атмосферу по сравнению с 2006 г. выросла на 8,6 км² и составила 29,6 км². Расширение площади произошло по всем направлениям. Устойчивое загрязнение поверхности площади рудника прослеживалось на расстоянии не менее 1000-1500 м от основных источников (бокситовых карьеров, центрального шихтовального двора (ЦШД)), увеличиваясь в восточном направлении до 1800-3200 м, вдоль железной и автомобильной магистрали, внутрирудничных автомобильных дорог – в полосе шириной не менее 800 м.

После снеготаяния часть воды скапливается в горных выработках (карьерах), складках микро-рельефа и подстилающем растительном слое, постепенно инфильтруясь через трещиноватое дно карьеров и почву в водоносные горизонты. Остальная вода с помощью дренажной системы отводится в пониженные участки рельефа, представленные, как правило, болотными массивами, или непосредственно в русло поверхностных водотоков.

Большая часть нерастворимого осадка (пылевой фракции) после снеготаяния оседает на поверхности почвы, оказывая влияние на микрокомпонентный состав последней.

Источниками газопылевых выбросов на территории СТБР в отчетном году являлись карьеры № 2 и 3, отвалы вскрышных пород, межпромысловые технологические автодороги, подъездная железная дорога, центральная шоссейная дорога, работающая техника и буровзрывные работы.

Площадь пылевого загрязнения составляет 29,6 км².

В пыли, накопленной в зимний период, превышение фоновых содержаний в два раза отмечено по следующим металлам: марганцу, никелю, кобальту, титану, ванадию, хрому, молибдену, цирконии, галлию, бериллию, меди, свинцу, цинку, кадмию, церию, иттербию, скандию, олову, фосфору, стронцию, барий, алюминию, кремнию, железу. Вблизи основных технологических объектов рудника концентрации этих металлов выше фоновых значений в четыре и более раз.

По сравнению со среднефоновыми значениями в зоне влияния объектов рудника в снеговой воде зарегистрировано превышение средних содержаний следующих компонентов: железа – в 1,3 раза, ионов аммония – 1,5, нитритов – 1,7, нитратов – 1,3, меди – 1,4, алюминия – 3,9, марганца – 1,25, кобальта – в два раза.

Литогеохимические исследования включали как изучение вторичных ореолов рассеяния, так и потоков рассеяния. Объектами опробования являлись соответственно лесные подзолистые почвы и донные отложения различных типов водотоков на пунктах систематических наблюдений (ПСН). Все пробы (135 проб почв и 51 проба донных осадков) направлялись в физико-химическую лабораторию ООО «Геолог-1» на спектральный и химический анализы. Химический анализ почвы проводился на

определение нефтепродуктов методом хлороформных и гексановых вытяжек (15 проб), а также на определение металлов (Ti, Al, Cu, Pb, Zn) количественным методом (135 проб).

Главными источниками поступления загрязняющих компонентов в почвы и донные осадки естественных и искусственных водотоков с указанием химических элементов, накопление которых возможно в зоне влияния этих источников, являются следующие:

1. Бокситовая руда и вмещающие ее горные породы (базальты, псаммиты, алевриты, пелитолиты) при взрывных работах на бокситовых и базальтовых карьерах, транспортировке, хранении и погрузке бокситов.

2. Промышленно-селитебная зона с бытовыми и промышленными отходами, включая газовые и пылевые выбросы от транспорта и рабочих установок, является поставщиком в окружающую среду нефтепродуктов, Pb, Zn, Cu, Cd, V, Mo, Sn, Ag.

По данным полуколичественного спектрального анализа при сравнении средних содержаний микрокомпонентов в **почвах** по итогам двух лет выявлена динамика роста концентраций некоторых химических элементов. Наиболее интенсивно накапливались свинец и алюминий. Их содержания увеличились соответственно в 1,39 и 1,26 раза по сравнению с 2006 г. Незначительно увеличились концентрации бария, марганца, бериллия и молибдена. Накопление всех металлов в почвах участка фиксируется в зоне непосредственного ведения работ и действующих транспортных путей или поблизости от них.

В 2007 г. увеличились интенсивность и площадь загрязнения почв свинцом с сохранением уровня превышения над предельно допустимой концентрацией (ПДК). По сравнению с уровнем 2006 г. доля насыщения почв свинцом с концентрациями выше ПДК существенно возросла – 51,1 % против 29,2. Встречаемость остальных нормируемых химических элементов с содержаниями выше ПДК в 2007 г. меньше, чем в предыдущем, а концентрации таких элементов, как кобальт, цинк и олово вообще не превышают нормативных величин.

По данным химического анализа определена высокая корреляционная связь между алюминием, титаном, медью и цинком. Эта геохимическая ассоциация определена как бокситовая. Области с повышенными концентрациями алюминия и титана в почве приурочены к бокситовым карьерам. За отчетный год накопления алюминия и титана в почвах не происходило, незначительно увеличились содержания свинца и цинка, а меди – уменьшились. Концентрации нефтепродуктов в лесных подзолистых почвах малы и не превышают ПДК.

Исследования **донных отложений** водотоков проводились с целью выявления в них повышенных концентраций химических элементов и определения степени возможного влияния рудника на поверхностную гидросферу вследствие плоскостного смыва, переноса и аккумуляции микрокомпонентов русловыми илисто-глинистыми осадками. Использо-

ванию были подвергнуты донные осадки илисто-глинистого состава, иногда с незначительной примесью песчаного материала.

В донных осадках отмечается накопление свинца и бария, средние концентрации которых увеличились в 1,29 раза по сравнению с 2006 г. Меньше стало кобальта, титана, циркония, иттербия. Концентрации остальных химических элементов находились примерно на уровне предыдущего года ($C_{cp2007}/C_{cp2006} = 0,62-1,06$).

По результатам литогеохимических исследований, проведенных в 2007 г., установлено, что общая площадь воздействия технологических объектов СТБР на почвы и донные отложения увеличилась на 5,9 км² и составила 25,3 км² против 19,4 км² в 2006 г.

Для улучшения экологической обстановки на территории деятельности СТБР, в соответствии с проектными решениями первой очереди строительства рудника, рекомендуется обустроить в водоохранном отношении все промышленные объекты, для чего нужно продолжить строительство соответствующих сооружений. [2]. Так, площадка под размещение локальных очистных сооружений (ЛОС) для очистки промышленно-дождевых сточных вод шихтовального склада расположена к юго-западу от него. На площадке сооружены: пруд-накопитель и пока только фундамент под объекты очистных сооружений. Для защиты водного бассейна, например, от сточных вод вахтового поселка, расположенного на территории СТБР, необходимо принять меры по их очистке. Так будет выглядеть схема водоотведения от источника загрязнения:



Рис. Схема водоотведения, включающая станцию биологической очистки.

Эффективная очистка бытовых сточных вод возможна на биологической станции типа ККВ.9, разработанной на основе использования микроорганизмов-обработателей, обитающих на специальных пластмассовых носителях. Процесс очистки обладает при этом высокой устойчивостью, благодаря саморегуляции.

Литература

1. *Огородникова Г.П., Афанасенко В.Н.* Отчет по объекту «Гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка с геоэкологическими исследованиями и картографированием масштаба 1:50000 территории деятельности Средне-Тиманского бокситового рудника на листах Q-39-126-Г-г; 127-В-в,г; 139-А-а,б». Ухта: ООО «Геолог-1», 2004. 244 с.
2. *Афанасенко О.В.* Информационный отчет «Организация и ведение мониторинга геологической среды на Вежаю-Ворыквинском месторождении бокситов в 2007 году». Ухта: ООО «Геолог-1», 2008. 212 с.

НОВЫЙ ТИП ЗОЛОТО-ПЛАТИНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ

А.М. ПЫСТИН,¹ Ю.И. ПЫСТИНА,¹ В.И. ГЕНЕРАЛОВ², И.Л. ПОТАПОВ¹

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

pystin@geo.komisc.ru

²ЗАО УГРК «Уранцветметгеологоразведка», Москва

На Полярном Урале давно известны эндогенные проявления платиноидов в хромитоносных ультрабазитах палеозойской офиолитовой ассоциации. Открытые недавно проявления малосульфидных золото-платинометалльных руд приурочены к верлит-клинопироксенитовому массиву, который по геологическому строению, химическому составу пород и породообразующих минералов не может быть отнесен к офиолитам. Это фрагмент либо расслоенного интрузива, либо ультрамафитового комплекса дунит-пироксенит-габбровой (платиноносной) ассоциации. Благороднометалльная минерализация приурочена к оливиновым клинопироксенам. Установлены самородные образования золота, серебра, платины, интерметаллиды золота, серебра, платиноидов, арсениды, теллуриды, антимониды и висмутиды платины и палладия.

Ключевые слова: **благороднометалльная минерализация, платиноиды, верлит-клинопироксенитовый массив, офиолиты**

A.M.PYSTIN, YU.I.PYSTINA, V.I.GENERALOV, I.L.POTAPOV. **LOW-SUL-PHIDE GOLD-PLATINUM MINERALIZATION IN THE POLAR URALS**

Endogenic platinoid manifestations in chromite-bearing ultrabasites of the Paleozoic ophiolite association have been well known in the Polar Urals for a long time. Recently discovered low-sulphide Au-Pt shows are confined to the wherlite-clinopyroxenite massif which can not be regarded as ophiolitic according to its geological structure, chemical composition of rocks and rock-forming minerals. This is a fragment either of a sheeted intrusive or of the ultramafite complex of the dunite-pyroxenite-gabbro (Pt-bearing) association. The precious metal mineralization is confined to olivine clinopyroxenes. Natural Au, Ag, and Pt formations, intermetallids of Au, Ag, and platinoids, arsenides, tellurides, antimonides, and Pt-Pb bismuthides have been revealed.

Key words: **precious metal mineralization, platinoid, wherlite-clinopyroxenite massif, ophiolite**

На Полярном Урале давно известны эндогенные проявления платиноидов в хромитоносных ультрабазитах палеозойской офиолитовой ассоциации. Минералы платиновой группы представлены здесь относительно тугоплавкими разновидностями Ru–Os–Ir состава при подчиненном значении Pt, Pd и Rh. В 2002 г. при геологическом доизучении масштаба 1: 200 000 в бассейне р. Хараматалоу было открыто рудопоявление малосульфидных медных руд [1], в которых впервые для региона установлены минералы Au и Ag в ассоциации с минералами Pd, Bi и Te [2]. Позднее нами также выявлены минералы платины [3].

По современным представлениям рудопоявление, получившее название Озерное, приурочено к кершорскому plutonic complex, представляющему собой существенно габброидную часть войкарского офиолитового комплекса (рис. 1). В результате проведенных исследований установлено, что рудовмещающий верлит-клинопироксенитовый массив (1.0 x 4.0 км), названный Дзелятышорским (рис. 2), резко отличается от окружающих его базит-гипербазитовых образований псев-

достратификацией пород, выраженной субпластовой ритмичной вещественной дифференциацией, ориентировкой первичных структур (поперечной к уральским) и особенностями химического состава пород и породообразующих минералов. По этим признакам массив интерпретируется нами как фрагмент древнего (докембрийского) основания уралид, тектонически совмещенного с породами палеозойской офиолитовой ассоциации [4].

Породы, слагающие Дзелятышорский массив, представлены (в порядке убывания): оливиновыми клинопироксенитами, клинопироксенитами, верлитами и оливинитами. Судя по имеющимся химическим анализам, породы образуют непрерывную серию составов от безоливиновых клинопироксенитов до оливинитов. Ритмичная субпластовая вещественная дифференциация массива выражается в перемежаемости перечисленных выше пород. Исключение составляют оливиниты, которые наряду с телами, с согласными с элементами «расслоенности», встречаются также в виде жил. Толщина отдельных элементов ритмов от нескольких сантиметров до десятков метров. Общая мощность вскры-

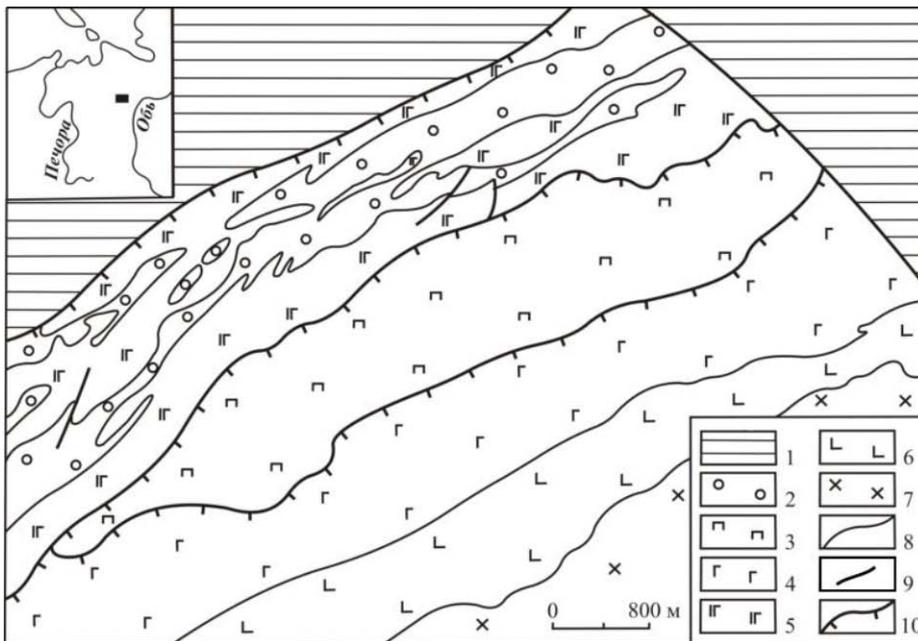


Рис. 1. Схематическая геологическая карта района рудопоявления Озерное. 1 – райизско-войкарский ультрабазитовый комплекс (дуниты, гарцбургиты); 2-5 – кершорский плутонический комплекс: 2 – дуниты, 3 – клинопироксениты и верлиты (Дзелятышорский верлит-клинопироксенитовый массив), 4 – габбро, 5 – габбро-амфиболиты; 6-7 – собский комплекс: 6 – габбро-диориты, 7 – диориты; 8 – геологические границы; 9 – крутопадающие разломы; 10 – надвиги.

того на рудопоявлении фрагмента верлит-клинопироксенитового массива составляет 400 – 600 м. В нижней его части (видимая мощность 150 м) преобладают клинопироксениты, в средней части разреза (от 150 до 300 м в разных частях рудопоявления) доминируют оливинные клинопироксениты и верлиты, и, наконец, выше – снова клинопироксениты (видимая мощность около 30 м).

Плоскости первичной неоднородности (псевдостратификации) обычно залегают полого (рис. 3). Углы наклона «пластов» чаще всего не превышают 20° . Складки, образованные плоскостями «расслоенности», как правило, слабо выражены, но иногда отмечаются сжатые складки, в том числе запрокинутые (рис.4). Преобладающее простирание складок северо-западное. Шарниры складок полого погружаются на юг-юго-восток. Вдоль осевых поверхностей складок часто отмечаются жилы, сложенные либо клинопироксеном, либо оливинном. Жильным материалом также выполнены ядерные части некоторых складок. Учитывая высокотемпературный характер жильного материала, выполняющего отслоения вдоль осевых поверхностей ранних складок, можно утверждать, что наблюдаемые складки сформировались в еще не полностью остывшем массиве на постмагматической стадии.

Сравнение средних содержаний пород верлит-клинопироксенитового ряда из различных природных ассоциаций (по [5]) показывает, что породы Дзелятышорского массива (верлиты, оливинные клинопироксениты и клинопироксениты) отличаются пониженными содержаниями TiO_2 и K_2O от ультрамафитов щелочно-ультраосновных комплексов. Средние содержания оксидов в породах других ассоциаций перекрываются. Более информативными являются отношения TiO_2 к Al_2O_3 и MgO к FeO . По абсолютным значениям этих отношений породы Дзелятышорского массива отличаются от ультрамафитов габброидного комплекса офиолитов и сопоставимы с породами расчлененных интрузивов и ультрамафитами дунитпироксенитгаббровой (платиноносной) ассоциации.

При изучении РЗЭ в породах Дзелятышорского массива установлено «горизонтальное» и «вогнутое» распределение спектров, не свойственное для ультрамафитов офиолитовых комплексов.

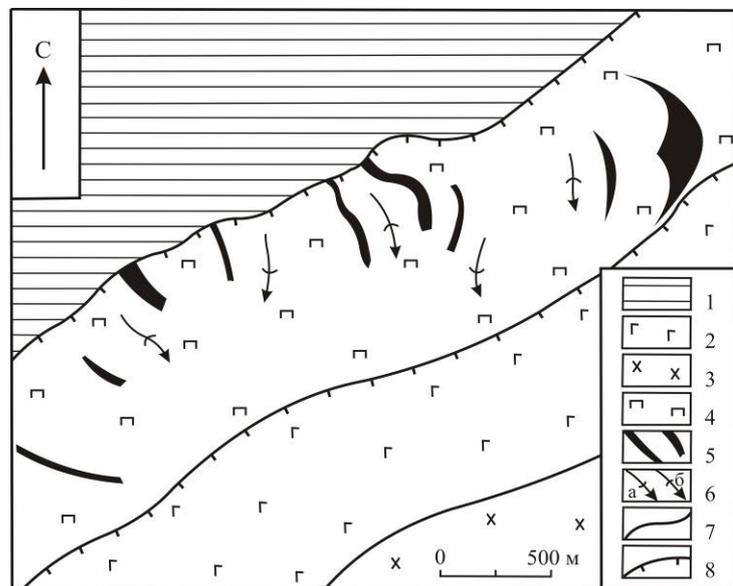


Рис. 2. Геологическая схема Дзелятышорского верлит-клинопироксенитового массива.

1 – кершорский плутонический комплекс (габброамфиболиты, дуниты); 2-3 – собский комплекс: 2 – габбродиориты, 3 – диориты; 4-5 – Дзелятышорский верлит-клинопироксенитовый массив: 4 – клинопироксениты, оливинные клинопироксениты, верлиты, оливиниты нерасчлененные, 5 – субпластовые тела верлитов; 6 – оси структур: а – антиклинальных, б – синклинальных; 7 – геологические границы; 8 – надвиги.



Рис. 3. Первичная расслоенность в оливиновых клинопироксенитах. Обнажение находится в районе устья скв. 530.

аналогичным минералам в породах расслоенных интрузивов (6-19%, по [5]). В отличие от клинопироксенов в породах зональных комплексов Платиноносного пояса Урала они не обнаруживают сопряженный рост железистости и глиноземистости и демонстрируют тренд вариаций составов, свойственный клинопироксенам зональных комплексов платформенного типа (Кондерский и Скергаардский массивы).

Таким образом, химические особенности пород и породообразующих минералов Дзелятышорского массива подтверждают геолого-структурные данные, свидетельствующие о том, что этот массив не относится к образованиям кэршорского пироксенит-габброидного комплекса войкарской офиолитовой ассоциации. Это фрагмент либо расслоенного интрузива, либо ультрамафитового комплекса дунит-

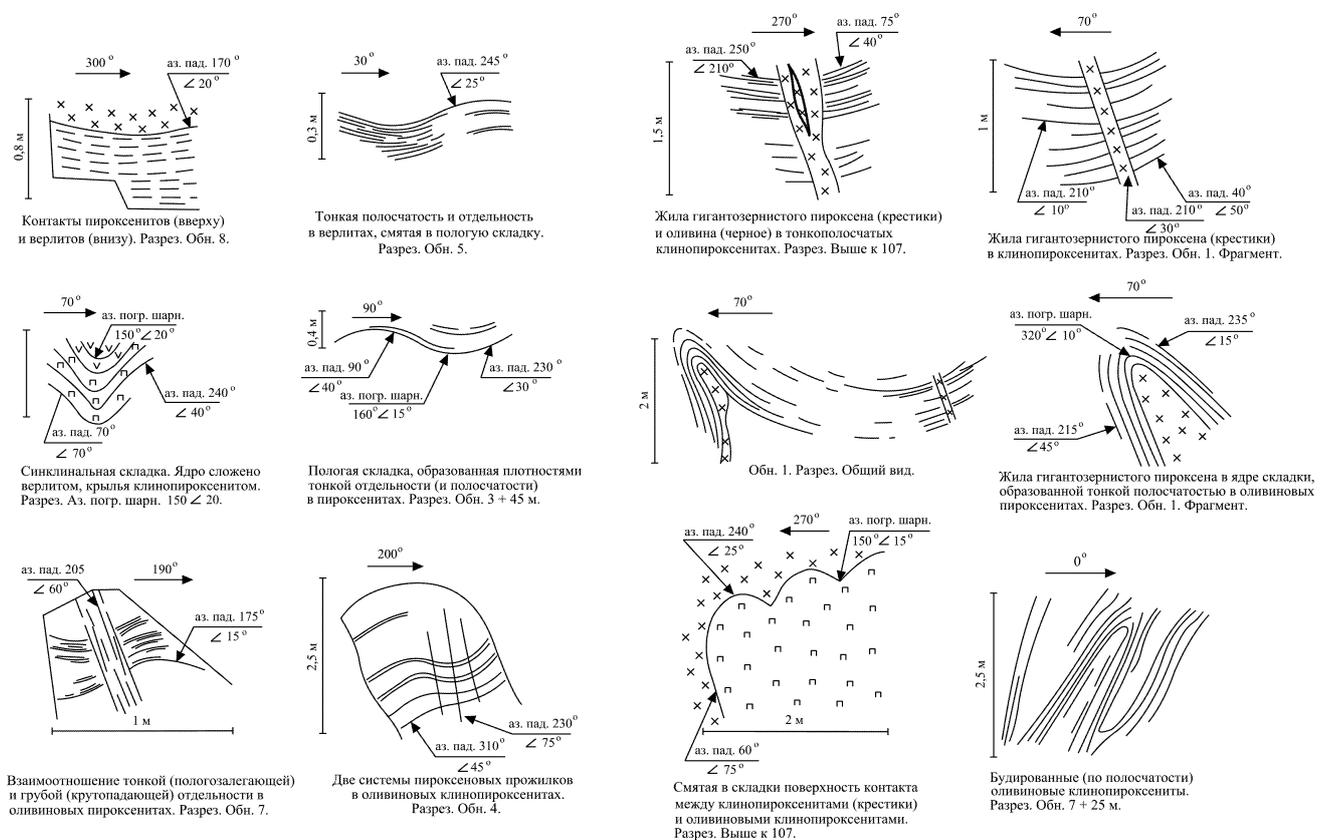


Рис. 4. Зарисовка элементов расслоенности и полосчатости в породах верлит-клинопироксенитового массива. Примечание: на зарисовках показаны магнитные азимуты.

Дополнительную информацию о генезисе пород можно получить при анализе состава первичных породообразующих минералов.

Оливины в породах Дзелятышорского массива имеют в своем составе 12-30% фаялитового компонента. Столь относительно высокая железистость и большие вариации этого показателя для оливинов в одном массиве свойственны породам расслоенных интрузивов (9-27%fa, по [5]). По железистости клинопироксениты в породах Дзелятышорского массива (9-21%) также наиболее близки

пироксенит-габбровой (платиноносной) ассоциации. Судя по особенностям состава породообразующих минералов, Дзелятышорский комплекс, возможно, является фрагментом расслоенного интрузива.

Благороднометаллическая минерализация в Дзелятышорском массиве приурочена к оливиновым клинопироксенитам, которые в наблюдаемом разрезе занимают средне-верхнее положение. Горизонт оливиновых клинопироксенитов, мощностью до 300 м, включает рудные тела со средним содержанием условного палладия от 0,82 до 3,44 г/т. К

настоящему времени в пределах массива выделено 13 благороднометалльных рудных тел, мощность которых варьирует от 1,8 до 30,2 м. По данным ОАО «Ямальская горная компания», суммарные прогнозные ресурсы благородных металлов категории P_1 до глубины 250 м составили 22,4 т (при среднем содержании условного палладия 1,15 г/т). Золото-сульфидное оруденение проявлено весьма локально. Относительно высокие концен-

трации золота были обнаружены в северной части Дзелятышорского массива, где в рудном теле мощностью 2,7 м среднее содержание $Au - 1,42$ г/т, $Pd - 1,01$, $Pt - 0,24$; $Cu - 0,4\%$. С платиной и палладием золото не коррелируется. Отдельно золото-сульфидные тела не выделялись. Прогнозные ресурсы категории P_1 золота в составе 13 отмеченных выше золото-платино-палладиевых рудных тел составили до глубины 250 м 1,56 т (при среднем содержании $Au 0,08$ г/т).

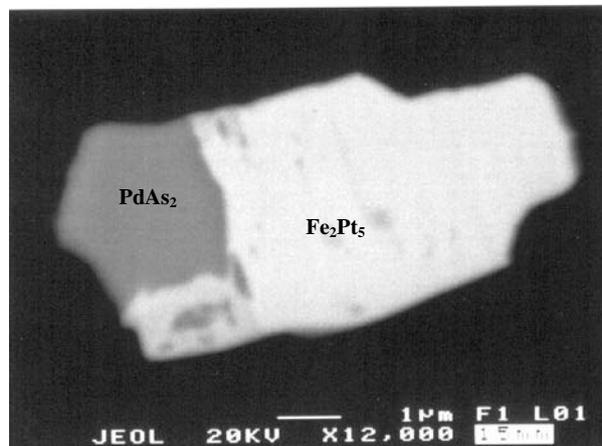
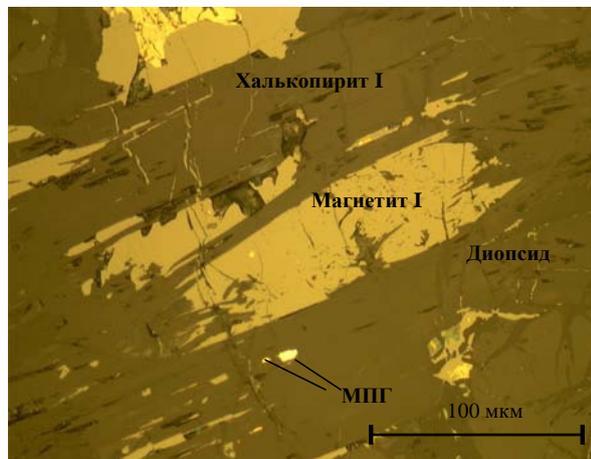


Рис. 5. Включение сростка палладоарсенида и ферроплатины в диопсиде. На правом снимке – деталь. Аншлиф 101007.

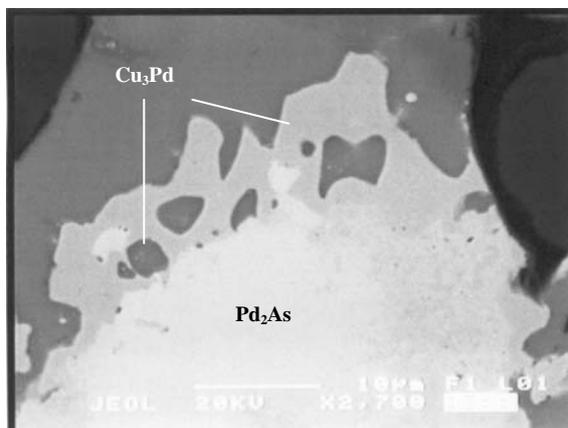
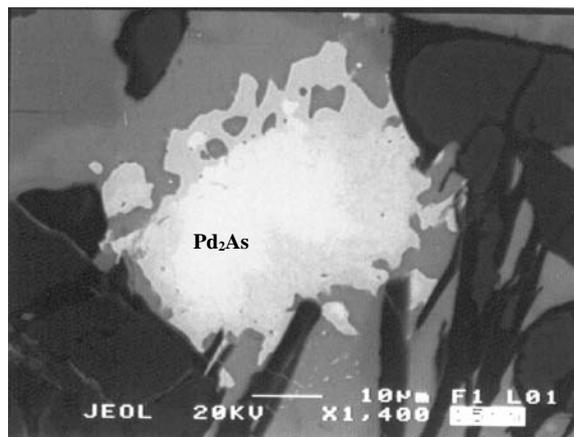
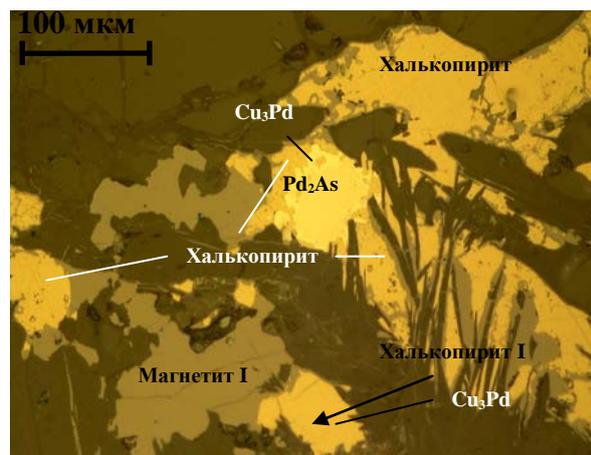


Рис. 6. Сростки халькопирита I с магнетитом I и минералами палладия (светло-желтое зерно в центре снимка). Шестоватые агрегаты амфибола окаймляются магнетитом II. Два снимка: справа и внизу – детали левого верхнего рисунка. Центральная часть зерна – палладоарсенид, Pd_2As ; краевая – интерметаллид, Cu_3Pd . Мелкие светлые зерна в халькопирите I – Cu_3Pd . Аншлиф 101007.

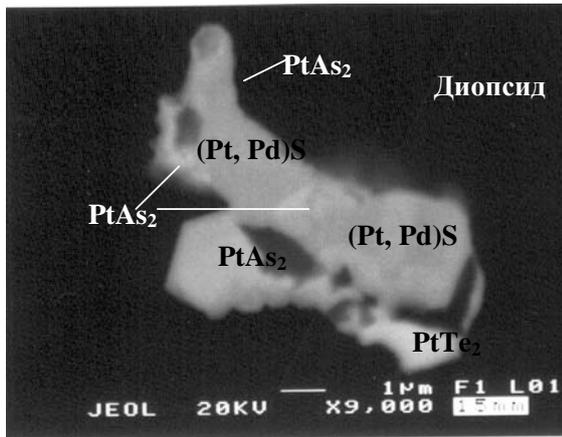


Рис. 7. Сросток брэггита – (Pt,Pd)S с арсенидом и теллуридом платины в диопсидовой матрице. Аншлиф 126010.

Минералы благородных металлов представлены самородными образованиями Au, Ag, Pt, интерметаллидами Au, Ag и платиноидов, арсенидами, теллуридами, антимонидами и висмутидами Pt и Pd.

Общий список минералов благородных металлов в рудоносных породах проявления Озерное включает:

- самородное золото Au;
- самородное серебро Ag;
- золото-серебряные фазы, в которых соотношения Au и Ag изменяются от 1:1 до 1:6, в том числе отвечающие формулам электрума Au и Ag и кюстелита $AuAg_3$;
- золото-медные фазы с изменением составов от медистого золота до золотистой меди, в том числе отвечающие формулам купроаурида $(Cu,Pd)_3Au_2$, аурикуприда $AuCu_3$ и тетракуприда $AuCu$;
- самородную платину Pt;
- железистую платину Fe_2Pt_5 ;
- палладистую медь $PdCu_3$;

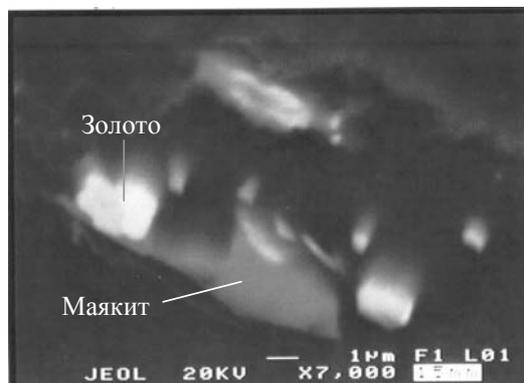
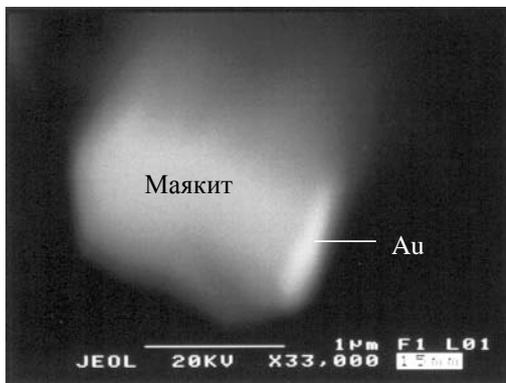
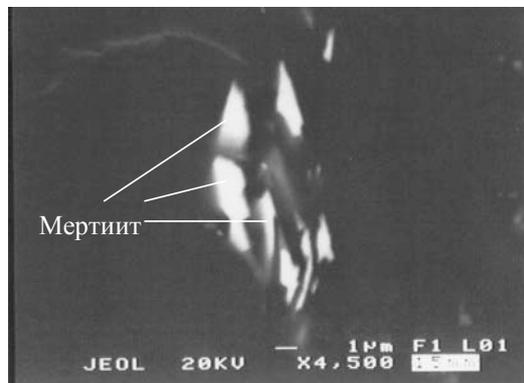
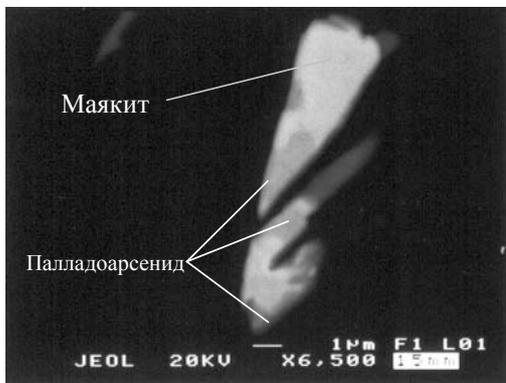
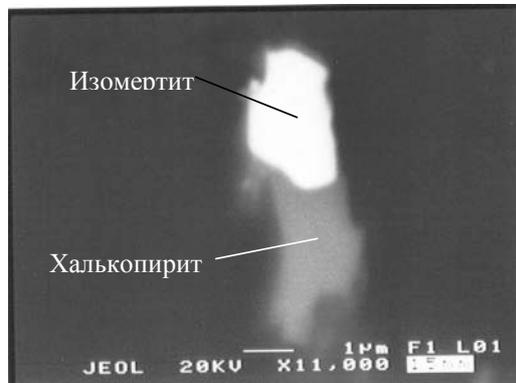
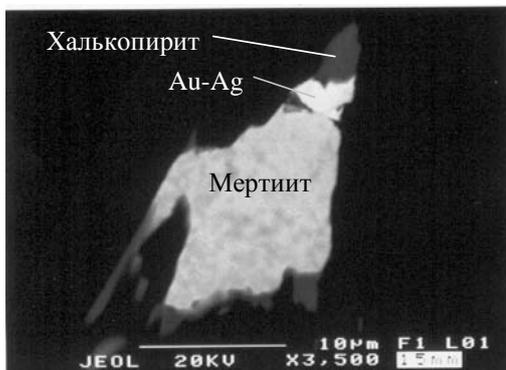


Рис. 8. Сростки минералов благородных металлов и сульфидов меди в ассоциации с серпентином (темное поле) в оливиновом клинопироксените. Аншлиф 145042.

- золото-палладистую медь $AuPd_2Cu_8$;
- брэггит $(Pt,Pd)S$;
- высокоцит PdS ;
- сперрилит $PtAs_2$;
- арсенопалладинит $Pd_3As - Pd_8As_3$;
- палладоарсенид Pd_2As ;
- маякит $(Pd,Ni)As$;
- атенеит $(Pd,Hg)_3As$;
- изомертиит Pd_5AsSb ;
- мончеит $PtTe_2$;
- меренскит $PdTe_2$;
- котульскит $PdTe$;
- таркианит $(Pd,Ag)_2Te$;
- гессит Ag_2Te ;
- майченерит $Pd(Te,Bi)_2$;
- соболевскит $PdBi$;
- фрудит $PdBi_2$;
- мертиит Pd_5Sb_2 ;
- стибнопалладинит $Pd_3(Sb,Te)$.

Относительно высокотемпературные платиноиды: самородные образования, интерметаллиды и сульфиды ассоциируются с первичными силикатами и рудными минералами, образуя в них мелкие включения, размером 10-50 мкм. Как правило, они в той или иной степени замещены относительно низкотемпературными платиноидами. Так, например, наблюдаемые на вышеприведенных рисунках соотношения минералов можно интерпретировать как частичное замещение интерметаллидов Pt (рис. 5) и Pd (рис. 6) палладоарсенидом – Pd_2As и замещение брэггита – $(Pt, Pd)S$ сперрилитом – $PtAs_2$ (рис. 7).

Относительно низкотемпературные платиноиды: арсениды, теллуриды, антимониды и висмутиды образуют две генетические группы. Одна из них, как уже отмечено выше, включает продукты замещения и полные псевдоморфозы по самородным платиноидам, интерметаллидам и сульфидам. Минералы этой группы, как и замещаемые ими минералы благородных металлов, образуют включения в первичных силикатах и рудных минералах. Другая генетическая группа представлена самостоятельными новообразованиями размером до 20 мкм в ассоциации с вторичными силикатами и рудными минералами (рис. 8). В общем балансе благороднометалльного вещества доминирующая роль принадлежит минералам благородных металлов, ассоциирующимся с вторичными силикатами и рудными минералами.

Для платиноидов характерна изменчивость состава в пределах отдельных зерен. Она связана с процессами распада первичных благороднометалльных минералов, процессами замещения одних благороднометалльных минералов другими и, вероятно, одновременной кристаллизацией нескольких минеральных фаз с образованием сростков минералов благородных металлов. Сростки минералов наиболее характерны для относительно низкотемпературных платиноидов.

Au – Ag фазы с низким содержанием Au смешиваются при низкотемпературном изменении пород фазами с высоким содержанием Au, а также Au-Cu фазами.

Предлагается следующая рабочая модель формирования и накопления рудных элементов:

- при формировании массива благородные металлы и медь накапливались в магнезиальных породах (богатых оливином клинопироксенитах), которые в доступном для изучения разрезе занимают средне-верхнее положение;

- гидротермально-метасоматические процессы, связанные с внедрением и остыванием габбровых интрузий, привели к формированию и накоплению золото-медной сульфидной минерализации вдоль границ с габбровыми интрузиями и в зонах, параллельных им. Эти же процессы привели к трансформации платиноидов в сульфидную форму, но, очевидно, не сопровождались существенным перераспределением элементов в пространстве;

- низкотемпературные изменения пород, выражающиеся в основном в их серпентинизации, привели к перераспределению и накоплению золота и сульфидов меди в зонах субширотной и, возможно, субмеридиональной (север-северо-западной) ориентировки. Эти же процессы способствовали кристаллизации платиноидов в форме арсенидов, антимонидов, висмутидов.

Литература

1. Котельников В.Г., Романова Н.В. Новый тип медного платино-золото-палладиевого оруденения на восточном склоне Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 40-42.
2. Медно-золото-палладиевая минерализация в ультрабазитах Войкаро-Сынинского массива на Полярном Урале / С.К.Кузнецов, В.Г.Котельников, С.А. Онищенко, В.Н. Филиппов // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, № 5. 2004.С. 2-4.
3. Платинометаллическая минерализация в рудах проявления Озерное (Полярный Урал) / А.М. Пыстин, Ю.И. Пыстина, И.Л. Потапов, В.Н. Филиппов // Структура и разнообразие минерального мира: Материалы Международного минералогического семинара. Сыктывкар, 2008. С. 176-177.
4. Медно-благороднометаллическая минерализация в докембрийских клинопироксенитах на Полярном Урале / А.М.Пыстин, Ю.И.Пыстина, И.Л.Потапов, Ю.А.Ронкин // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения северо-запада России. Петрозаводск, 2007. С.329-331.
5. Магматические горные породы. Т. 5. М.: Наука, 1988. 510 с.

АУТИГЕННАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РЕЧНЫХ РОССЫПЯХ КАК ПРИРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФЕНОМЕН

А.Ф. ХАЗОВ, В.И. СИЛАЕВ, В.Н. ФИЛИППОВ

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

Приведены новые данные об аутигенной минерализации в уральских золотоплатиновых речных россыпях, представленной золотыми плёнками, пассивно нарастающими на обломочные золотины, и келифитовыми каймами, метасоматически их замещающими. Золотые пленки обладают губчатым микростроением, примесью к золоту в них выступают фазы смешанного Au-Pb состава, самородная медь, Au-содержащий галенит и впервые выявленные Au-Ag-Pb-Fe гидроксидбромиды. Зональные келифитовые каймы сложены непрерывно варьирующими по составу Au-Pb твердыми растворами замещения, образованными в результате ионного обмена золота свинцом на поверхности кластических золотин и последующего диффузионного метасоматоза. При этом подавляющая часть самородно-металлических фаз приходится на область Au_2Pb – Au_3Pb , к которой приурочен минерал хунчунит.

Ключевые слова: **речные россыпи, аутигенные минералы, келифитовые каймы, хунчунит, ануит**

A.F. KHAZOV, V.I. SILAEV, V.N. FILIPPOV. AUTIGENIC MINERALIZATION IN RIVER PLACERS AS A NATURAL SCIENTIFIC PHENOMENON

New data on autigenic mineralization in the Urals gold-platinum river placers, presented by gold films passively growing on fragmental golds, and kelifite edges metasomatically replacing them is given. Gold films possess spongy microstructure, as an impurity to gold in them act phases of mixed Au-Pb composition, native copper, Au-bearing galenite and Au-Ag-Pb-Fe hydroxylbromides revealed for the first time. Zone kelifite edges are built of continuously varying in composition Au-Pb substitutional solid solutions formed as a result of ionic exchange of gold by lead on the surface of clastic golds and subsequent diffusion metasomatism. At that overwhelming part of native-metal phases falls within the area Au_2Pb – Au_3Pb for which the mineral hunchunite is dated.

Key words: **river placer, autigenic minerals, kelifite edges, hunchunite, anyuinite**

Феномен «нового», т.е. аутигенного самородного золота, образованного *in situ* в зонах окисления золотоносных рудных месторождений, корях выветривания, аллювиальных россыпях и горных отвалах был открыт еще в конце XIX в. [1-3]. Однако это пока мало повлияло на теорию рудообразования и практику прогноза, поисков и оценки золоторудных месторождений. До последнего времени не достигнуто полной ясности даже в отношении масштаба проявления такой минерализации в природе. У специалистов все еще сосуществуют взаимно исключаящие мнения как о «неоправданном преувеличении роли процессов перегруппировки и вторичного концентрирования золота» [4-7], так и, напротив, о весьма широком развитии этих процессов вплоть до образования промышленных концентраций [8-15].

Проведенные нами исследования показали, что в уральских золотоплатиновых россыпях продуктивная минерализация практически всегда присутствует в двух фациях – *кластогенной* и *аутигенной*. Первая из этих минерализаций наблюдается в виде окатанных обломочных частиц самородного золота и платиноидов, а вторая представлена золотыми пленками, пассивно нарастающими на

обломочные частицы, и келифитовыми каймами, метасоматически замещающими кластические золотины [16-20].

Для изучения наложенных пленочных и каемочных минерализаций использовался растровый электронный микроскоп JSM-6400, оснащенный спектрометром фирмы «Link» с дисперсией по энергиям (программное обеспечение ISIS 300) и спектрометром фирмы «Microspec» с дисперсией по длинам волн. Эталоном послужили химически чистые металлы, FeS_2 , PbTe и KBr.

Аутигенные пленки и микрокорки покрывают поверхность обломочных частиц как горных пород, так и самых разных минералов, включая и собственно обломочные золотины (рис. 1, а-б). По степени покрытия поверхности золотые пленки подразделяются на фрагментарные со степенью покрытия 15–50 % и сплошные. Фрагментарные пленки зафиксированы на окатанных и полуокатанных зернах магнетита, титаномагнетита, кварца, силицидов железа и мелких обломках горных пород – железистых кварцитов, слюдисто-кварцевых сланцев. Сплошные пленки наиболее характерны именно для кластогенных золотин. Зависимости

между степенью окатанности обломочных частиц и степенью их покрытия золотыми пленками не установлено. Толщина пленок варьирует в широких пределах от единиц до 100 мкм. В результате цементации обломочных частиц золотыми пленками образуются своеобразные агглютинатоподобные гломероагрегаты размером от 0.5 до 6 мм (рис. 1, в).

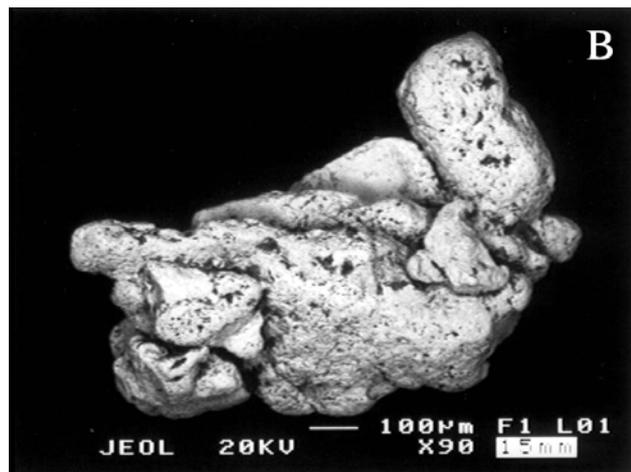
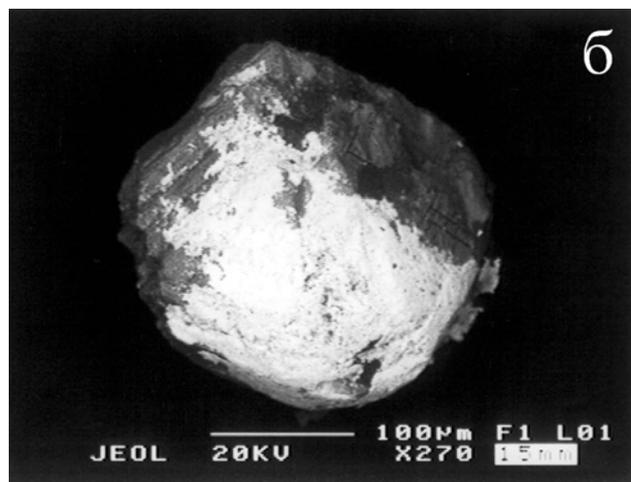
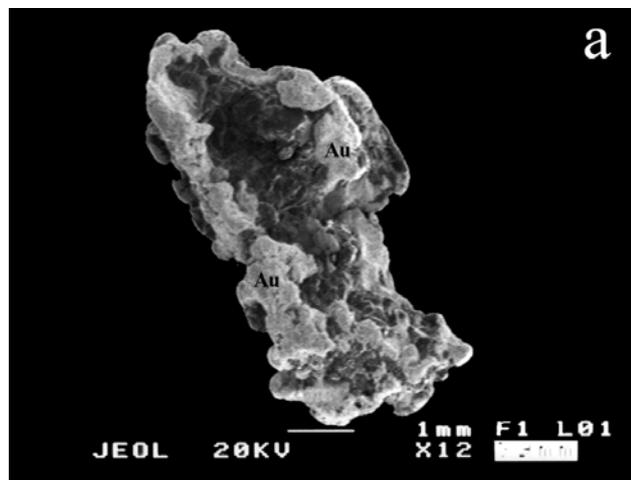


Рис. 1. Микрокорка (а), пленка (б) и пленочно-контактный цемент (в) самородного золота на обломочных частицах в золотоплатиновой аллювиальной россыпи Среднего Урала. РЭМ-изображения в режимах вторичных (а) и упруго-отраженных (б, в) электронов.

В растровом электронном микроскопе золотые пленки характеризуются необычным для мине-

ральных образований губчатым и кораллоподобным микростроением (рис. 2, а). Это обусловлено рыхлой ажурно-сетчатой агрегацией глобулярных, гантеле- и палочковидных индивидов самородного золота размером от 100 нм до 1 мкм (рис. 2, б). По

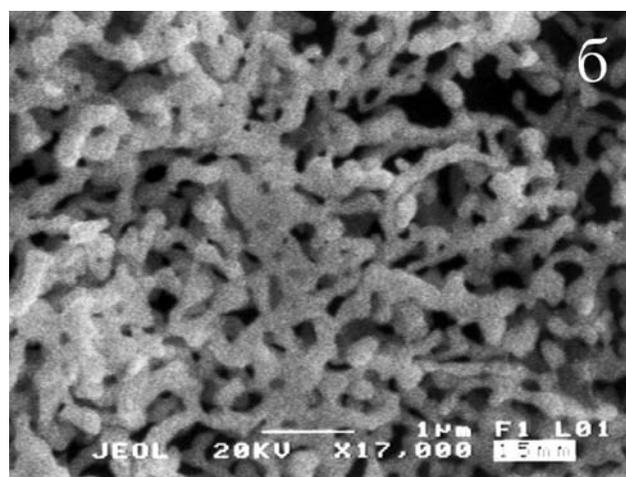
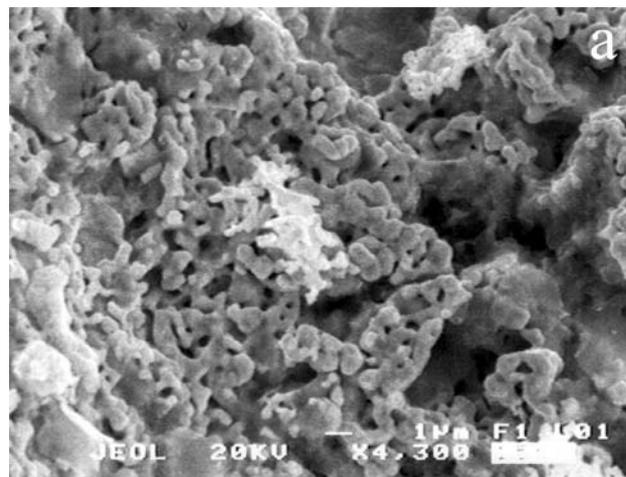


Рис. 2. Губчатое микростроение золотой пленки (а) и ажурно-сетчатый характер агрегации в ней глобулярных, гантеле- и палочковидных индивидов самородного золота (б). РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов.

своей морфологии упомянутые индивиды далеки от кристаллографических форм, но весьма похожи на биогенные микрообразования. В поперечных разрезах видно, что пленки пассивно покрывают поверхность обломочных частиц, облекая неровности субстрата. Границы между пленками и обломочными частицами весьма резкие без малейших признаков постепенного перехода. Кроме того, в поперечных разрезах заметно, что золотые пленки не только снаружи, но и внутри сложены ажурно-сетчато агрегированными глобулярными и палочковидными индивидами размером 200-400 нм. В интерстициях сросшихся обломочных частиц пленки утолщаются до 1.5 мкм, приобретая при этом значительную пористость. Размер пор в них варьирует в интервале от 200 нм до 30 мкм.

Как показали исследования, примесь к самородному золоту в пленках выступают фазы смешанного Au-Pb состава, самородная медь, золото-содержащий галенит и впервые выявленные нами Au-Ag-Pb-Fe гидросибромиды [16-18]. Все эти об-

разования нарастают как на золотые пленки, так и непосредственно на поверхность обломочных частиц. Самородно-металлические фазы представлены частицами неправильной формы и субмикронного размера, галенит – глобулами или ограничивающимися кристаллитами размером 0.3-1 мкм. Гидроксидбромиды наблюдаются в виде одиночных или агрегированных индивидов бруско-, палко-, стебле- и даже нитевидной форм (рис. 3). Размер этих индивидов колеблется от 0.5×4 до 5×50 мкм. Коэффициент удлинения достигает 20.

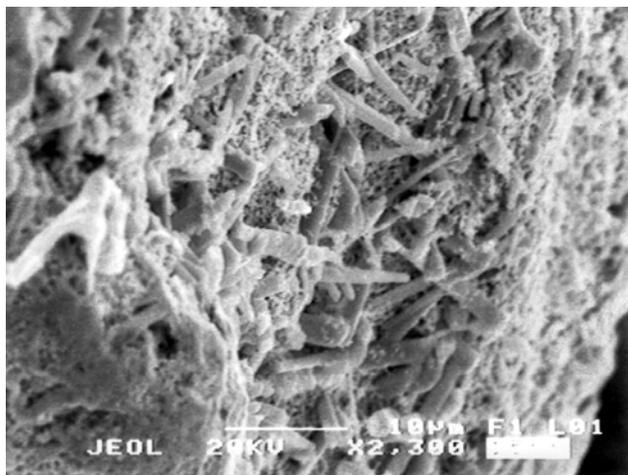


Рис. 3. Морфология индивидов гидроксидбромидных фаз, нарастающих на пленочное золото. РЭМ-изображения в режиме вторичных электронов.

Согласно полученным данным, пленочное самородное золото аутигенного происхождения в сравнении с обломочными золотидами характеризуется меньшим содержанием примесей и большей химической однородностью [18]. Его проба колеблется в интервале 950-1000 ‰, что превышает пробу кластогенных золотинов на 120-150 ‰. Примеси в золотых пленках представлены серебром, медью и практически отсутствующими в обломочных золотидах свинцом, железом и ртутью. Максимальное содержание последней достигает 16 мас. %, что почти соответствует ее пороговым концентрациям в золотых амальгамах. При этом ртуть в пленках обратно коррелируется не с Ag, как это обычно бывает в случае эндогенных золотинов, а с Au.

Наиболее близкими парагенетическими спутниками аутигенного золота являются самородная медь состава $Cu_{0.88-0.91}Fe_{0.06-0.07}Au_{0-0.01}S_{0.02-0.04}$, самородный свинец и золото-свинцовые интерметаллиды состава AuPb и $(Au,Ag)Pb_2$. Последняя из упомянутых фаз по своей стехиометрии отвечает, очевидно, анюйиту. Анализ фазово-гомогенных глобулярно-кристаллитных форм сульфида свинца приводит к выводу о том, что они являются твердым раствором серебристого золота в галените. Состав таких твердых растворов можно представить как смесь галенита (48–69 мол. %) и неупорядоченной металлической фазы $Au_{0.64-0.9}Ag_{0-0.15}Pb_{0.05-0.19}Fe_{0-0.09}$ (31–52 мол. %). Среди пленочных гидроксидбромидов установлены как смешанные свинцово-серебряные и свинцово-железные,

так и практически монометаллические – свинцовые, серебряные и железные (табл. 1).

Келифитовые каймы золото-свинцовых интерметаллидов выявлены нами впервые. Ранее считалось, что аутигенные золото-свинцовые соединения образуются в речных россыпях только в форме пленок и микрокорок, пассивно нарастающих на обломочные золотины [21-23] при активном участии в минералообразовании микроорганизмов [24-26]. Однако проведенные нами исследования показали, что такого рода фазы могут образовываться и в результате диффузионно-метасоматического замещения, вероятно, не требующего микробиальной стимуляции.

В настоящее время в системе Au-Pb известны шесть стехиометрических соединения, синтезированные расплавленным [37] и механохимическим [28] способами: кубические – Au_3Pb , Au_2Pb , AuPb и тетрагональные – Au_3Pb_4 , $AuPb_2$, $AuPb_3$. Большинство этих соединений – не очень устойчивы, подвергаясь при нормальных и даже отрицательных температурах экссолюции с образованием, с одной стороны, стабильных фаз, близких по составу к Au_2Pb и $AuPb_2$, а с другой, самородных металлов – соответственно свинца и золота [28]. Почти все упомянутые выше стехиометрические золото-свинцовые интерметаллиды выявлены в виде собственных минералов, наиболее известными из которых являются тетрагональный (дитетрагонально-дипирами-дального в. с.) *анюйит* Au_2Pb и кубический (гексоктаэдрического в. с.) *хунчунит* $AuPb_2$ [22]. Кроме того, в последние годы в рудных месторождениях открыты еще два минеральных вида, а именно, неназванный интерметаллид состава $Au_3(Pb,Sb)_4$ [29] и *новоднеприт* $AuPb_3$ [30].

Проведенные нами исследования показали, что в ряде речных россыпей Урала не малым распространением пользуются обломочные золотины с наложенными каймами золото-свинцового состава, толщина которых колеблется от 100 до 500 мкм. Согласно наблюдениям в РЭМ, такие каймы имеют резкие границы, существенно отличаясь от обломочных золотинов как строением, так и составом. При этом каймы отчетливо подразделяются на две микрозоны – внутреннюю свинцово-серебряно-золотую, непосредственно граничащую с золотиной, и внешнюю серебряно-золото-свинцовую (рис. 4, а). Особенностью внешней зоны является присутствие в ней идиоморфных метакристаллов октаэдрического вида, судя по сечениям габитуса (рис. 4, б). По размеру они колеблются в диапазоне от 10 до 50 мкм. В целом, картина локализации метакристаллов в золото-свинцовой микрозоне исследуемых келифитовых кайм весьма похожа на выявленные и описанные ранее В. В. Мурзиным микроструктуры выделений хунчунита в матриксе анюйита [22].

Из наших наблюдений следует, что в обломочных золотидах с каймами развивается явно вторичная микропористость, скорее всего, свидетельствующая о выносе из них части вещества. Внутренняя зона кайм выглядит более плотной, а внешняя – вновь обнаруживает пористость, возникновение которой здесь обусловлено образованием метакристаллов. Кроме того, во внешней микрозоне выявляются реликты внутренней микрозоны (рис. 4, в)

Таблица 1

Химический состав (мас. %) и условная стехиометрия гидроксидбромидов, нарастающих на золотые пленки в золотоплатиновых россыпях

Параметры	Au	Ag	Pb	Hg	Cu	Fe	Mn	S	Br	ОН*	Эмпирические формулы
Свинцовые											
\bar{X}	11.13	Не обн.	51.6	Не обн.	0.17	4.56	0.02	0.08	30.35	2.09	$(Pb_{0.81-1}Cu_{0-0.18})Br_{1.22-2}(OH)_{0-0.78}$
$S\bar{x}$	18.81		12.93		0.73	5.91	0.1	0.25	8.49	1.84	
$V\bar{x}, \%$	169		25		429	130	500	312	28	88	
Свинцово-серебряные											
\bar{X}	21.35	18.82	30.82	0.19	Не обн.	0.51	Не обн.	0.23	25.42	2.61	$(Ag_{0.3-0.86}Pb_{0.14-0.7}Hg_{0-0.05}Cu_{0-0.02})Br_{0.11-1.68}(OH)_{0.14-1.67}$
$S\bar{x}$	19.95	8.15	10.18	0.5		0.85		1.08	11.93	1.85	
$V\bar{x}, \%$	93	43	33	263		167		470	47	71	
Серебряные											
\bar{X}	35.03	46.83	0.81	0.45	Не обн.	0.1	Не обн.	Не обн.	11.78	5	$(Ag_{0.95-1}Pb_{0-0.05}Hg_{0-0.02})Br_{0.16-0.74}(OH)_{0.26-0.89}$
$S\bar{x}$	13.7	11.23	1.11	0.59		0.23			6.28	2	
$V\bar{x}, \%$	39	24	137	131		230			53	40	
Железные											
\bar{X}	0.78	Не обн.	4.93	Не обн.	8.39	24.89	3.14	0.51	32.23	16.36	$(Fe_{0.67-0.69}Pb_{0.01-0.08}Mn_{0.01-0.21}Cu_{0.02-0.31})Br_{0.34-1.06}(OH)_{0.94-1.66}$
$S\bar{x}$	1.1		4.96		11.04	8.3	3.72	0.71	13.63	8.04	
$V\bar{x}, \%$	141		101		132	33	118	139	42	49	
Свинцово-железные											
\bar{X}	Не обн.	Не обн.	37.42	Не обн.	Не обн.	2.16	15.48	0.25	32.82	10.63	$(Fe_{0.52-0.61}Pb_{0.31-0.82}Mn_{0.01-0.02}Cu_{0-0.16})Br_{0.59-1.16}(OH)_{0.84-1.41}$
$S\bar{x}$			10.53			2.18	3.16	0.22	4.78	4.64	
$V\bar{x}, \%$			28			89	20	88	15	44	

Примечания. \bar{X} – среднее арифметическое, $S\bar{x}$ – среднее квадратическое отклонение, $V\bar{x}$ – коэффициент вариации.

Таблица 2

Химический состав (мас. %) обломочных золотинок и развивающихся по ним келифитовых кайм

Параметры	Au	Pb	Ag	Hg	Sn	Cu	Fe	Sb	As	S	Проба, ‰	Формула
Обломочная золотина под келифитовой каймой												
\bar{X}	96.18	0.05	3.76	Не обн.	962	$Au_{0.9-0.99}Ag_{0.01-0.1}Pb_{0-0.01}$						
$S\bar{x}$	1.57	0.23	1.64	То же	16							
$V\bar{x}, \%$	1.6	460	44	То же	1.66							
Микрозона внутренняя, свинцово-серебряно-золотая												
\bar{X}	83.73	0.83	15.43	Не обн.	837	$Au_{0.67-0.79}Ag_{0.1-0.28}Pb_{0-0.02}$						
$S\bar{x}$	3.17	1.07	3.58	То же	32							
$V\bar{x}, \%$	4	129	23	То же	4							
Микрозона внешняя, серебряно-золото-свинцовая												
\bar{X}	55.30	42.62	0.61	0.05	0.21	0.03	0.64	0.1	0.33	0.05	552	$Au_{0.03-0.81}Pb_{0.13-0.91}Ag_{0-0.24}Hg_{0-0.03}Fe_{0-0.42}Cu_{0-0.03}Sn_{0-0.12}Sb_{0-0.12}As_{0-0.29}S_{0-0.09}$
$S\bar{x}$	21.13	19.97	2.26	0.27	1.11	0.16	2.6	0.42	1.94	0.25	211	
$V\bar{x}, \%$	38	47	370	540	529	533	406	420	588	500	38	
Метакристаллы												
\bar{X}	68.82	30.5	0.61	Не обн.	688	$Au_{0.34-0.85}Pb_{0.15-0.32}Ag_{0-0.02}$						
$S\bar{x}$	5.27	5.05	0.61	То же	53							
$V\bar{x}, \%$	8	17	100	То же	8							

Примечания. \bar{X} – среднее арифметическое, $S\bar{x}$ – среднее квадратическое отклонение, $V\bar{x}$ – коэффициент вариации.

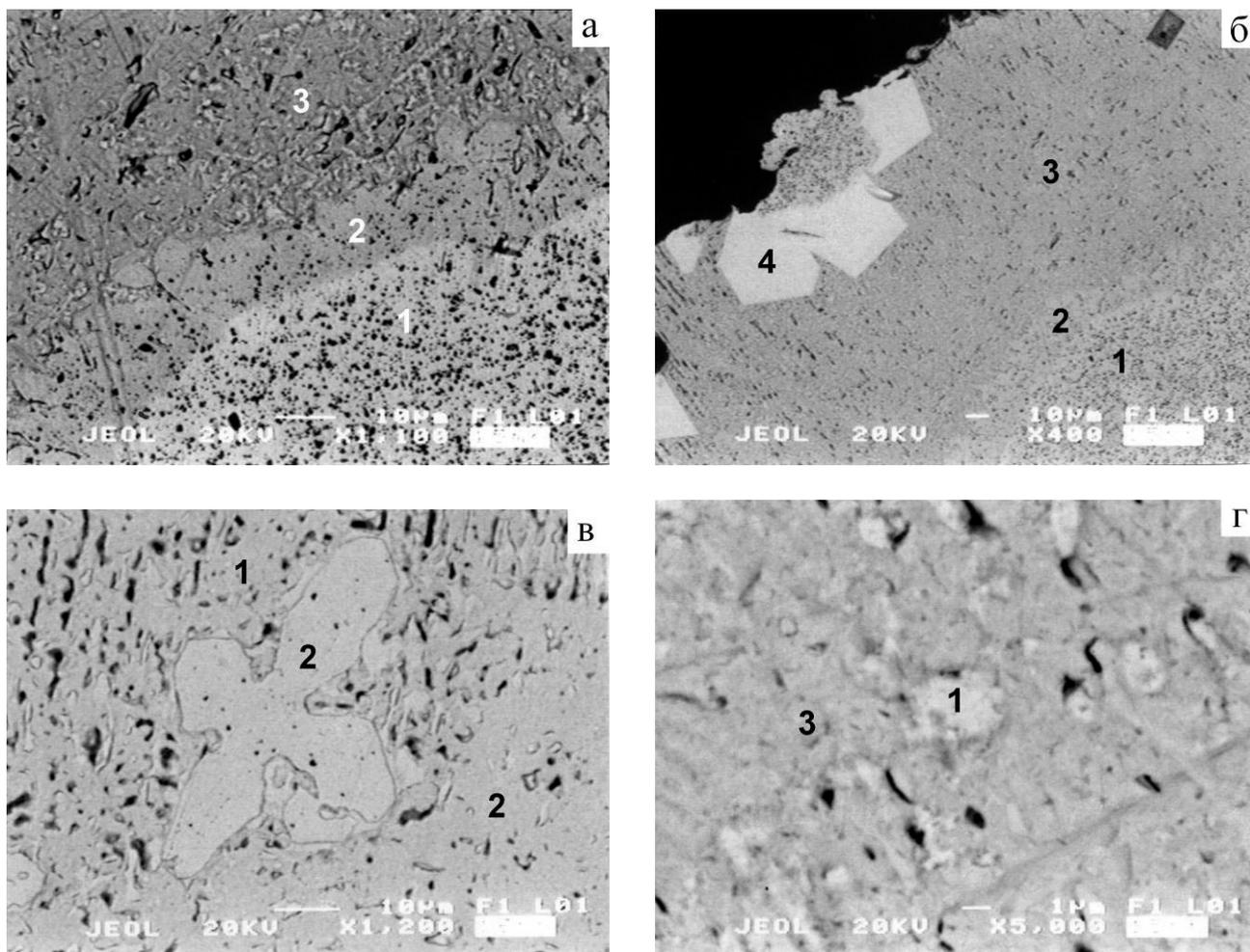


Рис. 4. Строение золото-свинцовых келифитовых кайм на обломочных золотилах. На а и б: 1 – золотила; 2, 3 – внутренняя Pb-Ag-Au (2) и внешняя Ag-Au-Pb (3) микрозоны каймы; 4 – метакристаллы. На в и г реликты Pb-Ag-Au микрозоны (в) и первичной золотины (г) во внешней Ag-Au-Pb микрозоне. РЭМ-изображения в режиме упруго-отраженных электронов.

и даже первичных золотинов (рис. 4, г). Все это мы расцениваем как прямое указание на развитие исследуемых золото-свинцовых кайм в ходе диффузионно-метасоматического замещения обломочных золотинов.

Результаты электронно-микроскопических и рентгеноспектральных микрозондовых исследований приводят к следующим выводам.

Собственно *золотины* под келифитовыми каймами отвечают весьма высокопробному золоту, превосходя золотины без кайм по пробе, как минимум, на 15–70 ‰ (табл. 2). Примеси в них представлены практически только серебром. Спорадически регистрируемый свинец отражает, вероятно, дистальное влияние келифитизации. Все это, очевидно, указывает на модифицированность их состава.

Внутренняя Pb-Ag-Au микрозона келифитовых кайм соответствует умеренно высокопробному (средне-пробному) золоту, уступая первичным золотилам в среднем 110–120 ‰. Главной особенностью этой микрозоны является повышение в ней в три-пять раз содержания серебра, не опускающегося ниже 12 мас. %. Примесь свинца распределена здесь неравномерно (частота встречаемости – около 40 ‰), не превышая 3 мас. %. Согласно расчетам, свинец во внутренней микрозоне обратно кор-

релируется с золотом ($r = -0.97$), но прямо с серебром ($r = 0.41$). Следовательно, образование внутренней зоны происходило путем замещения золота не только серебром, но и свинцом при резком преобладании первого.

Внешняя Ag-Au-Pb микрозона келифитовых кайм широко варьирует по составу, отвечая интервалу от низкопробного до весьма низкопробного золота. Это обусловлено аномальным ее обогащением именно свинцом. Крайние по этому признаку составы здесь практически отвечают самородному свинцу. Частота встречаемости примеси серебра не превышает 25 %. В качестве других примесей выступают в порядке снижения частоты встречаемости Fe, Sb, Cu, Hg, Sn, As, S. Свинец во внешней микрозоне обратно коррелируется с Au ($r = -0.98$) и Ag ($r = -0.17$), но, напротив, прямо связан с железом, сурьмой и мышьяком ($r = 0.20-0.31$). Из этого можно понять, что при образовании внешней микрозоны происходило замещение свинцом не только золота, но и серебра.

Ag-Pb-Au метакристаллы характеризуются гораздо более устойчивым составом, отвечающим низкопробному золоту. Содержания золота, свинца и серебра в них близки к средним данным для внешней микрозоны келифитовых кайм. При этом в

собственно метакристаллах серебро встречается в два раза чаще, чем во вмещающей метакристаллы микроне. Другие элементы-примеси в них не выявлены. Свинец в метакристаллах обратно коррелируется с золотом ($r = -0.99$), но прямо с серебром ($r = 0.24$). Следовательно, в рассматриваемом случае свинец и серебро замещали золото комбинативно.

Таким образом, состав келифитовых золото-свинцовых кайм, развивающихся на обломочных золотилах, в целом варьирует в очень широких пределах, перекрывая почти весь диапазон возможных составов золото-свинцовых соединений (рис. 5). Следует напомнить, что на вероятность этого мы указывали и ранее при описании золотых пленок [18]. В рассматриваемых каймах распределение соответствующих соединений по Au-Pb диапозону является очень неравномерным, что, очевидно, связано с различной устойчивостью золото-свинцовых смесей. Подавляющая часть составов приходится на область Au_2Pb-Au_3Pb , к которой приурочен минерал хунчунит, лишь сравнительно недавно найденный и в российских месторождениях [22]. Судя по нашим данным, стремление к хунчунитовой стехиометрии особенно характерно для метакристаллов.

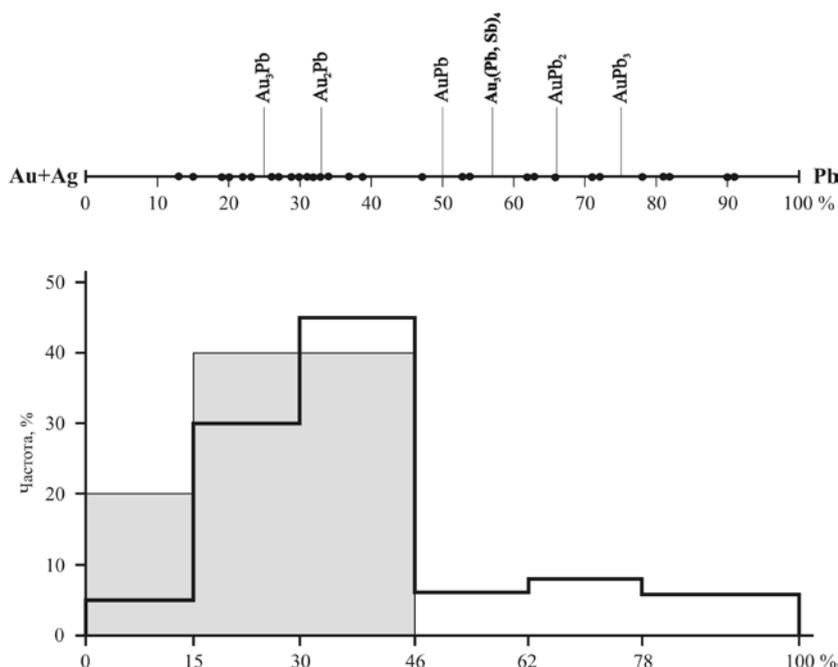


Рис. 5. Диапазон варьирования состава (вверху) и распределение по составу (внизу) золото-свинцовых твердых растворов. Линия – вся совокупность данных, заливка – данные по метакристаллам.

Обобщение экспериментальных данных приводит нас к следующему заключению.

Выявленные на обломочных золотилах микроне зональные келифитовые каймы сложены практически непрерывно варьирующими по составу металлическими твердыми растворами замещения, возникшими, вероятно, в результате ионного обмена и последующего диффузионного метасоматоза. Наложение кайм на явно механически изношенные золотины и притом их идеальная сохранность свидетельствуют, во-первых, об аутигенном их проис-

хождении, а во-вторых, об образовании в сугубо экзогенных условиях.

Судя по зональности кайм, ионообменное вытеснение золота из первичных золотин происходило сначала преимущественно серебром (образование внутренней Pb-Ag-Au микроне зоны), а затем сменилось вытеснением золота и серебра свинцом (образование внешней Ag-Au-Pb микроне зоны). Формирование внешней микроне зоны сопровождалось образованием в ней метакристаллов, наиболее стехиометричных и практически лишенных примесей.

Вариации состава выявленных золото-свинцовых с примесью серебра твердых растворов перекрывают весь диапазон возможных составов соответствующих интерметаллидных соединений. При этом подавляющая часть самородно-металлических фаз приходится на область Au_2Pb-Au_3Pb , к которой приурочен минерал хунчунит. Степень стехиометричности золото-свинцовых фаз изменяется в согласии с реконструированной последовательностью келифитизации, возрастая при переходе от внутренней свинцово-серебряно-золотой микроне зоны к внешней серебряно-золото-свинцовой микроне и далее к метакристаллам. Очевидно, что этот тренд вполне адекватно отражает естественную для твердых растворов тенденцию к упорядочению.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта УрО РАН с СО и ДВО РАН №09-И-5-2002.

Литература

1. *Liversidge A.* The Crystalline of gold and platinum nuggets // R. Soc. N. S. W., J. Proc., 1893. P. 303-343.
2. *Петровская Н.В.* Морфология и структура «нового» золота // Доклады АН СССР, 1941. № 6. С. 424-426.
3. *Яблокова С.В.* Геология россыпей. М.: Наука, 1965. С. 152-155.
4. *Альбов М.Н.* Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 150 с.
5. *Альбов М.Н.* Закономерности распределения золота в зоне гипергенеза жильных месторождений // Геология, поиски и разведка рудных месторождений, 1973. Вып. 1. С. 81-90.
6. *Петровская Н.В.* Золотые самородки. М.: Наука, 1993. 191 с.
7. *Новгородова М.И., Генералов М.Е., Трубкин Н.В.* Новое золото в корях выветривания Южного Урала (Россия) // Геология рудных месторождений, 1995. Т.37. № 1. С. 40-53.
8. *Росляков Н.А.* Геохимия золота в зоне гипергенеза. Новосибирск: Наука, 1981. 237 с.
9. *Попенко Г.С.* Минералогия золота четвертичных россыпей Узбекистана. Ташкент: ФАН, 1982. 114 с.

10. Mann A.W. Mobility of gold and silver in weathering profiles: Some observations from Western Australia // *Econ. Geol.*, 1984. Vol.79. No 1. P. 38-49.
11. Dominidue M. Concentration of gold in situ laterites from Mato Grosso // *Miner. Deposita*, 1987. Vol.22. No 3. P. 185-189.
12. Bhaskara Rao A. Lateritic gold project // *Chem. Geol.*, 1987. Vol.60. No 1. P. 293-298.
13. Росляков Н.А., Нестеренко Г.В., Калинин Ю.А. и др. Зональность кор выветривания Салаи-ра. Новосибирск: НИЦ ОИГТМ, 1995.
14. Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Прудников С.Г. Золотоносные коры выветривания юга Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во ГЕОС, 2006. 366 с.
15. Хазов А.Ф., Петровский Д.В. Генетические особенности гипергенно-модифицированного золота в корях выветривания // Доклады РАН, 2007. Т.416. № 4. С. 533-537.
16. Силаев В.И., Хазов А.Ф., Чайковский И.И., Филиппов В.Н. «Живая» россыпь на реке Большой Шалдинке // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН/ 2005. № 9. С. 4-9.
17. Большешалдинская россыпь на Среднем Урале: феномен аутигенеза самородного золота и свинцово-серебряных гидроксил бромидов / В.И.Силаев, М.В.Мальцева, В.Н.Филиппов, И.И.Чайковский // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы научных чтений памяти П.Н. Чирвинского. Вып. 7. Пермь: Изд-во ПГУ, 2005. С. 52-71.
18. Наумов В.А., Силаев В.И., Чайковский И.И. и др. Золотоносная россыпь на реке Большой Шалдинке на Среднем Урале. Пермь: Изд-во ПГУ, 2005. 92 с.
19. Силаев В.И., Хазов А.Ф., Сокерин М.Ю. Гипергенно-экзогенное минерало- и рудообразование в мезокайнозой Урала и Приуралья. Сыктывкар: Геопринт, 2006. 95 с.
20. Хазов А.Ф., Силаев В.И., Филиппов В.Н. Аутигенез золото-свинцовых интерметаллидов в «живой» золотоплатиновой россыпи // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского. Пермь: Изд-во ПГУ, 2008. Вып. 11. С. 15-26.
21. Вознесенский С.Д., Золотова В.Г. Современное минералообразование в золотой россыпи // Записки ВМО, 1986. Ч. 115. № 3. С. 301-310.
22. Мурзин В.В., Бушмакин А.Ф., Сустанов С.Г. Хунчуньит Au₂Pb из россыпи р. Восточный Шишим (Средний Урал) // Уральский минералогический сборник, 1996. № 6. С. 96.
23. Рождествина В.И. Криотемпературный генезис благородных металлов // Кристаллогенезис и минералогия: Материалы II Международной конференции. СПб.: Изд-во С.-Пе-терб. ун-та, 2007. С. 121-123.
24. Куимова Н.Г., Жилин О.В. Биогенная кристаллизация ионного золота микромицетами // Доклады РАН, 2002. Т.386. № 6. С. 809-812.
25. Куимова Н.Г., Моисеенко В.Г. Биогенная минерализация золота в природе и эксперименте // Литосфера, 2006. № 3. С. 83-95.
26. Куимова Н.Г., Рогулина Л.И., Моисеенко В.Г. К вопросу генезиса интерметаллических соединений золота и свинца в россыпях // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия: Материалы IV Международного семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 224-226.
27. *Thermodynamic Properties of Inorganic Materials. Landolt-Börnstein — Group IV Physical Chemistry. 2007. Vol.19B5. Binary Systems. Part 5: Binary Systems Supplement 1.*
28. Вол А.Е., Каган И.К. Строение и свойства двойных металлических систем. Т.3. М.: Наука, 1976. 816 с.
29. Евстигнеева Т.Л., Трубкин Н.В., Рамдор Р. Письмо в редакцию // Вестник Отделения наук о Земле РАН, 2003. № 1 (21). С. 16-18.
30. Dyusembaeva K.S., Levin V.L., Kotelnikov P.E. et al. *Canadian Mineralogist*, 2007. Vol.45. P. 1277-1281.

ОСОБЕННОСТИ НАФТИДОГЕНЕЗА В ТИМАНО-ПЕЧОРСКОМ НЕФТЕГАЗОНОСНОМ БАССЕЙНЕ

С.С. КЛИМЕНКО, Л.А. АНИЩЕНКО

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

В разрезе пород выделены нефтематеринские, нефтегазоматеринские и газоматеринские породы (богатого, среднего и низкого потенциалов). Органические вещества пород испытали различные палеотемпературные воздействия. Выделены территории развития зоны главной фазы нефтегенерации, стадий МК₃-МК₅ и МК₅-АК₃. В процессе реализации УВ потенциала сформированы различные эволюционные типы углеводородных систем силурийских, нижнедевонских толщ, терригенного девона и доманика. Залежи нефти могут быть обнаружены в платформенных впадинах, газовые и газоконденсатные – в авлакогене и Предуральском прогибе.

Ключевые слова: Тимано-Печора, нафтидогенез, нефтегазоносный бассейн, углеводородные системы, катагенез

S.S. KLIMENKO, L.A. ANISHCHENKO. FEATURES OF EVOLUTION OF NAPHTHIDE GENESIS OF TIMAN-PECHORA BASIN

In a cut of rocks are allocated oil sources, oil-gas sources and gas sources rocks (rich, average and low potential). The organic matter of the rock have tested various paleotemperature influences. Territories of development of zone "oil window", catagenetic stages of МК₃-МК₅ and МК₅-АК₃ are allocated. During realization of hydrocarbon potential various evolutionary types of hydrocarbonic systems of Silurian, Early Devonian, terrigenous Devonian and Domanic rocks are generated. Deposits of oil can be found out in platform trough, gas and gas-condensate in avlakogene and the PreUral foredeep.

Key words: Timan-Pechora, naphthide genesis, petroleum basin, hydrocarbon systems, maturity

Введение

Тимано-Печорский нефтегазоносный бассейн расположен в северо-восточной части Европейской платформы и по структурно-тектоническому положению относится к окраинно-плитной структуре перед Новоземельско-Уральским складчатым поясом. По эволюционному развитию принадлежит к группе гетерогенных осадочных бассейнов. Он сформировался на фрагментах фундамента позднекембрийского бассейна в краевой части эпибайкальской плиты. Именно это определило активный унаследованный тектонический режим развития Тимано-Печорского осадочного бассейна.

Нефтегазоносность осадочных толщ зависит от многих факторов, определяющими среди которых являются соотношения во времени и пространстве процессов нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции. Эти процессы во многом контролируются эволюцией осадочно-породных бассейнов, отвечающей за распределение в разрезе основных «формирующих» нефтегазоносных элементов: генерирующих толщ, коллекторов, способных аккумулировать углеводороды, и флюидоупоров, которые в состоянии удерживать их скопления.

Как показали проведенные исследования палеозойских отложений Тимано-Печорского осадочного бассейна, составы нефтей и газов несут чет-

кую геохимическую информацию о биофациальных условиях накопления органического вещества и термической зрелости углеводородов. Широкое распространение отложений с потенциальными коллекторскими свойствами в палеозойском разрезе Тимано-Печорского осадочного бассейна, разнообразие их нефтегазогенерирующего потенциала и распределения в них природных резервуаров, зависимость от их строения продуктивности зон и районов нефтегазоаккумуляции определили аспекты данной работы.

Геолого-структурная характеристика Тимано-Печорского осадочного бассейна

Тимано-Печорский осадочный бассейн структурно принадлежит к погруженной северо-восточной части Европейской платформы. В континентальной своей части он составляет площадь около 320 млн км², а объем осадочных пород – 1.8 млн. км³ [1]. В его пределах выделяются крупнейшие региональные структуры первого порядка: Тиманская гряда, Печорская синеклиза, Предуральский краевой прогиб и западная мегазона Урала, включающая Северный, Приполярный и Полярный Урал (рис. 1). Складчатое позднекембрийское основание выходит на дневную поверхность только в сводах поднятий на Канино-Тиманской гряде.

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ КАРТА ПЕЧОРСКОЙ ПЛИТЫ

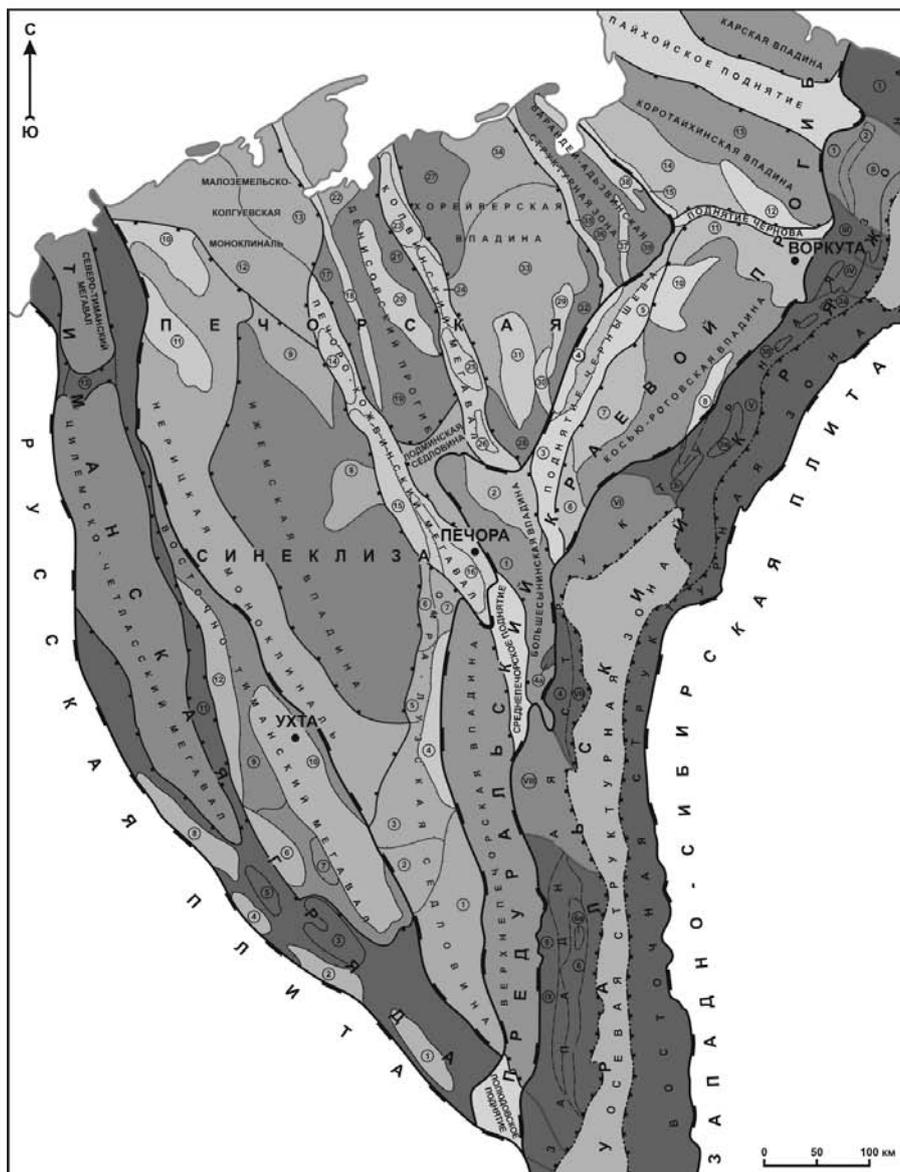


Рис. 1. Структурно-тектоническое районирование Тимано-Североуральского региона (по: Тектоническая карта, 1985; Малышев, 2002).

де, Урале, Пай-Хое и южном острове Новой Земли. В бассейновой части фундамент вскрыт скважинами на глубинах от 0.5 км (восточный склон Тимана) до 4.5-5.0 км (север Печорской синеклизы). Платформенный чехол Тимано-Печорского бассейна имеет весьма непостоянную мощность, изменяющуюся от 10–14 км во впадинах Предуральского краевого прогиба до 4–7 км в центральных частях впадин Печорской синеклизы. На сводах и поднятиях мощность чехла обычно не превышает 3–4 км, а на Тиманской гряде и в осевой зоне Урала за счет глубокого эрозионного среза она сокращена до нуля [1].

В строении платформенного чехла Тиманской гряды участвуют отложения от лландоверийского до татарского яруса включительно, мощность которого изменяется от 0 до 2 км. На Южном и Среднем Тимане распространены отложе-

ния среднего-верхнего девона с покровами базальтов. Со стратиграфическим несогласием их перекрывают визейско-нижнепермские отложения. В отдельных впадинах развиты верхнепермские породы, а мезозойские образования обнаружены лишь на склонах гряды [2]. В структуре Печорской синеклизы платформенный чехол имеет наиболее полный и мощный разрез в северной и северо-восточной частях синеклизы. Общая мощность платформенного чехла изменяется от 0.8 км на Седухинском валу до 7.5–8 км на севере Колвинского мегавала. Разрезы осадочного чехла от ордовика до кайнозоя, вскрытого буровыми скважинами, представлены широким фациальным спектром отложений: от континентальных песчаников и глин, лагунных эвапоритов, прибрежно-морских песчаников и глин до морских мелководных и относительно глубоководных известняков, глин и силицитов. Карбонатные породы нижнего и верхнего палеозоя включают многочисленные месторождения нефти и газа. В пределах Предуральского краевого прогиба по морфологии структур практически на всем протяжении выделяются внешняя (западная) и внутренняя (восточная) структурные зоны, разделенные Главным Приуральским надвигом [3]. По поверхности додоманиковых и нижнепермских отложений

Предуральский краевой прогиб представляет собой серию впадин, разделенных поперечными поднятиями, в которых, как правило, орогенные формации эродированы. Разрез осадочного чехла мощностью до 10–14 км представлен отложениями континентальными, лагунными, морскими мелководными и глубоководными. Внешняя зона включает месторождения нефти и газа. Западно-Уральская мегазона представляет собой сложно дислоцированную восточную окраину перикратонного опускания, перекрытую аллохтонами, сложенными глубоководными комплексами. Мощности палеозойского карбонатного осадочного чехла в этой мегазоне существенно больше, чем в краевом прогибе.

При изучении строения осадочного чехла Тимано-Печорского осадочного бассейна методами сейсмостратиграфии был выявлен ряд важных сейсмических отражающих горизонтов, позво-

ляющих достаточно корректно проводить корреляцию палеозойских и мезозойских образований [4]. Одним из наиболее важных и динамически хорошо выраженных является отражающий горизонт, разграничивающий терригенные и осадочные комплексы ордовика-среднего девона и вышележащие преимущественно карбонатные толщи верхнего девона-нижней перми (рис. 2). Этот горизонт характеризует предфранский перерыв в

нафтидогенеза УВ в различных нефтегазоматеринских толщах, миграции флюидов и переформирования залежей на заключительных этапах геологического развития Тимано-Печорского НГБ.

В истории развития ТПСБ отмечаются три периода основного накопления органического вещества – силурийский, девонский, пермский. При этом максимальные концентрации ОВ накапливались в определенных геоморфологических и лито-



Рис. 2. Сейсмический разрез через северную часть Печоро-Колвинского авлакогена (по: Малышев, 2002).

осадконакоплению, который охватывает интервал от раннего до позднего девона в пределах территорий, испытывающих воздымание в раннем-среднем девоне. Верхнепалеозойский отражающий горизонт по кровле разновозрастных карбонатных толщ карбона и перми фиксирует сейсмоакустическую поверхность по резкой смене карбонатных пород терригенными. В составе палеозойской части Тимано-Печорского осадочного бассейна выделяются несколько структурных ярусов: ордовикско-нижнедевонский, нижнедевонско-среднедевонский, франско-турнейский, визейско-нижнеартинский, верхнеартинско-триасовый [4,5]. Они характеризуются определенным набором формаций, пространственной локализацией, тектонической приуроченностью и разделены региональными перерывами и структурными несогласиями [6].

Эволюция нафтидогенеза в Тимано-Печорском бассейне

Проявление последовательно палеозойско-раннемезозойских стадий тектогенеза, палеотектонические обстановки седиментогенеза обусловили формирование гетерогенного бассейна с внутриплитными и окраинноплитными областями нефтегазоносности [7]. Современный характер нефтегазоносности и распределения залежей сформировался за счет прерывисто-непрерывных процессов

лого-фациальных зонах, в более узкие возрастные интервалы. Так максимальное накопление ОВ в силурийских толщах происходило в окраинноплитных областях и в пределах современного Полярного Урала и Пайхоя. Химический состав граптолитовых сланцев Пай-Хоя и Лемвинской зоны Урала [8] свидетельствует о том, что они относятся к высокоуглеродистым ($C_{орг}$ 3,4-6%) слитам, формирование которых происходило в глубоководных условиях. В окраинноплитных и внутриплитных областях повышенные концентрации $C_{орг}$ (3-6%) отмечены в глинистых доломитах и мергелях верхнего силура, нижнего девона, особенно в пределах отдельных впадин (Колвинская, Варандей-Адзвинская, Падимей-Ярвожская зоны). В районах, где осадконакопление происходило в приливно-отливных прибрежных условиях, концентрации $C_{орг}$ в породах понижены (<1%).

На франское время приходится формирование доманиковых и доманикоидных толщ в относительно глубоководных и прибрежно-морских, в том числе озерных (D_{3fr1}), депрессионных условиях осадконакопления в пределах палеовпадин мелководья (D_{3fr2}) и относительно глубоководного шельфа, стабильного, преимущественно карбонатного мелководного осадконакопления ($D_{3fr2-fm1}$). Наблюдается фациальная изменчивость доманиковых толщ, сопровождаемая изменением их углеводородного потенциала. В пределах развития рифогенных фаций разрез представлен органогенными

известняками, доломитами и ангидритами. Они содержат мало органического углерода ($C_{орг} < 0.5\%$) и являются бедными нефтегазоматеринскими породами (НГМП), но обладают хорошими коллекторскими свойствами. Богатые НГМП доманиковых отложений связаны с депрессионными фациями зарифовых и межрифовых впадин. В Предуральском прогибе бедные НГМП развиваются в пределах Верхнепечорского палеоподнятия. В Хорейверской впадине значительную часть ее территории занимают рифогенные фации. На юге Верхнепечорской впадины время накопления доманикоидных толщ растягивается от среднего франа до нижнего фамена включительно. На орогенном этапе развития с верхнеартинского времени в формирующемся Предуральском прогибе накапливаются огромные массы органического вещества в породах морской и угленосной молассы. Осадки, обогащенные ОВ, накапливались в болотных, озерных и лагунных условиях в пермское время.

Распространение пород, обогащенных ОВ, территориально ограничено. Локально-зональное распространение высокоуглеродистых пород ($C_{орг} > 6\%$) характерно для толщ всех стратиграфических уровней. Высокая плотность содержания ОВ распределена по площади и разрезу бассейна неравномерно. В Хорейверской впадине максимум плотности содержания ОВ приходится на O_1-D_1 и D_3-C_1 нефтегазоносные комплексы (рис.3). В пределах Ижемской впадины и Печоро-Колвинского авлакогена существенное значение приобретает терригенный девонский комплекс. В Косью-Роговской впадине максимальные плотности содержания ОВ приходятся на угленосные отложения перми (P_1-P_2). Геодинамические и литолого-фациальные условия осадконакопления в пределах всех нефтегазоматеринских толщ предопределили формирование бедных, средних, богатых и очень богатых нефтегазоматеринских пород (табл.1). Материнские породы обладают нефтяным, газовым и нефтегазовым потенциалом. К нефтематеринским толщам относятся породы ордовика, силура, нижнего девона и доманиковых фаций франа (табл.1). В них содержится преимущественно сапропелевый (I) тип ОВ с окис-ленными его разновидностями и гумусово-сапропелевый (II) с примесью гумусового (III) типа ОВ (рис.3, табл.1). Второй тип керогена (гумусово-сапропелевый) в породах встречается практически по всему разрезу, а максимум распространения отмечается в терригенных девонских толщах. Газоматеринские породы с гумусовым (III) типом ОВ доминируют в каменноугольных и пермских толщах. По величине генерационного потенциала выделяют очень бедные, бедные, средние, богатые и очень богатые НГМП. Промышленная нефтеносность обычно обеспечивается тремя последними. Средние НГМП встречаются практически по всему палеозойскому разрезу (табл.1). Богатые и очень богатые породы в окраинно-плитных областях и в пределах Печоро-Колвинского авлакогена выделены в широком стратиграфическом интервале, от силура до фамена. В стабильных зонах платформы (в Омра-Лузской седловине и Хорейверской впадине) богатые и очень бо-

гатые нефтегазоматеринские породы приурочены только к франским отложениям.

Реализация УВ потенциала в различных областях происходила неодинаково по интенсивности и времени. Отмечаются области с растянутой и сжатой по вертикали шкалой катагенеза. Притиманские области характеризуются высокими палеотемпературными градиентами и наиболее сжатой шкалой катагенеза. Максимально растянутая шкала и низкий палеотемпературный градиент ($20-25^\circ\text{C}/\text{км}$) отмечаются в центральной части Предуральского прогиба. В Хорейверской впадине палеогеотермический градиент средний ($26-30^\circ\text{C}/\text{км}$). Палеогеологические реконструкции и анализ палеопогружения и возможного палеопрогрева определенных стратифицированных уровней толщ позволили установить временную последовательность проявления начала главной фазы генерации нефти. Раннее время генерации нефти проектируется на силурийско-нижнедевонский период. Ордовикские толщи в пределах внешних зон северных впадин Предуральского прогиба в этот период достигли глубин, на которых проявляется зона нефтегенерации. Позднесилурийский очаг генерации нефти в ордовикских толщах мог проявиться локально в пределах Тэбукской ступени. Толщи ордовика на Кочмесе, Зап.Соплесе, Вуктыле вошли в зону генерации нефти в среднем-позднем девоне. В позднем девоне началась генерация нефти в тех же отложениях на Харьяге, в пределах Мичаю-Пашнинской и Варандей-Адзвинской зон. В центральной части Хорейверской впадины генерация нефти проявилась только в пермское время (Сандивейская и другие площади).

Процесс генерации нефти в силурийских толщах начался в позднедевонское время в Предуральском краевом прогибе, Печоро-Колвинском авлакогене; в пределах Мичаю-Пашнинской зоны – в каменноугольное время, на Сандивее – в позднепермское. Находки самородной серы в отложениях верхнего силура (В.Лодма), проявление твердых битумов и тяжелых смолистых нефтей на ряде площадей, контактирующих с Предуральским прогибом, свидетельствуют о додевонском формировании и разрушении нефтяных залежей. В пределах Хорейверского палеосвода формирование автохтонных залежей нефти в силурийских отложениях могло происходить только в позднепермский-раннемезозойский период.

Девонские отложения включились в процесс генерации нефти в пределах платформы в пермское время и на ее большей части не вышли из фазы нефтегенерации. Зоны апокатагенеза выявлены только в Предуральском прогибе. Время проявления ГФН в девонских толщах Предуральского прогиба и платформенных областях неодинаковое. Толщи девона в пределах прогиба вступили в ГФН в каменноугольный период, в платформенных областях – в пермский-мезозойский.

Особенности геологического развития бассейна, ограниченность распространения зон максимального прогрева толщ, смена режима последовательной демиссии на инверсию определили нарушенность онтогенеза УВ (рис.4), значительную

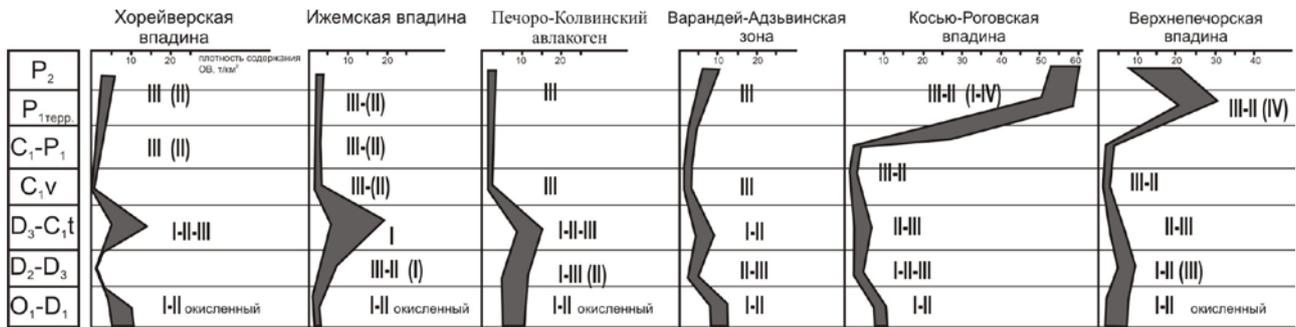


Рис. 3. Распределение плотности содержания ОВ по осадочному разрезу и тектоническим элементам бассейна.

Таблица 1

Характеристика нефтегазоматеринских пород Тимано-Печорского бассейна

Возраст толщ	Катагенез	Породы	Сорг, %	S2 мгУВ/г породы	Н1 мгУВ/гСорг	10х(S1+S2) кгУВ/т породы	Тип керогена	Области, зоны
Очень богатые								
D _{3f2} -fm	МК ₁	сланцы мергели	8-15	46-100	632-900	50-80	I	внутр.
	МК ₂	сланцы мергели	6-10	30-50	480-580	30-46	II-I	внутр.
	МК ₃₋₄	мергели доломиты	2-6	18-50	440-513	20-25	II-I	ПКП
D _{3f1-2} терр.	МК ₂	аргиллиты	2-7	20-55	560-751	60-72	II-I	внутр.
	МК ₃	аргиллиты	2-5	13-45	450-500	30-50	II-I	внутр, ПКП
S-D ₁	МК ₂	мергели доломиты	3-7	10-55	612-812	20-60	I	внутр.
	МК ₃₋₄	мергели доломиты гл. известняки	1,5-4	8-25	454-600	15-30	I	ВАЗ, КМ, ПКП
Богатых								
D _{3f} -fm	МК ₂	доломиты	1,5-2	7-16	370-500	35-50	II-I	внутр.
	МК ₃	аргиллиты мергели	2-3	4-6	165-400	20-25	II-I	ПКА, ПКП
D ₂	МК ₃₋₄	аргиллиты	1-3	1-5	170-280	10-40	II-I	ПКП
S-D ₁	МК ₂	мергели	1-3	6-10	280-460	35-55	II-I	внутр.
	МК ₃₋₄	мергели доломиты	0,6-2	2-8	150-400	20-60	II-I	внутр.
Средних								
P ₂ -P ₁	МК ₁	аргиллиты угл. аргиллиты	0,5-4	1,5-5	100-290	20-25	III-II	внутр.
	МК ₂	аргиллиты угл. аргиллиты	0,6-4	1,5-4	80-215	~20	III-II	
	МК ₃₋₄	аргиллиты угл. аргиллиты	1-3	1-2,5	60-140	10-15	III-II	ПКП
C _{1v}	МК ₁	аргиллиты	0,5-3	1,7-5	160-285	20-25	III-II	внутр.
	МК ₂	аргиллиты	0,5-2	2-4	140-200	16-20	III-II	
	МК ₃₋₄		0,5-2	1,5-3	70-180	10-20	III-II	ПКП
D _{3f} -fm	МК ₁	мергель	1-3	2-6	150-300	20-30	III-II	внутр.
	МК ₂	мергель	0,6-2,5	1,2-3	130-200	15-20	III-II	
	МК ₃₋₄	мергель	0,5-1,5	1-2	100-140	15-20	III-II	ПКП
S-D ₁	МК ₃₋₄	доломиты	0,5-1,5	<2	80-160	~20	II	

Принятые сокращения в таблице: внутр. – внутриплитные, ПКП – Предуральский краевой прогиб, ВАЗ – Варандей-Адзвинская зона, КМ – Колвинский мегавал, ПКА – Печоро-Колвинский авлакоген.

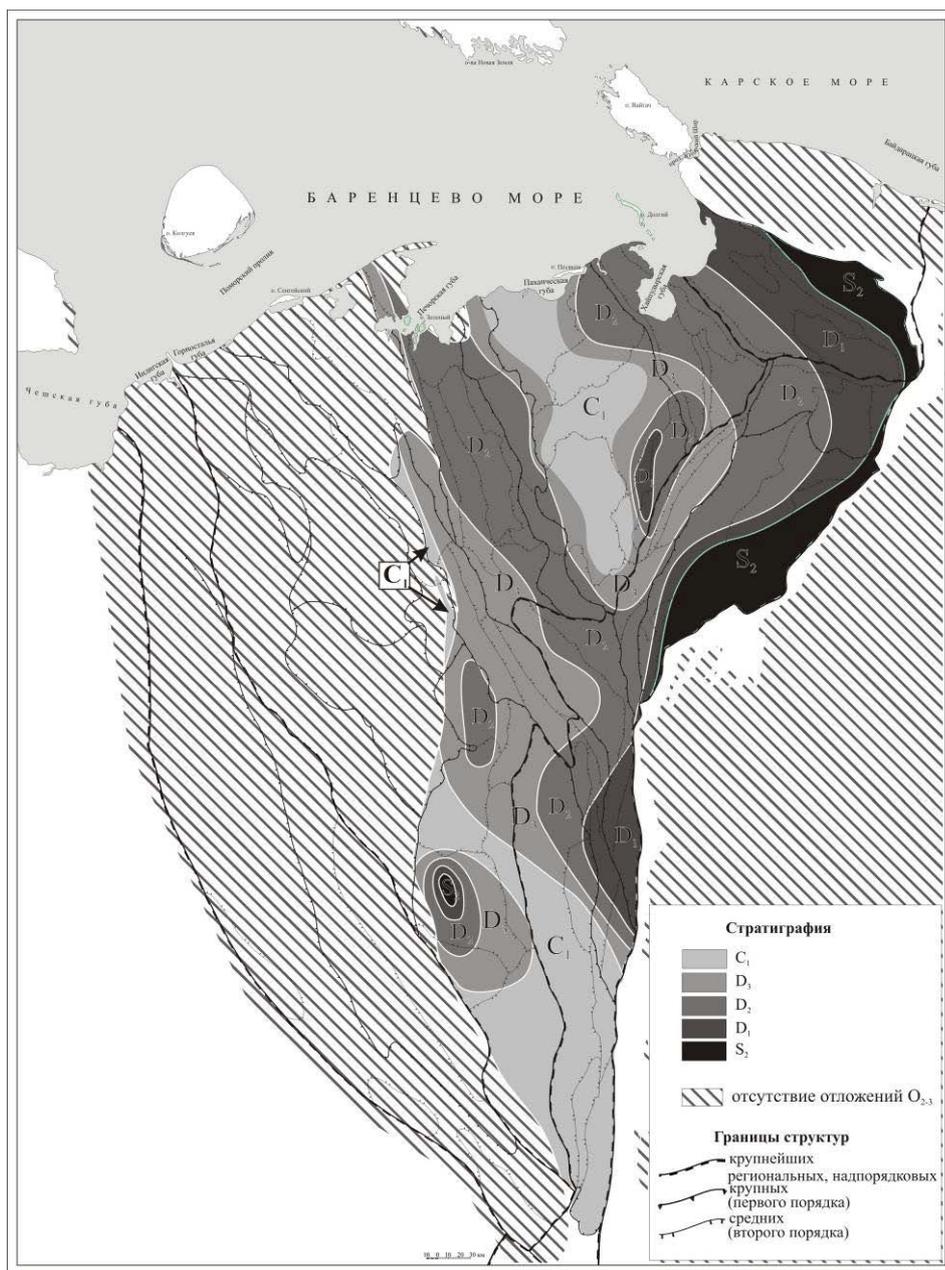


Рис. 4. Карта времени вхождения подошвы средне-верхнеордовикских толщ в главную фазу генерации нефти.

дегазацию недр, неоднократную миграцию УВ, одновременное формирование, переформирование месторождений и специфическую фазовую зональность нефтегазоносности [7]. Установлено территориальное размежевание углеводородов по фазовому состоянию (рис.5). Вертикальный катагенетический ряд нефтегазоносности Тимано-Печорского бассейна неполный. Здесь потеряны газы и легкие газоконденсаты нафтенового состава биохимической и начальной зон нефтегазогенерации. В вертикальном разрезе выделяются зоны нефтегазоаккумуляции, нефтегазоконденсатонакопления и легких газоконденсатов и газов. Им присущи определенные геохимические параметры, отражающие степень зрелости УВ или катагенетический уровень их образования и соотношения газовой и жидких фаз

тонических зон (Салюка-Макарихинский, Мичаю-Пашинский валы) утяжеление нефтей в верхних горизонтах не наблюдается, самые тяжелые нефти (Средне-Макарихинское месторождение) выявлены в силурийских отложениях.

Согласно геохимическим показателям, отражающим уровень зрелости углеводородов и их генетическую основу, в Тимано-Печорском бассейне распространены различные эволюционно-генетические типы УВС. На основании корреляции величин алкановых, стерановых, тритерпановых углеводородов, нефтей и РОВ выделены генотипы нефтей силурийских, нижнедевонских карбонатных отложений, терригенных отложений девона и кремнисто-глинисто-карбонатных отложений доманика и мергелистых доманикоидов среднего и верхнего франа (табл.3).

углеводородных систем. Характеристика физико-химических свойств, компонентный состав, массовое распределение газовой и жидкой составляющих в системах, а также величины некоторых показателей зрелости по газам, бензинам и высокомолекулярным (стерановым) углеводородам приведены в табл. 2.

Зоны нефтегенерации и нефтенакопления приурочены к стабильным платформенным областям – Хорейверской и Ижма-Печорской (по старому районированию) впадинам. Здесь выделены различные по свойствам нефти в широком стратиграфическом диапазоне от верхнего ордовика до верхней перми включительно. Физико-химические свойства нефтей позволяют выделить следующие типы: очень тяжелые и тяжелые, сернистые и высокосернистые; средние нефти, смолистые, парафинистые, редко высокопарафинистые с низким газо- и бензиносодержанием; легкие и очень легкие нефти. Большей частью легкие и очень легкие приурочены к нижним нефтеносным толщам (S_2 ; D_1 ; D_{2-3}), тяжелые и очень тяжелые нефти часто распространяются в пермских и каменноугольных отложениях. В пределах отдельных структурно-тек-

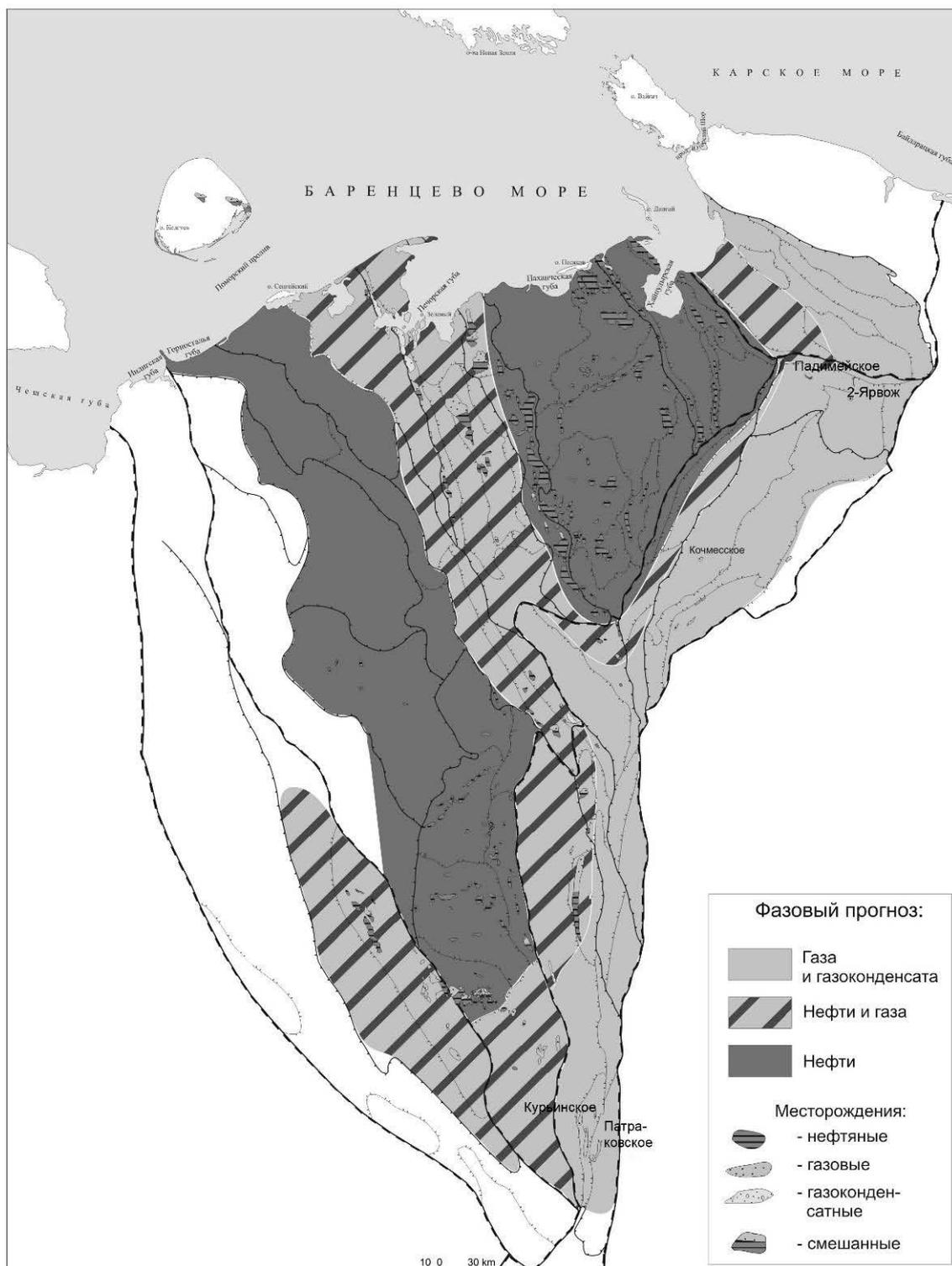


Рис. 5. Распределение зон нефте- и газонакопления в Тимано-Печорском нефтегазоносном бассейне.

Колебания значений геохимических показателей связаны с изменениями их в зависимости от литолого-фациальных условий накопления органического вещества и степени зрелости углеводородов. Так, в пределах Хорейверской впадины незрелые нефти кыновско-саргаевских материнских толщ (скв. 2-Янемдейская, Тединская, Сюрхаратинская, Северо-Сихорейская) отличаются от нефтей терригенных отложений девона Ижма-Печорской впади-

ны. Последние относятся к зрелым, формирование исходного ОВ здесь происходило в окислительных условиях мелководья, величина показателя $C_{30}гопан/C_{27}ααстеран$ здесь меньше. В Ижма-Печорской впадине развиты в основном нефти двух генотипов – терригенных толщ девона и доманиковых толщ. Последние имеют наибольшее территориальное и стратиграфическое распространение ($D_{2-3}-P_2$). В Хорейверской впадине развиты нефти

Таблица 2

Характеристика эволюционных типов углеводородных систем (УВС) Тимано-Печорского бассейна

Показатели	Нефтяные системы (НС)			Нефтегазоконденсатные системы (НГКС) и их дифференциаты			Легкие газоконденсатные (ГКС) и газовые системы (ГС)
	0.5-0.7	0.7-1.0	1.0-1.3	1.3 – 1.75			
Зоны катагенеза (Ro, %)							>1.8
Степень зрелости	низкая	средняя	высокая	высокая			высокая
Типы нефтей и УВС	Полнокомпонентные и разрушенные (НС)		Катагенные и дегазированные (НС)	Ретроградные и катагенные (НС)	Нефтеконденсаты (НКС)	Газоконденсаты (ГКС)	Газовые (ГС) и легкие газоконденсатные (ГКС)
Массовая доля газа, %	3 - 20	5 - 25	20 - 35	25 - 35	60 - 70	70 - 80	90 - 100
Плотность жидких УВ, г/см ³	0.95 - 0.86	0.90 - 0.85	0.85 - 0.82	0.85 - 0.83	0.82 - 0.76	0.79 - 0.76	0.76 - 0.70
Содержание, %							
Фракции НК 200°С	3 - 20	5 - 25	15 - 30	21 - 34	33 - 35	60 - 80	100
Фракции >300°С	>60	55 - 60	48 - 52	40 - 46	35 - 45	<15	-
Асфальтены	6 - 15	3 - 8	3 - 4	0.5 - 1.2	0.5 - 0	0.2-0	-
Показатели зрелости							
ИСУ метана, -δC ¹³ ‰	-44 - 45		-49 - 53	-42 - 48	-39 - 44	-37 - 42	-35 - 30
<u>n-алканы</u> i-алканы	0.3 – 0.8	0.6 – 1.1	0.9 – 2.0	0.5 – 1.0	0.7 – 0.9	0.8 – 1.0	
ЦГ/ЦП	0.4 – 0.6	0.6 – 1.3	0.8 – 2.0	0.9 – 2.3	2.3 – 2.6	2.0 – 2.8	
C ₂₉ 20S/20S+R стеран	0.43 – 0.47	0.48 – 0.5	>0.5 – 0.53	0.5 – 0.55	0.5 – 0.55	-	-

Таблица 3

Геохимическая характеристика основных генетических типов нефтей Тимано-Печорского бассейна

Генотип	C ₃₁ /C ₁₉	Pr/Ph	Ki	2C ₁₇ nC ₁₆ +nC ₁₈	C ₁₉ -C ₂₆ C ₃₀ -C ₂₀	Стераны			C ₃₀ гопап C _{27αα} стеран
						27	28	29	
S	≤0.3	0.7-1.1	0.4-0.55	1.0-1.2	1.2-2.0	28-30	26-30	40-45	2-4
D ₁	0.2-0.4	0.4-1.2	0.2-0.6	1.2-1.6	0.8-1.5	29-36	25-32	38-42	4-6
D ₂	0.5-1.0	0.9-1.3	0.3-0.4	<1.0	0.5-0.8	27-31	20-25	45-49	8-10
D _{3f1}	0.9-1.2	1.1-1.5	0.4-0.5	~1.0	0.6-1.2	30-32	24-28	43-52	>>10
D _{3dm}	0.3-0.4	0.7-1.2	0.6-0.7	1.1-1.3	1.5-2.2	32-38	15-18	45-49	≤7
D _{3f2-f3}	0.3-0.6	0.8-1.2	0.5-0.6	~1.0	0.8-1.5	35-37	20-23	41-50	>10

силурийского генотипа (Верхневозейское, Северо-Баганское и другие месторождения), нижнего девона (месторождения им.Требса, им.Титова), кыновско-саргаевских и доманиковых отложений (Веяшорское, Сандивейское, Восточно-Хорейверское и другие месторождения). Высокозрелые нефти в Хорейверской впадине встречаются на ее западном и северо-западном обрамлении. По отношению к вмещающим толщам, высокозрелые нефти силурийских и нижнедевонских толщ являются аллохтонными. Нефти средней и низкой зрелости встре-

чаются в центральной части в автохтонном и аллохтонном (P₁-C₃; P₂) положении. Таким образом, формирование залежей нефти в областях нефтенакопления происходило за счет латеральной и вертикальной миграции нефтяных углеводородов, эмигрировавших из собственных очагов генерации и прилегающих областей.

Зона нефтегазоконденсатонакопления выделяется в пределах Печоро-Колвинского авлакогена и внешней части Предуральского прогиба (рис.5). В зоне нефтегазоконденсатонакопления выявлена

ассоциация различных типов УВ-систем (табл.2) с разнообразными физико-химическими свойствами. В этой зоне характер нефтегазоносности определяют УВ толщ, которые находятся на стадиях катагенеза МК₃ конец (Ro>1%), МК₄ и МК₅ (начало). Согласно геохимическим исследованиям и моделированию процессов нефтегазогенерации [9-13] здесь происходит заключительный этап нефтегенерации на уровне зрелости Ro 1-1.3% и генерация тяжелых газов и бензиновых УВ на уровне зрелости Ro 1.3-1.7%. На этом уровне находятся толщи франских и нижележащих отложений. Углеводородные системы здесь характеризуются высокими показателями зрелости и одновременно различной степенью газонасыщенности и дифференцированности. Средние и тяжелые нефтяные системы с повышенным содержанием твердых парафинов (табл.2) представляют собой остаточные, дегазированные дифференциаты нефтеконденсатов или тяжелых газоконденсатных систем. Газонасыщенные нефтегазоконденсатные системы характеризуются небольшим содержанием парафинов (Мишванское, Амдермаельское месторождения). Генетические показатели свидетельствуют о проявлении всех генетических типов. Катагенные нефти силурийского генотипа встречены на Возейском, Усинском месторождениях, нижнедевонский – на Инзырейском, генотипы терригенного девона выявлены на Кыртаельском, Печоро-Кожвинском, Югидском, Харьягинском месторождениях, доманиковый генотип нефти отмечается на Югидском, Вуктыльском, Юрвожском, Грубешорском, Харьягинском, Лаявожском и других месторождениях. При этом во всех залежах нижнепермско-триасовых толщ выявлены аллохтонные нефти доманикового типа или смешанные нефти. Формирование залежей углеводородов проходило за счет латеральной и вертикальной миграции. В обоих случаях происходила дифференциация УВС и образования систем различного фазового состояния (юг Печоро-Кожвинского мегавала и Среднепечорского поперченного поднятия). При наличии хороших покрышек формировались системы с большой долей (>60%) газовой составляющей.

Зона преимущественного накопления газов и легких газоконденсатов глубинной генерации (стадии МК₅ конец – АК₃) распространена на востоке Предуральяского прогиба в широком стратиграфическом интервале – от ордовика-силура до верхней перми (Ярвож S₁; Кочмес O₃; Патраковка; Курья P₁-C₃) (рис.5). В этих системах газовая составляющая представлена в основном метаном тяжелого изотопного состава, гомологов метана содержится в них не более 5%. В легких газоконденсатах массовая доля газа составляет порядка 95%. Жидкие компоненты обладают небольшой плотностью (0.706-0.750 г/см³) и ароматико-нафтенно-метановым составом. В аллохтонном положении такие легкие газоконденсатные системы встречены на севере Шапкино-Юрьяхинского вала в пермских отложениях, что свидетельствует о послепермском формировании залежей за счет вертикальной миграции УВ.

Заключение

Таким образом, в пределах всех зон накопления УВ выявлено проявление их латеральной и вертикальной миграции. Залежи формировались за счет латеральной и вертикальной миграции УВ в нефтяной, нефтегазоконденсатной и газовой фазах. Нефтегазонасыщенность верхнего структурного этажа сформировалась за счет аллохтонных УВ. Комплексная геохимическая информация позволяет построить наиболее достоверную модель эволюции нафтидогенеза Тимано-Печорского бассейна, с большей долей вероятности оценить перспективы нефтегазоносности и состав углеводородных систем.

В заключение, основываясь на современной степени изученности Тимано-Печорского нефтегазозносного бассейна, следует отметить, что сложный характер тектонической и геодинамической эволюции обусловил характер нафтидогенеза, повлиявшего на формирование зон первичного фазового состояния и зон смешанного фазового состояния.

Литература

1. *Баженова Т.К.* Масштабы нефтегазообразования в Тимано-Печорском бассейне // Поиски, разведка и добыча нефти и газа в Тимано-Печорском бассейне и Баренцевом море: Доклады 1-й Междунар. конф. СПб.: ВНИГРИ, 1994. С. 149-157.
2. *Вассоевич Н.Б., Неручев С.Г.* Основные этапы развития нефтегазоматеринских свит и их диагностика // Нефтегазоматеринские свиты и принципы их диагностики. М.: Наука, 1979. С. 19-30.
3. *Геология природных углеводородов Европейского Севера России (флюидные углеводородные системы)/ Л.А.Анищенко, Л.З.Аминов, В.А.Дедеев и др.* Сыктывкар, 1994. 179 с.
4. *Нафтидогенез и перспективы поисков углеводородов в северной части Печоро-Ильчской моноклинали / Л.А.Анищенко, С.С.Клименко, Н.Н.Рябинкина и др.* Материалы конференции, посвященной 45-летию Севернипигаза, 18-20 октября 2005 г. Ч.1. Ухта: Филиал ООО «ВНИИГАЗ» – «Севернипигаз», 2006. С. 16-26.
5. *Тиссо Б., Вельте Д.* Образование и распространение нефтей. М.: Мир, 1981. 501 с.
6. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Геохимия черных сланцев. Л., 1988. 270 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ МАГНИЯ ИЗ ПЛАСТОВЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Т.Д. ЛАНИНА, О.А. КАРМАНОВА, Е.С. КОМИССАРОВА

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Попутные и пластовые воды нефтяных и газоконденсатных месторождений Тимано-Печорской провинции содержат кондиционные концентрации магния. В лабораторных условиях отработаны оптимальные условия извлечения магния известковым методом из пластовых вод Вуктыльского газоконденсатного месторождения. Применение акрилового флокулянта на стадии осаждения позволяет разрушить коллоидный осадок гидрооксида магния, размеры частиц осадка возрастают в 12 и более раз, удельное сопротивление при фильтровании снижается на порядок, при этом эффективность извлечения составляет практически 100 %. На основании проведенных исследований разработана технологическая схема выделения магния из пластовой воды в виде оксида магния.

Ключевые слова: пластовая вода, известковое молоко, осаждение, среднегеометрический диаметр, удельное сопротивление осадка, константы фильтрования, флокулянт

T.D.LANINA, O.A.KARMANOVA, E.S.KOMISSAROVA. INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF MAGNESIUM EXTRACTION FROM STRATAL WATERS OF HYDROCARBON RAW MINERAL DEPOSITS

Passing and formation water of hydrocarbon raw fields has conditioned concentration of magnesium in its composition. The optimal conditions of magnesium extraction by lime method from formation water of Vuktylsky gas-condensate field have been worked out in the laboratory. The usage of acryl flocculant at the stage of deposition allows to destroy colloid deposit of magnesium hydroxide, the deposit particles grow 12 times and more, specific resistance during filtration goes down very much, at the same time the effectiveness of extraction is practically 100 %. On the basis of the tested researches the technological scheme of magnesium isolation from formation water in a kind of magnesium oxide has been developed.

Key words: formation water, lime milk, deposition, average geometrical diameter, specific resistance of deposit, absolute symbols of filtration, flocculant

Потребление магния в мире постоянно растет. Магний занимает особое место среди металлов, так как обладает уникальными свойствами: в сплавах этот металл более стоек к нагрузкам и агрессивным средам, в полтора раза легче чем его основной конкурент алюминий, и кроме того, магниевые сплавы более стойки к механическим нагрузкам [1].

Использование магния сдерживалось его относительной редкостью в рудах и технологической сложностью изготовления сплавов и литья готовых изделий. В последние годы, когда в отдельных марках автомобилей удалось использовать до 122 кг магния (например, в Ford P2000 используется 103 кг) против 2 кг прежде, работы по извлечению магния из гидроминерального сырья получили новое развитие. Магний применим в авиации, ракетной и космической технике. Область применения хлористого магния: строительство, противогололедные материалы, очистка воды при производстве химической продукции, металлургия, нефтегазодобыча, сельское хозяйство, энергетика и др.

В настоящее время потребности России в этих продуктах покрываются импортными поставками из Европы, США и Израиля. В России только

Соликамский магниевый завод в Пермской области и Ависма в Березниках производят магний. Маркетинговые исследования показывают, что спрос на магний велик как в России, так и за ее пределами, и он растет примерно на 8-10 % в год, что делает данный рынок чрезвычайно перспективным.

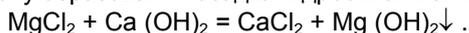
Пластовые воды газоконденсатных месторождений Тимано-Печорской провинции содержат кондиционные концентрации магния, лития, бора [2]. Потенциальные ресурсы этих элементов огромны – ежегодный объем попутно добываемых пластовых вод в России составляет 800 млн. м³.

Острый дефицит упомянутых элементов, ограниченность рудных запасов, и практически, неисчерпаемые их запасы в пластовых водах делают работы по отработке технологических решений и созданию технических средств переработки гидроминерального сырья высоко актуальными.

Анализ фактических данных по составу пластовых вод месторождений углеводородов позволяет отнести их к гидроминеральному сырью и диктует необходимость постоянного наблюдения за их составом, чтобы своевременно определить объект эксплуатации и использовать продукцию скважин для получения магниевых солей. Пластовая вода

Вуктыльского и Лай-Вожского (концентрация магния в них составляет 2116 мг/л и 1964 мг/л соответственно) газоконденсатных месторождений ООО «Севергазпром» содержит кондиционные концентрации магния.

Для извлечения магния из пластовой воды выбран известковый метод, который заключается в осаждении гидроксида магния из минерализованных вод 10%-ным раствором известкового молока. Растворимость гидроксида магния [3] значительно меньше растворимости гидроксида кальция, поэтому при взаимодействии хлорида магния с гидроксидом кальция реакция идет в сторону образования осадка гидроксида магния:



Скорость образования и размеры кристаллов гидроксида магния зависят от pH среды и скорости подачи известкового молока в реактор. При осаждении гидроксида магния из разбавленных растворов можно применять метод наращивания кристаллов, заключающийся в том, что осадок гидроксида магния в виде геля вносится в раствор, предназначенный для дальнейшего осаждения. После нескольких наращиваний осадок приобретает зернистую структуру.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что оптимальное время перемешивания реакционной смеси составляет 10 мин, интенсивность подачи 10%-ного раствора известкового молока 0,13-0,15 мл/с на 1 л обрабатываемой воды. При заданном количестве известкового молока достигается практически 100 %-ный эффект извлечения магния. Однако, даже при многократном осаждении, оптимальных условиях ввода известкового молока и условий перемешивания не удается получить легко фильтрующийся осадок, размеры частиц гидроксида магния не превышают 40 мкм. Для интенсификации процесса осаждения применен флокулянт Praestol 2530. Исследования были проведены для модельной пластовой воды скважин № 98, 178 и 34 Вуктыльского месторождения, состав которой приведен в таблице.

При оптимальных условиях перемешивания образовавшуюся суспензию обрабатывали раствором флокулянта с дозировкой 0,1; 0,15; 0,2 мг/л. Результаты экспериментальных исследований представлены на графиках (рис. 1).

При дозе флокулянта 0,1 мг/л, подаваемого в модельную воду, среднегеометрический диаметр частиц составил 251 мкм для скважины № 178; 280 мкм – для скважины № 98; 290 мкм – для скважины № 34, при дозе флокулянта в количестве 0,15 мг/л – 343 мкм

Состав модельных пластовых вод Вуктыльского ГКМ

№ скв.	Содержание ионов, мг/л					
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
178	13500,0	2700,00	70413,81	48,8	221,6	140000,00
98	10800,0	2432,0	70612,53	48,8	446,9	134900,0
34	8240,0	2116,0	36092,0	46,0	559,2	75863,0

для скважины № 178; 325 мкм – для скважины № 98; 344 мкм – для скважины № 34. При осаждении с введением флокулянта в количестве 0,2 мг/л в модельную воду средний размер частиц равен: 357 мкм – для скважины № 178; 342 мкм – для скважины № 98; 345 мкм – для скважины № 34. Таким образом, оптимальная доза флокулянта составляет 0,15 мг/л, при этом скорость осаждения в соответствии с формулой Стокса [4] увеличится в среднем в 12-28 раз.

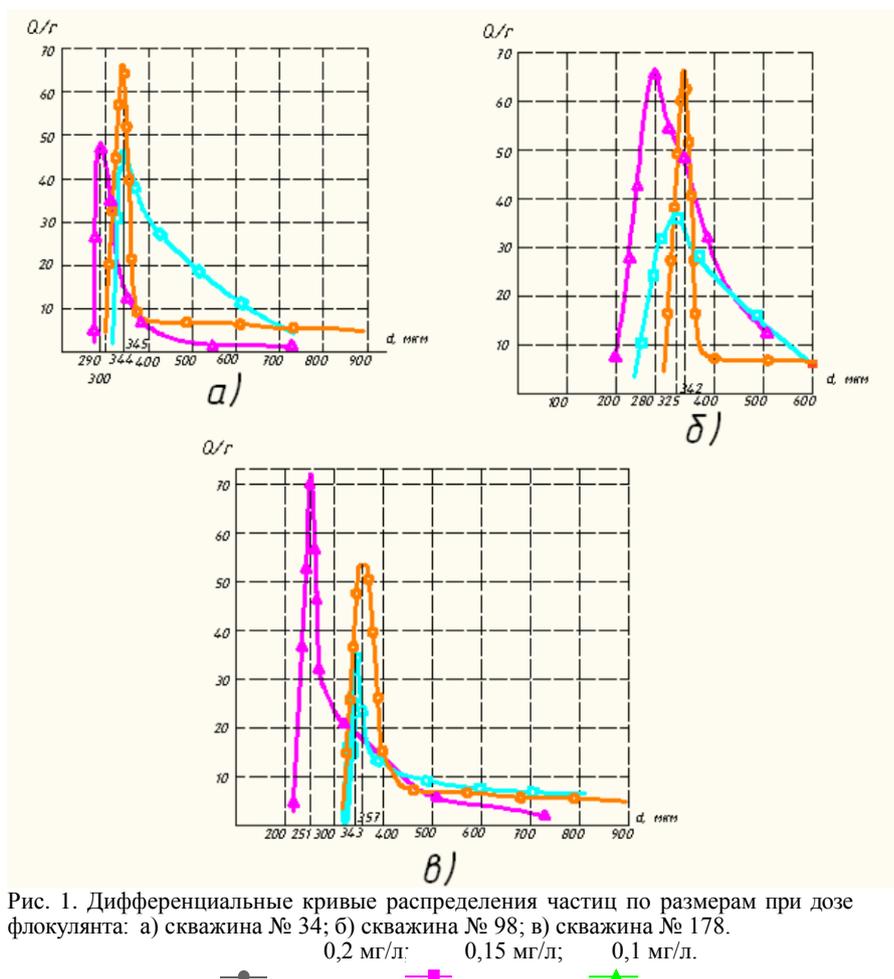


Рис. 1. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам при дозе флокулянта: а) скважина № 34; б) скважина № 98; в) скважина № 178. 0,2 мг/л; 0,15 мг/л; 0,1 мг/л.

Образовавшийся осадок имеет влажность более 90 % и следующей стадией технологической схемы является фильтрование. В процессе фильтрования коллоидных осадков через фильтрующие перегородки мелкие частицы проникают в поры этой перегородки и задерживаются в ней. Величина сопротивления фильтрованию складывается из сопротивления осадка и фильтрующей перегородки [5]. Для определения технологических параметров

фильтрации экспериментально были определены величины удельного сопротивления осадка, сопротивления фильтрующей перегородки. Удельное сопротивление осадка для скважины № 98 составляет $1492 \cdot 10^{10}$ м/кг, в случае применения флокулянта Praestol 2530 – $110 \cdot 10^{10}$ м/кг, т.е сопротивление снижается практически в 14 раз.

Результаты исследований для модельной воды скважины № 98 приведены на рис. 2.

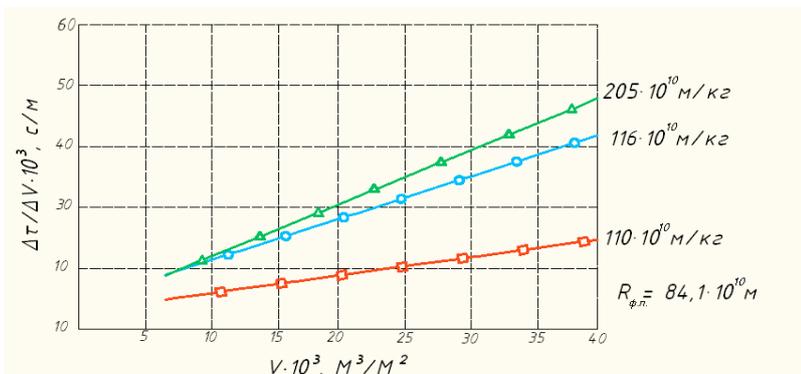


Рис. 2. Кривые для определения констант фильтрации.
0,2 мг/л; 0,15 мг/л; 0,1 мг/л.

и железа. Очистка от нефтепродуктов происходит на электрофлотационной установке и в угольном бере, обезжелезивание производится на фильтре с «сухой» загрузкой. Осаждение гидроксида магния осуществляется в смесителе. Пластовая вода смешивается с 10%-ным раствором известкового молока с добавлением флокулянта. После 2-х часового контакта производится декантация и затем фильтрация осадка $Mg(OH)_2$ под вакуумом на нутч-фильтре.

Отфильтрованный осадок ется в печь кальцинирования. ным продуктом переработки пластовых вод является окись магния.

Проект извлечения магния из пластовых вод углеводородного месторождения только для одной скважины с использованием флокулянта является рентабельным и окупается за 4,5 года, индекс доходности составляет 1,1 руб./руб. Реализация проекта позволит получить годовой объем прибыли в сумме 2852 тыс. руб.

Литература

1. Химическая энциклопедия/Гл. ред.

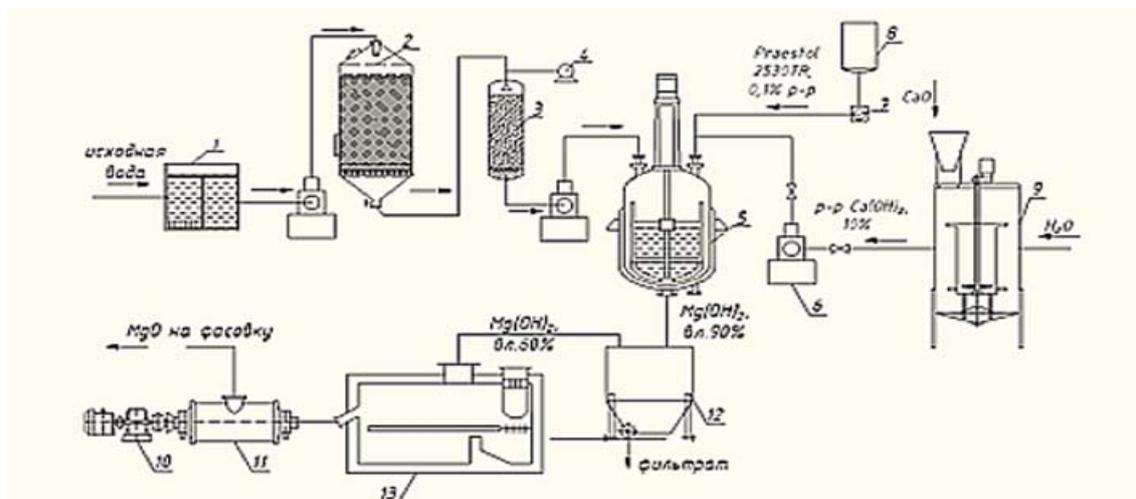


Рис. 3. Схема извлечения магния: 1 – электрофлотатор, 2 – угольный адсорбер; 3 – фильтр с «сухой» загрузкой; 4 – воздушодувка; 5 – смеситель; 6 – насос-дозатор известкового молока; 7 – перистальтический насос-дозатор флокулянта; 8 – расходный бак флокулянта; 9 – известегасилка; 10 – электродвигатель; 11 – шаровая мельница; 12 – нутч-фильтр; 13 – печь дегидратации.

Таким образом, минимальные значения удельного сопротивления осадка получены при разности давлений $\Delta p = 98$ кПа и составляют для скважины № 34 – $107 \cdot 10^{10}$ м/кг, для скважины № 98 – $110 \cdot 10^{10}$ м/кг, для скважины № 178 – $81 \cdot 10^{10}$ м/кг.

Для извлечения магния из пластовой воды принят известковый метод с двукратным наращиванием кристаллов при $pH=5,4$ [2].

Оптимальные условия осаждения: время перемешивания 10 мин.; интенсивность подачи 10 %-ного известкового молока 0,15 мл/с на 1 л воды; двукратное наращивание кристаллов; активная реакция среды $pH=5,4$; доза флокулянта Praestol 2530TR 0,15 мг/л.

На основании проведенных исследований предложена схема выделения магния из пластовых вод месторождений углеводородного сырья (рис. 3). Перед извлечением магния пластовая вода проходит стадию предварительной очистки от нефтепродуктов

И.Л.Кну-нянц и др. М.: Сов. энцикл., 1988. Т. 1-2.

2. Разработка технологии извлечения магния из пластовых вод месторождений ООО «Севергазпром»: отчет о НИР: 23/03 / Ухтинский гос. техн. ун-т: рук. Т.Д.Ланина. Ухта, 2003. 91 с.
3. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Л.: «Химия», 1974. 1008 с.
4. Ланина Т.Д. Выбор технологии извлечения магния из пластовых вод на примере Вуктыльского газоконденсатного месторождения // Бурение и нефть, 2007. № 7/8. С. 51-53.
5. Ланина Т.Д., Варфоломеев Б.Г., Карманова О.А. Особенности процесса фильтрации гидроокиси магния при переработке пластовых вод // Сб. науч. тр. к материалам VII науч.-техн. конф. Ухта, 2006. С. 49-52.

Известия Коми научного центра УрО РАН

УДК 669.24: 611.17

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ NiTi СПЛАВОВ

А.Н. ДАНИЛОВ, И.Н.АНДРОНОВ

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

В статье представлены результаты экспериментального изучения влияния структуры и фазового состава сплавов NiTi на адсорбционные и каталитические свойства поверхности, определяющие, наряду с механическими напряжениями, биологическую совместимость материалов. Показано, что изменения этих свойств влияют на физическое состояние формирующегося на поверхности материала внеклеточного матрикса, которое оценивали по количеству фокальных контактов остеобластов. На основе анализа полученных экспериментальных данных сделан вывод о возможности целенаправленного управления биологической совместимостью исследованных сплавов и даны рекомендации по выбору характеристик поверхности для контроля ее структурно-фазового состояния.

Ключевые слова: NiTi, адсорбционные и каталитические свойства, внеклеточный матрикс

A.N.DANILOV, I.N.ANDRONOV. STRUCTURAL-PHASE CONDITION OF A SURFACE AND BIOCOMPATIBILITY OF NITI ALLOYS

Results of experimental research of the effect of structure and phase composition of NiTi alloys on adsorption and catalytic properties of a surface, determining along with mechanical stress, biocompatibility of materials, are given. It is shown that changes in these properties are accompanied by change in physical state of extracellular matrix formed on the surface of material that was estimated by quantity of osteoblasts focal contacts. On the basis of the experimental data the conclusion on the possibility of purposeful management by biocompatibility of the alloys studied is made and recommendations for surface characteristics sufficient for structural and phase state control are given.

Key words: NiTi, adsorption and catalytic properties, extracellular matrix

Введение

Многочисленные примеры применения в медицине сплавов NiTi с эффектом памяти формы [2,10] показывают, что их эффективность при оперативном лечении различных заболеваний зависит не только от химического состава и геометрических параметров изготовленных из них конструкций, но и от правильности выбора физического состояния поверхности, влияющего на эволюцию взаимодействующих с ней различных по своей биологической природе клеток и тканей. При огромном объеме накопленных знаний о механическом поведении данных сплавов умение целенаправленно управлять свойствами поверхности становится определяющим фактором их дальнейшего широкого применения. Однако, как показывает анализ литературы, поиски оптимальных состояний поверхности этих материалов для решения медицинских задач, в основном, проводятся методом проб и ошибок. Одной из главных причин этого является отсутствие необходимого объема знаний о структуре поверхно-

сти и о закономерностях ее влияния на свойства, непосредственно определяющие механизмы ее взаимодействия с окружающей биологической средой. Учитывая сложность и многоступенчатость такого взаимодействия, изучение этих закономерностей представляется важным, но лишь начальным этапом в решении проблемы управления биологической совместимостью данных материалов.

Главным событием в эволюции клетки, вступающей во взаимодействие с поверхностью материала, является ее соединение с внеклеточным матриксом, который представляет собой прослойку протеинов, непосредственно соприкасающихся с поверхностью материала. Процесс присоединения клеток к внеклеточному матриксу сопровождается образованием между ними специфических соединительных комплексов. Эти комплексы являются местами физического контакта клеток с внешними поверхностями. Они ответственны за миграцию клеток и образование тканей, а также за активацию процессов передачи сигнальной информации. Посредниками в создании соединительных комплек-

сов между клеткой и матриксом выступают интегрин – трансмембранные рецепторы компонентов внеклеточного матрикса. Разновидность связи, образуемой интегринами, и специфический тип интегрин, участвующих в соединении, определяются физическим состоянием внеклеточного матрикса [7]. Учитывая определяющее влияние структуры и молекулярного состава этих комплексов на процессы роста, миграции и дифференциации клеток, следует отметить, что умение целенаправленно управлять физическим состоянием внеклеточного матрикса с помощью структурно-фазовых превращений на поверхности материала является ключевым в решении проблемы управления биологической совместимостью.

Формирование физического состояния внеклеточного матрикса происходит в результате взаимодействия составляющих его протеинов с поверхностью материала. Важная роль в этом взаимодействии принадлежит адсорбционным и каталитическим свойствам поверхности, поскольку ими определяются химический состав и тип образуемой с адсорбированными молекулами связи [1]. В результате из немногих попыток изучить влияние состояния поверхности на адсорбционную способность NiTi сплавов [5] было показано, что изменения в структуре основного металла и поверхностного окисла, происходящие при термической обработке металла, вызывают заметные изменения в величине силы адгезии питательной среды, используемой в экспериментах *in vitro*. Несмотря на признание важной роли свойств поверхности в биологической совместимости материалов, закономерности влияния структурно-фазового состояния на адсорбционную способность и каталитическую активность поверхности NiTi сплавов до сих пор практически не изучены, как не исследовано влияние этих свойств на физическое состояние внеклеточного матрикса.

Цель представленной работы – изучение влияния структуры и фазового состава поверхности на адсорбционные и каталитические свойства этих материалов, а также на физическое состояние формирующегося на них внеклеточного матрикса.

1. Материалы и экспериментальные методы

Подробное описание материалов, экспериментальных методов и используемого оборудования для определения различных характеристик дано в работах [4-6]. Здесь остановимся лишь на подходе к оценке состояния и свойств поверхности материала и внеклеточного матрикса, использованном в данной работе.

1.1. Структурно-фазовое состояние поверхности материала и физическое состояние внеклеточного матрикса

Для характеристики структурно-фазового состояния поверхности использовали структурные напряжения (напряжения II рода) и работу выхода электронов (РВЭ). Выбор этих характеристик обусловлен необходимостью контролировать как состояние основного металла (структурные напряжения), так и состояние окисной пленки, которая является полупроводником (РВЭ). Об изменениях физического состояния внеклеточного матрикса

судили по изменению числа соединительных комплексов (фокальных контактов), образуемых остеообластами с матриксом. Подсчет числа фокальных контактов производили с использованием анализатора цифровых изображений на одинаковой для всех образцов площади, ограниченной рамкой 146.2×146.2 мкм². Однократное окрашивание, использованное в исследовании, позволяло получать информацию о содержании в структуре фокального контакта только одного из протеинов (в нашем случае паксиллина), входящих в состав внеклеточного матрикса.

1.2. Адсорбционные и каталитические свойства поверхности

Об изменениях адсорбционной способности судили по изменению силы адгезии, развиваемой поверхностью по отношению к альбумину. Величину силы адгезии, развиваемой поверхностью исследованных сплавов относительно альбумина, определяли по углу наклона, при котором помещенная на образец капля альбумина объемом в 20 мкл начинала скатываться по наклонной плоскости [5]. Изучение каталитических свойств NiTi сплавов нами проводилось впервые. Образование на их поверхности окислов, близких по составу к соединению TiO₂, и хорошо известные по реакции окисления этанола фотокаталитические свойства этого соединения [8], обусловили выбор той же реакции для оценки каталитических свойств поверхности исследуемых сплавов. В отсутствие оригинальных методик по определению количественных характеристик каталитических свойств сплавов NiTi в качестве показателя их изменений была выбрана температура кипения продуктов реакции окисления этанола, состав которых зависит от пути развития этой реакции или ее скорости. Эксперименты по определению температур кипения промежуточных продуктов разложения проводили в дифференциальном сканирующем калориметре DSC 822[®] фирмы Mettler. Для предотвращения испарения образцы с нанесенными на их поверхность каплями абсолютного этанола объемом 10 мкл, плотно запечатывались в алюминиевые контейнеры и нагревались со скоростью 10 град/мин до температуры 423К. Учет влияния стенок контейнера проводили с использованием термограмм продуктов окисления этанола в алюминиевом контейнере без NiTi сплава.

2. Результаты

2.1. Структурные напряжения и фокальные контакты

На рисунке представлены изображения остеообластов на шлифованной поверхности сплавов никель-титан в мартенситном (а) и аустенитном (б) состояниях и на аустенитных образцах после окисления при температурах 723К (в) и 873К (г). Количественная обработка изображений остеообластов, высаженных на эти образцы, дала следующие результаты. Среднее число фокальных контактов на площади, указанной в разделе 1.1, составило: на шлифованном мартенситном образце – 300 ± 124 , на шлифованном аустенитном образце – 744 ± 178 , на окисленном при 723К – 438 ± 145 и на окисленном при 873К – 270 ± 85 контактов. Сопоставление изображений на рисунке показывает также, что изменение

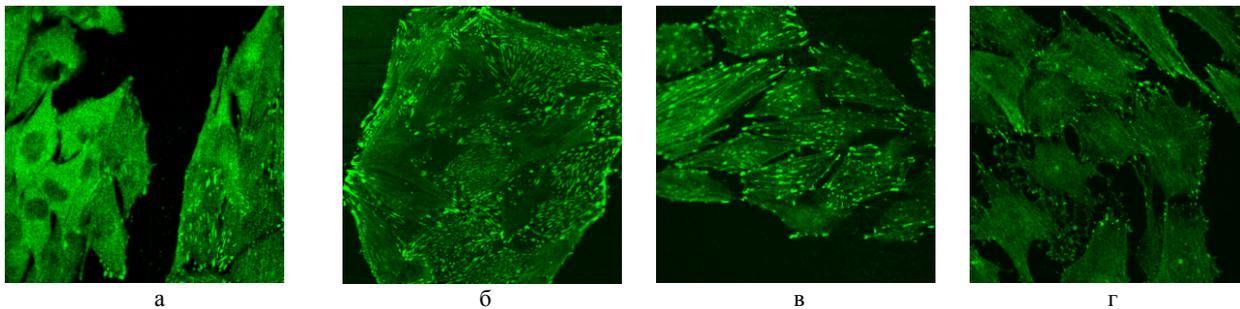


Рис. Остеобласты на шлифованной поверхности мартенсита (а), аустенита (б) и на поверхности, окисленной на воздухе при 723К (в) и 873К (г) ($\times 3.3 \cdot 10^3$).

состояния поверхности сопровождалось изменениями размеров и формы самих фокальных контактов.

Определение средних величин механических напряжений тех же образцов методом рентгенографии дало следующие результаты. Средняя величина структурных напряжений на шлифованном мартенситном образце составила 132 ± 8 МПа, на аустенитном образце – 263 ± 14 МПа, на образце, окисленном при 723К, – 120 ± 9 МПа и на образце, окисленном при 873К, – 85 ± 7 МПа.

2.2. Работа выхода электронов, сила адгезии и температуры кипения продуктов разложения этанола

Результаты экспериментального определения работы выхода электронов, силы адгезии, развиваемой поверхностью по отношению к альбумину и температуры кипения промежуточных продуктов разложения этанола, после различных обработок поверхности аустенитных образцов, представлены в таблице. Важным для дальнейшего обсуждения результатов проведенных исследований является то, что определение этих характеристик, так же как и определение средних величин структурных напряжений и изучение поведения остеобластов (разд.2.1) проводили на идентичных аустенитных образцах того же сплава после их совместной обработки. Идентификация промежуточных продуктов разложения этанола по полученным температурам кипения дала следующие результаты. Продукты с температурами кипения 359 К и 377 К, образующиеся при разложении этанола на шлифованной поверхности, были идентифицированы нами как хемиацеталь и ацеталь (1,1-диэтоксизтан) соответственно. Продукты с температурами кипения 391 К и 394.5 К, образующиеся на поверхности после окисления при температуре 723 К, были соответственно идентифицированы как уксусная кислота и 1,2 - диэтоксизтан. Продукт с температурой 387 К не был идентифицирован. Это мог быть некий промежуточный продукт, сосуществующий с уксусной кислотой и 1,2 - диэтоксизтаном, по аналогии сосуществования с ацеталем хемиацетала, который является промежуточным продуктом при образовании ацетала. Продуктами, образующимися на поверхности после окисления при 873 К, были согласно нашей идентификации уксусная кислота (391 К) и 1,2 - диэтоксизтан (394.5 К). При этом соотношение площадей эндотермических пиков, соответствовавших температурам кипения уксусной кислоты и 1,2 – диэтоксизтана для образцов, окисленных при 723 К и 873 К, было различным, что означало разное соотношение количества этих продуктов на сравниваемых образцах. Для образцов, окисленных при 723 К, это соотношение со-

ставляло около 0.16, а для образцов, окисленных при 873 К – 2.94, что свидетельствует о различных скоростях реакций разложения этанола на этих образцах при их принципиальной схожести. Образование абсолютно других промежуточных продуктов разложения этанола на шлифованном образце позволяет предположить либо другой, чем на окисленных образцах, путь развития реакции, либо ее очень низкую скорость. Последнее предположение основано на том, что наблюдавшееся ранее образование 1,1-диэтоксизтана в качестве промежуточного продукта при фотокалитической реакции окисления этанола связывали с реакцией между этанолом и ацетальдегидом, который является продуктом первой стадии окисления этанола [8].

3. Обсуждение результатов

Анализ полученных экспериментальных результатов показывает, что структурно-фазовые изменения, протекающие при механической и термической обработке сплавов NiTi, находят отражение в двух интегральных характеристиках поверхности – механических напряжениях кристаллической решетки и РВЭ. На образцах одного и того же сплава (аустенитных) вне зависимости от различий в структуре поверхностного окисла, образующегося после механической шлифовки и после термического окисления, зависимость числа фокальных контактов от средней величины структурных механических напряжений имела практически линейный характер. Подобная зависимость наблюдалась ранее при изучении влияния механических напряжений на число фокальных контактов остеобластов на образцах, подвергнутых только шлифовке разным абразивом [5,6]. По-видимому, это объясняется наличием механического баланса между основным металлом, поверхностной окисной пленкой и внеклеточным матриксом, вследствие которого устанавливается равенство действующих в них упругих напряжений. При этом имеющие место изменения химического состава в тонких слоях поверхности не способны оказывать заметного влияния на напряженное состояние основного металла. При последовательных обработках, обычно используемых для выявления тех или иных закономерностей, не происходит скачкообразного изменения структуры основного металла, а значит, не происходит скачкообразного изменения связанных с ней напряжений решетки. Это проясняет механизм передачи механических напряжений от основного металла к внеклеточному матриксу и объясняет наблюдаемую зависимость числа фокальных контактов от их величины.

Однако влияние физического состояния вне-

клеточного матрикса на фокальные контакты отражается не только на их числе. Как было показано в работе [7], изменения в физическом состоянии внеклеточного матрикса влияют на распределение протеинов в структуре фокальных контактов. При использовании окрашивания только одним видом антител перераспределение выявляемого с их помощью протеина может приводить к изменению размера и формы контактов на изображении. В связи с этим отмеченные в разделе 2.1 изменения размера и формы контактов могли быть обусловлены различиями в распределении паксиллина, что также указывает на изменения физического состояния внеклеточного матрикса.

Анализируя результаты (см. таблицу), следует отметить скачкообразный характер изменения величины РВЭ и силы адгезии при переходе от шлифованных образцов к образцам окисленным, что указывает на существенные изменения химического состава и структуры поверхностного окисла. Однако это же свидетельствует и о наличии тесной связи между РВЭ и адсорбционными свойствами [9]. Наличие такой же связи между РВЭ и каталитическими

нее было показано [5], что окисление образцов на воздухе сопровождается изменением как величины РВЭ, так и средней величины структурных напряжений. Однако установленная связь адсорбционных и каталитических свойств с величиной РВЭ позволяет использовать последнюю характеристику для контроля определяемого ими состояния поверхности при целенаправленном регулировании биологической совместимости сплавов. Теоретически величина РВЭ представляется более универсальной характеристикой структурно-фазового состояния поверхности по сравнению со структурными механическими напряжениями, поскольку чувствительна не только к изменениям деформации кристаллической решетки, но и к изменению химического состава поверхностных фаз. Поэтому ее использование для контроля состояния поверхности выглядит предпочтительным. Однако необходимость, в ряде случаев, определять характер действующих в матриксе напряжений (растягивающие или сжимающие) [3] делает механические напряжения таким же необходимым, как и РВЭ, инструментом контроля структурно-фазового состояния поверхности этих материалов.

Работа выхода электронов (РВЭ), сила адгезии (F), развиваемая поверхностью относительно альбумина, и температура кипения (Т) промежуточных продуктов разложения этанола на поверхности NiTi сплава после различных обработок

Обработка	РВЭ, eV	$F \cdot 10^{-4}$, N	T, K
Шлифованный	3.98 ± 0.02	1.13 ± 0.03	359.0
			377.0
Окисление при 623 К	4.68 ± 0.03	0.88 ± 0.03	387.0
			391.0
Окисление при 723 К	4.51 ± 0.01	0.74 ± 0.02	394.5
			391.0
Окисление при 873 К	4.40 ± 0.02	0.58 ± 0.02	394.5

свойствами не получило количественного выражения в проведенных исследованиях. Однако образование принципиально разных продуктов при разложении этанола на шлифованном образце по сравнению с окисленными образцами указывает на такое же скачкообразное изменение и каталитических свойств. Наличие каталитических свойств у сплавов NiTi и их зависимость от структурно-фазового состояния поверхности, впервые продемонстрированные проведенными исследованиями, расширяют представления о возможных механизмах влияния поверхности этих материалов на формирование молекулярного состава и структуры внеклеточного матрикса. Следует заметить, что разделение вклада адсорбционных и каталитических свойств, так же как

и выделение вклада структурных напряжений в формирование физического состояния матрикса, представляется невозможным из-за принципиальной невозможности разделения определяющих их структурных и фазовых превращений. Это подтверждается и результатами проведенных исследований. Ра-

Заключение

Таким образом, в результате влияния структурно-фазового состояния сплавов с эффектом памяти формы NiTi на адсорбционные и каталитические свойства поверхности и физическое состояние формирующегося на ней внеклеточного матрикса доказано наличие между ними тесной связи. Эта связь нашла выражение в одновременном изменении, вызванными обработкой поверхности материала, трех групп характеристик. Первую группу составляли структурные напряжения и РВЭ, характеризующие состояние поверхности материала. Вторую – сила адгезии альбумина, отражающая адсорбционную способность поверхности, и молекулярный состав продуктов окисления этанола, определяемый каталитической активностью поверхностного окисла. Третью группу представляло число фокальных контактов, образуемых клетками с внеклеточным матриксом, характеризующее его физическое состояние. Дальнейшее изучение количественных аспектов этой связи позволит использовать их для контроля состояния поверхности (включая формирующийся на ней внеклеточный матрикс) при целенаправленном регулировании «биологических» свойств этих материалов.

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику лаборатории прочности материалов Санкт-Петербургского государственного университета Н.Н.Ресниной за помощь в проведении экспериментов с использованием дифференциального калориметра.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.» (государственный контракт № П381 от 30.07.2009).

Литература

1. *Эффекты памяти формы и их применение в медицине.* Новосибирск: Наука, 1992. 742 с.
2. *Yahia L (Ed.). Shape memory implants* Springer. Verlag-Berlin-Heidelberg-NewYork, 2000. 349 p.
3. *Physical state of the extracellular matrix regulates and molecular composition of cell-adhesions* / B-Z Katz, E Zamir, A .Bershadsky, KM Yamada, B. Geiger // *Molecular Cell Biology*, 2000. Vol.11. Issue 3. P.1047-1060.
4. *Волькенштейн Ф.Ф. Физико-химия поверхности полупроводников.* М.: Наука, 1973. 399 с.
5. *Biocompatibility-related surface characteristics of oxidized NiTi* / A.Danilov, T.Tuukkanen, J.Tuukkanen, T.Jamsa // *J Biomed Mater Res A*, 2007. 82A, 4; 810-819.
6. *Effect of metal alloy surface stresses on the viability of ROS-17/2. 8 osteoblastic cells* / A.Kapanen, A.Danilov, P.Lehekari, J.Ryhanen, J.Tuukkanen // *J. Biomaterials* 2002; 23:3733-40.
7. *Biocompatibility of austenite and martensite phases in NiTi-based alloys* / A.Danilov, A.Kapanen, S.Kujala, J.Saaranen, J.Ryhanen, A.Pramila, T.Jamsa, J.Tuukkanen // *J. Phys. IV France* 2003. Vol.112. P. 117-1120.
8. *Pilkinton S., Hwang SG, and Raftery D. Ethanol photocatalysis on TiO₂ coated optical microfiber, supported monolayer, an in situ NMR studu.* *Journal of Physical Chemistry B*, 1999. Vol.103. P. 1152-1160.
9. *Volkenstein F.F. The electronic theory of catalysis on semiconductors.* Oxford-London- New York-Paris: Pergamon Press, 1963.
10. *Chrzanowska-Wodnika M and Burridge K. Rho-stimulated contractility drives the formation of stress fibres and focal adhesions* // *Journal of Cell biology*, 1996. Vol.133. P. 1403-1415.

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ С УЧЕТОМ КРУТИЛЬНЫХ АВТОКОЛЕБАНИЙ

В.К. ХЕГАЙ

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

В работе рассмотрены вопросы минимизации крутильных автоколебаний при бурении скважин на нефть и газ. Получены соотношения, позволяющие разбить область управления режимными параметрами на различные зоны поведения бурильного инструмента, что дает возможность оптимизировать режимы бурения в зависимости от глубины скважины.

Ключевые слова: управление режимными параметрами, минимизация крутильных автоколебаний, оптимизация параметров режимов бурения

V.K. KHEGAY. TO THE PROBLEM OF DRILL PARAMETER OPTIMIZATION TAKING INTO ACCOUNT TORSION OSCILLATIONS

The problems of minimizing the torsion oscillations during well drilling on oil and gas have been solved in this work. We got ratio that allows dividing the spheres of regime parameters management on different zones of drilling tool behavior. It gives the opportunity to optimize drilling regimes depending on the well depth.

Key words: regime parameters management, torsion oscillations mineralization, drilling regimes parameter optimization

Оптимизация параметров режима бурения и объективность прогноза эффективности работы породоразрушающего инструмента оказывают решающее влияние на технико-экономические показатели строительства скважины. При разработке методов прогнозирования эффективности работы бурильного инструмента на забое скважины и выбора оптимальных режимов бурения, как правило, используются эмпирические зависимости, связывающие показатели отработки долот с режимными параметрами, но не учитывающие механических свойств бурильной колонны. В частности, развитие крутильных автоколебаний бурильной колонны, что приводит к периодической неравномерности вращения долота при его взаимодействии с забоем скважины, может сильно искажать эмпирические зависимости, полученные в случае равномерного вращения долота, как правило, в стендовых условиях [1-3 и др.]. Поскольку эти зависимости применяются для выбора параметров режима бурения, то проблема устойчивости вращения бурильной колонны (БК) является актуальной.

Исследованиями [3, 4 и др.] установлено, что при роторном бурении в 50% случаев бурильный инструмент работает в режиме автоколебаний и резонанса, что приводит к снижению производительности бурения до 35%.

В практике бурения компоновки БК обычно являются многомерными, т.е. колонна состоит из набора участков, отличающихся друг от друга своими механическими свойствами. В этом случае БК эквивалентна составному стержню, что, естественно, скажется на протекании в ней волновых процессов. В работе [3] исследована динамика составной колонны, состоящей из двух неоднородных

участков. В результате найдены соотношения, определяющие условия развития крутильных автоколебаний и границу временной остановки бурильного инструмента (прихвата), соответственно:

$$H = \left(1 - \frac{\mu_2 \lambda_1}{\mu_1 \lambda_2}\right) L + \frac{\lambda_1}{\mu_1} \ln \frac{G_2 J_{2P} + \lambda_2 |M_H| + k_t (G_2 J_{2P} - \lambda_2 |M_H|) e^{\frac{\mu_2 L}{\lambda_2}}}{G_2 J_{2P} - \lambda_2 |M_H| + k_t (G_2 J_{2P} + \lambda_2 |M_H|) e^{\frac{\mu_2 L}{\lambda_2}}}; \quad (1)$$

$$H_0 = \left(1 - \frac{\mu_2 \lambda_1}{\mu_1 \lambda_2}\right) L + \frac{\lambda_1}{\mu_1} \ln \left[\frac{\lambda_2 \Delta M_H + G_2 J_{2P} n_0}{\lambda_2 \Delta M_H - G_2 J_{2P} n_0} \left(1 + k_t e^{\frac{\mu_1 l}{\lambda_1}}\right) - k_t e^{\frac{\mu_2 L}{\lambda_2}} \right], \quad (2)$$

где $H = l + L$ – глубина (длина) скважины, l – длина первого участка колонны (бурильных труб); L – длина второго участка колонны (утяжеленных бурильных труб); H_0 – глубина (длина) скважины, соответствующая границе временной остановки долота; μ_1 и μ_2 – коэффициенты диссипации на соответствующих участках БК; λ_1 и λ_2 – скорости распространения крутильных возмущений на соответствующих участках БК; G_1 и G_2 – модули сдвига материалов на соответствующих участках колонны; M_H – момент сопротивления вращению бу-

рильного инструмента; $M'_H = \frac{\partial M_H}{\partial n_H}$; n_H – скорость

вращения долота; $k_t = \frac{\lambda_2 G_1 J_{1P} - \lambda_1 G_2 J_{2P}}{\lambda_2 G_1 J_{1P} + \lambda_1 G_2 J_{2P}}$ – коэф-

фициент отражения крутильных возмущений на границе раздела двух разнородных участков; J_{1P} , J_{2P} – полярные моменты инерции поперечного сечения колонны соответственно на первом и втором участках, ΔM_H – разность моментов сопротивления вращению долота; n_0 – скорость вращения верхней части колонны (ротора).

Эти условия позволяют решить задачу о выявлении в области управления режимными параметрами (P_0, n_0) различных зон, связанных с закономерностями вращения бурильного инструмента. Анализ данной задачи проведем с привлечением эмпирической зависимости $M_H(P_0, n_H)$ [3,5], справедливой для трехшарошечного долота:

$$M_H = AP_0 \left(1 + \frac{B}{n_H + \delta_0} \right), \quad (3)$$

где $A = 0.4a_0 d_0^2$; $B = 7.25$ – эмпирические постоянные, которые могут изменяться в зависимости от конструкции долота; a_0 – эмпирический коэффициент; P_0 – осевая нагрузка на долото, Н; d_0 – диаметр долота, м; $\delta_0 = 1 \div 1.5 \text{ с}^{-1}$; n_H – скорость вращения долота, с^{-1} .

Разность моментов ΔM_H в соответствии с [3] определяется соотношением

$$\Delta M_H = M_H(P_0, 0) - M_H(P_0, n_0), \quad (4)$$

где $M_H(P_0, 0)$ – момент сопротивления вращению долота в момент страгивания, $M_H(P_0, n_0)$ – номинальное значение момента на долоте.

Из выражений (3) и (4) находим

$$\left. \begin{aligned} \Delta M_H &= AB \frac{P_0 n_0}{\delta_0 (n_H + \delta_0)}, \\ |M'_H| &= AB \frac{P_0}{(n_0 + \delta_0)^2}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Рассмотрим вначале верхнюю границу автоколебаний, которая определяется уравнением (2). После ряда преобразований из данного соотношения находим ΔM_H

$$\Delta M_H = \frac{G_2 J_{2P} n_0}{\lambda_2} \frac{\left[\text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) + k_t \text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]}{\left[\text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) - k_t \text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]} \quad (6)$$

где $\text{ch} \alpha = \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{2}$, $\text{sh} \alpha = \frac{e^\alpha - e^{-\alpha}}{2}$ – соответственно гиперболический косинус и гиперболический синус аргумента α .

Приравнявая первое равенство (5) с (6) находим связь между режимными параметрами P_0 и n_0 на верхней границе автоколебаний.

$$P_b = \frac{G_2 J_{2P} \delta_0 (n_0 + \delta_0)}{\lambda_2 AB} \frac{\left[\text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) + k_t \text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]}{\left[\text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) - k_t \text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]} \quad (7)$$

Теперь рассмотрим нижнюю границу крутильных автоколебаний, которая определяется уравнением (1). Решив это уравнения относительно $|M_H|$, имеем

$$|M'_H| = \frac{G_2 J_{2P}}{\lambda_2} \frac{\left[\text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) + k_t \text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]}{\left[\text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) - k_t \text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]} \quad (8)$$

Аналогично приравняв второе равенство (5) с (8), найдем связь между режимными параметрами P_0 и n_H на нижней границе автоколебаний.

$$P_H = \frac{G_2 J_{2P} (n_0 + \delta_0)^2}{AB \lambda_2} \frac{\left[\text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) + k_t \text{sh} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]}{\left[\text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} + \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) - k_t \text{ch} \left(\frac{\mu_1 (H-L)}{2\lambda_1} - \frac{\mu_2 L}{2\lambda_2} \right) \right]} \quad (9)$$

На основании (7) и (9) проведем некоторые расчеты и построим зоны различной динамики бурильного инструмента. Расчеты проведем при следующих параметрах системы:

$$J_{1P} = \{ 2.6709 \cdot 10^{-6}; 17.61083 \cdot 10^{-6} \} \text{ м}^4;$$

$$J_{2P} = 92.11395 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$G_1 = G_2 = G = 7.7 \cdot 10^{10} \text{ Н} \cdot \text{м}^2;$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = 3200 \text{ м/с};$$

$$k_t = \{ -0.679; -0.758 \};$$

$$\alpha_0 = 0.19 \text{ м}; a_0 = 0.55; \delta_0 = 1.6 \text{ с}^{-1};$$

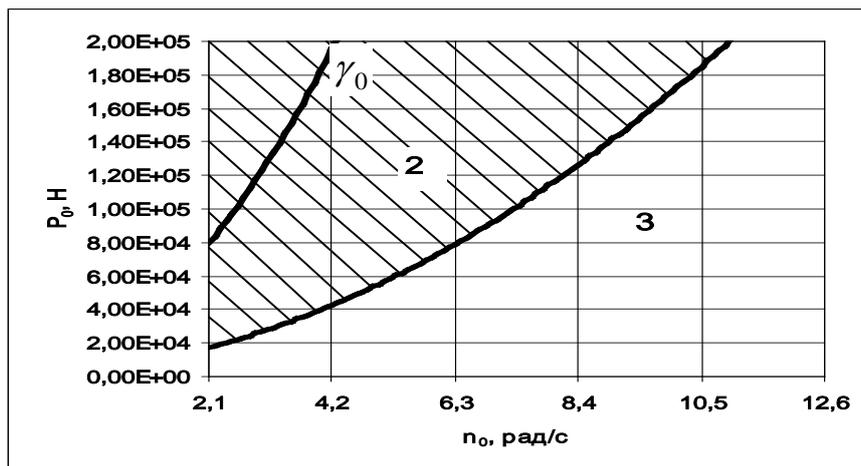
$$\mu = \{ 0.5; 1.0 \} \text{ с}^{-1}.$$

На рисунках 1-3 показана динамика изменений зон разбиения области управления в зависимости от глубины скважины H , коэффициента отражения волнового возмущения k_t и коэффициента диссипации μ . Как видно из этих рисунков, область управления режимными параметрами разбивается на несколько зон:

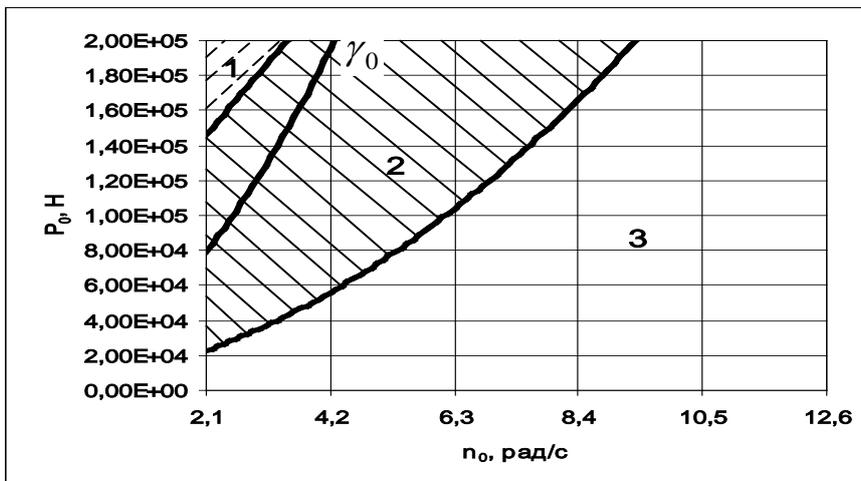
- временной остановки бурильного инструмента (пунктирная штриховка), определяемая неравенством $P_0 > P_b$;

- крутильных автоколебаний (сплошная штриховка), определяемая неравенствами $P_H < P_0 < P_b$ и $n_0 < n_0^*$;

H=2000 м



H=3000 м



H=4000 м

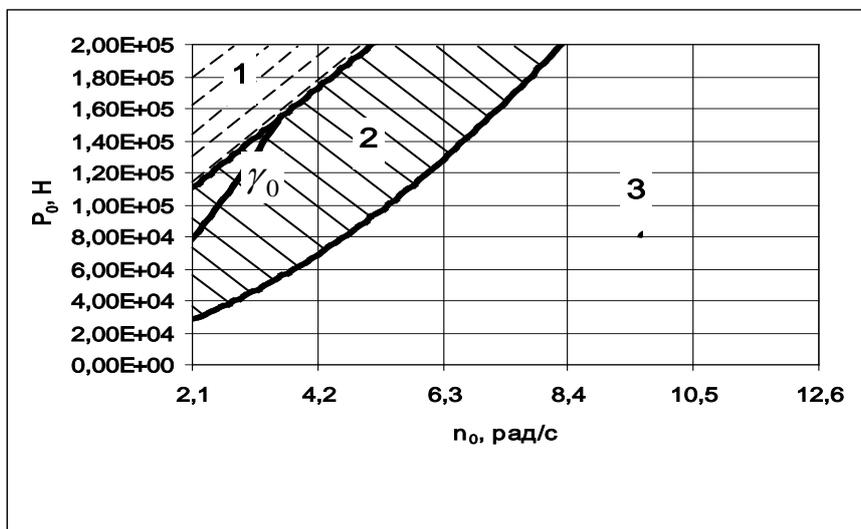
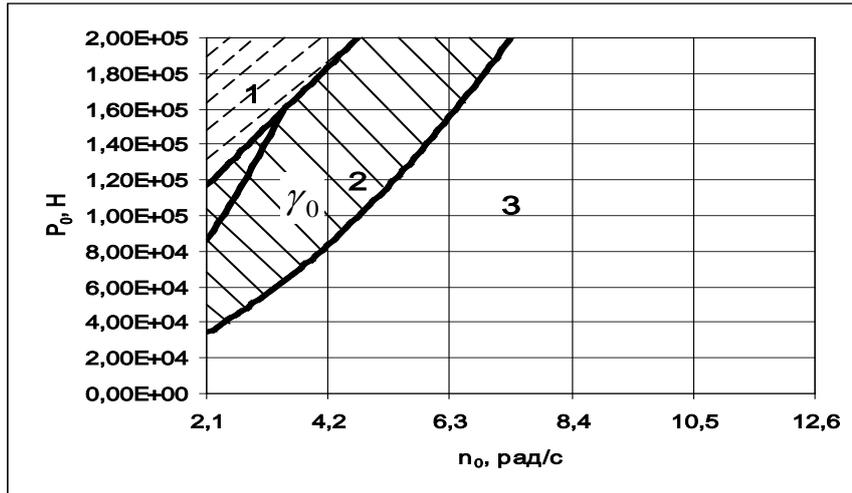
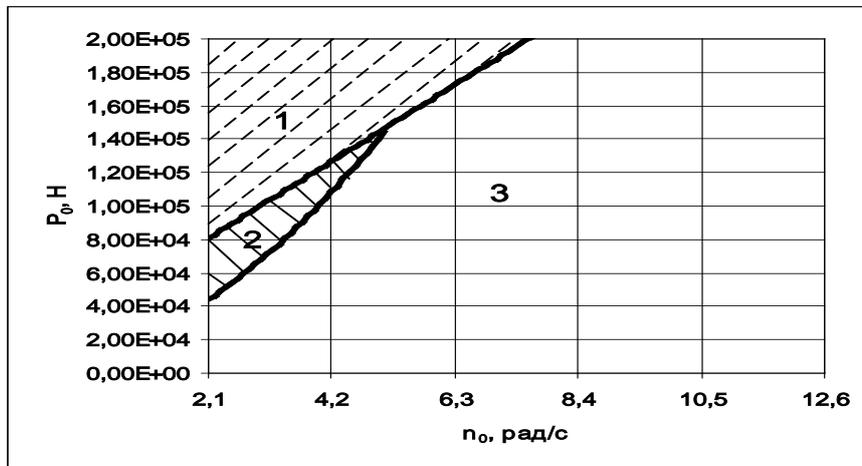


Рис. 1. Пример разбиения области управления режимными параметрами на различные зоны поведения бурового инструмента (первый вариант: $\mu = 0,5 \text{ с}^{-1}$; $k_t = -0,758$): 1 – зона временной остановки; 2 – зона развития крутильных автоколебаний; 3 – зона равномерного вращения; γ_0 – кривая неустойчивого равномерного вращения.

H=2000 м



H=3000 м



H=4000 м

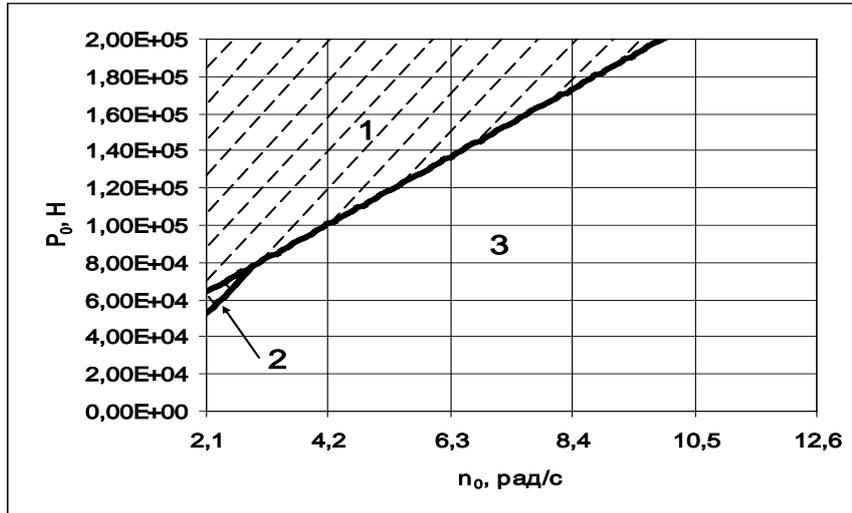
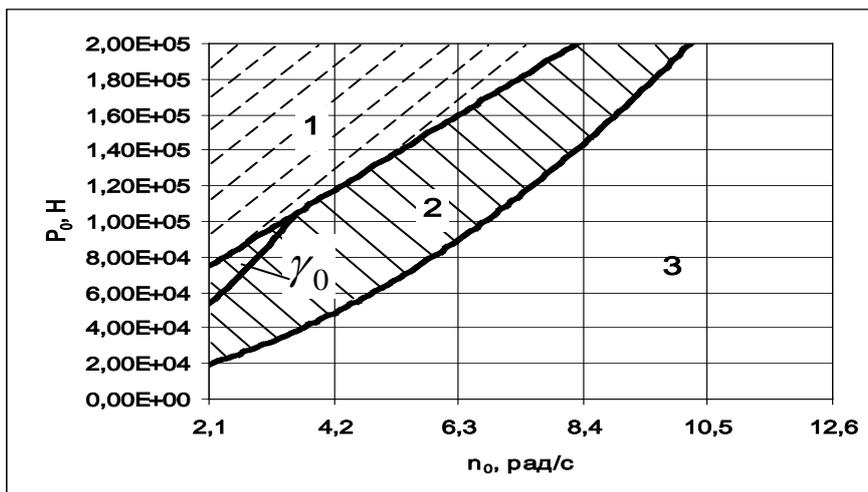
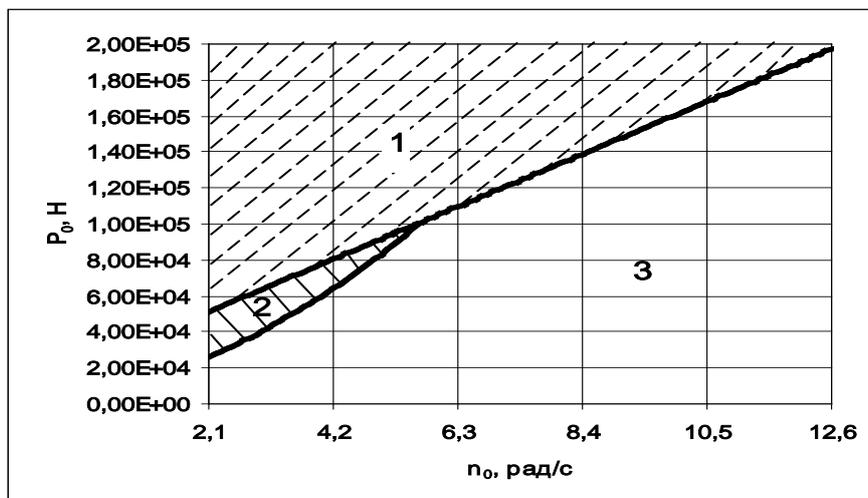


Рис. 2. Пример разбиения области управления режимными параметрами на различные зоны поведения бурильного инструмента (второй вариант: $\mu = 1.0 \text{ c}^{-1}$; $k_t = -0.758$): 1 – зона временной остановки; 2 – зона развития крутильных автоколебаний; 3 – зона равномерного вращения; γ_0 – кривая неустойчивого равномерного вращения.

H=2000 м



H=3000 м



H=4000 м

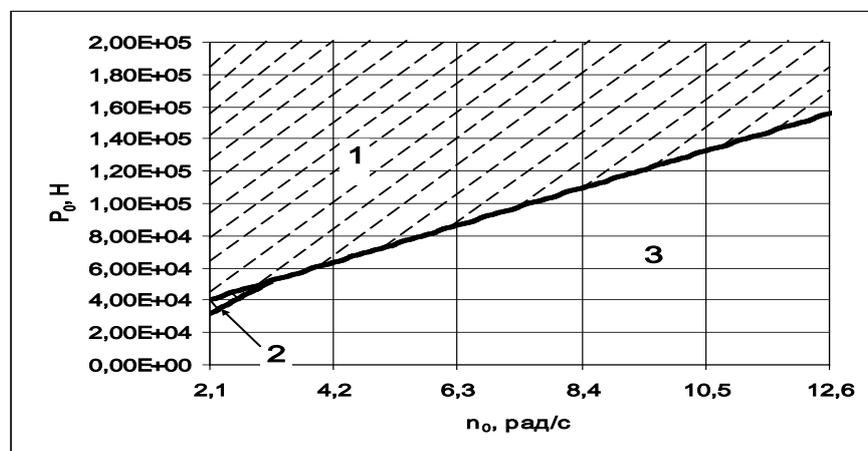


Рис. 3. Пример разбиения области управления режимными параметрами на различные зоны поведения бурильного инструмента при наличии УБТ (третий вариант: $\mu = 1,0 \text{ с}^{-1}$; $k_t = -0,679$): 1 – зона временной остановки; 2 – зона развития крутильных автоколебаний; 3 – зона равномерного вращения; γ_0 – кривая неустойчивого равномерного вращения.

- равномерного вращения бурильного инструмента, определяемая неравенствами $P_0 < P_H$ при $n_0 < n_0^*$ и $P_0 < P_b$ при $n_0 > n_0^*$; n_0^* – величина скорости вращения бурильного инструмента при выполнении условия $P_H = P_b$.

Из приведенных рисунков 1, 2 и 3 видно, что во всех случаях с возрастанием глубины (длины) скважины Н зона автоколебаний бурильного инструмента уменьшается. Это объясняется возрастанием сил сопротивления вращению колонны по мере увеличения глубины (длины) скважины и, как следствие, увеличение эффекта демпфирования. Данный эффект возрастает по мере увеличения коэффициента диссипации μ (см. рисунки 1 и 2). Причем при прочих равных условиях его увеличение приводит к более интенсивному расширению зоны временной остановки и уменьшению зоны автоколебаний. Эта тенденция усиливается с увеличением глубины (длины) скважины Н. Так, при $H = 4000$ м (рис. 2) область управления режимными параметрами (n_0, P_0) по сути разбивается на две сопоставимые зоны – зону временной остановки и зону равномерного вращения. Напомним, что работа бурильного инструмента в зоне временной остановки крайне не желательна, так как это может грозить поломкой всего бурильного оборудования.

Увеличение абсолютной величины коэффициента отражения k_t дает уменьшение зоны крутильных автоколебаний и зоны временной остановки, а зона равномерного вращения возрастает (рисунки 2 и 3). Приведенная выше структура формулы k_t показывает, что наличие в БК утяжеленных бурильных труб расширяет зону равномерного (устойчивого) вращения бурильного инструмента.

Наилучшими сочетаниями скорости вращения бурильной колонны и осевой нагрузки на долото будут те, которые находятся в зоне равномерного вращения инструмента (отсутствие крутильных и продольных низкочастотных колебаний). В этом случае сводятся к минимуму паразитные потери энергии, расходуемые на поддержание и развитие автоколебаний, что приводит к улучшению процесса разрушений горной породы и повышению срока службы долота. С другой стороны, в этой зоне сводится к минимуму влияние волновых процессов, с точки зрения динамики взаимодействия бурильного инструмента с породой, и на первый план выдвигается пара «долото – горная порода». Условия работы в этой зоне будут наиболее приближены к стеновым, и поэтому именно здесь можно ожидать наибольшего соответствия между результатами стеновой и промысловой отработки долот, а также выбирать наилучшее сочетание параметров режимов бурения, способствующих оптимизации процесса проводки скважины.

Литература

1. *Середа Н.Г., Соловьев Е.М.* Бурение нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 1988. 360 с.
2. *Юнин Е.К.* Управление низкочастотными колебаниями бурильной колонны с целью повышения эффективности процесса бурения: Дис. ...д-ра техн. наук. М., 1983. 367 с.
3. *Юнин Е.К., Хегай В.К.* Динамика глубокого бурения. М.: Недра, 2004. 286 с.
4. *Rapold K.* Drilling vibration measurement detect bit stick – slop // Oil and gas journal, 1993. Vol.91. No 9. P. 66 - 70.
5. *Юнин Е.К.* Низкочастотные колебания бурильного инструмента. М.: Недра, 1983. 132 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

И.В. КЫЗРОДЕВ¹, М.И. УСПЕНСКИЙ²

¹Сыктывкарский филиал ОАО «Вымпелком», г.Сыктывкар kiv@energy.komisc.ru

²Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
uspensky@energy.komisc.ru

Предложены и аргументированы метод и программная реализация комплекса поиска схем восстановления электропотребления в сетях на основе алгоритма обработки графа сети и искусственных нейронных сетей (ИНС). Оба алгоритма работают в конкурирующем режиме, взаимно сглаживая недостатки каждого отдельного метода. Теоретически обоснованы принципы работы комплекса, в частности, в отношении применения обобщенного вектора ошибок для самообучения ИНС и устойчивости решений. Программный комплекс, реализованный как часть «советчика диспетчера распределительных сетей», тестировался на 201-узловой сети с семью источниками электроэнергии и 227 связями и показал хорошие результаты.

Ключевые слова: **распределительные сети, восстановление электроснабжения, автоматизация, советчик диспетчера**

I.V.KYZRODEV, M.I.USPENSKY. POWER SUPPLY RESTORATIVE AUTO-MATION IN DISTRIBUTIVE NETWORKS

The method and program complex realization for restoration scheme search of a power consumption in networks on the basis of algorithm processing of the network count and artificial neural networks (ANN) are proposed and given reason. Both algorithms work in a competing mode, mutually smoothing lacks of each separate method. Work complex principles, in particular, concerning application of the generalized error vector for ANN self-training and solution stability are theoretically proved. The program complex realized as a part for "the adviser of the distributive network dispatcher", was tested on a 201 buses, 7 sources and 227 lines distribution network and one has shown good results.

Key words: **distributive network, power restoration, automation, dispatcher adviser**

Большинство потребителей распределительной сети может получать электроэнергию по нескольким различным цепям. При аварийном отказе одной или группы питающих связей с учетом существующего режима в сети необходимо быстро найти резервную цепь для подачи электроэнергии к отключенному потребителю. При этом должны быть учтены следующие требования: а) перегрузка элементов связи и падение напряжения у потребителя не могут превышать допустимые пределы; б) при необходимости ограничения нагрузки в первую очередь отключаются менее ответственные потребители.

Существующие методы восстановления питания потребителей распределительной сети можно условно объединить в три группы: 1) на основе теории графов и комбинаторной математики; 2) с созданием базы знаний при обучении и последующей выборкой из нее образа состояния схемы для конкретного события; 3) с использованием аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС).

К преимуществам первого из них относится нахождение варианта практически для любого режима, включая обоснованный отказ в питании тех

узлов потребления, которые по физическим или режимным условиям не могут быть подключены, например, при единственной и поврежденной связи [1-4]. Однако при кажущейся простоте он требует просмотра множества вариантов, а, следовательно, увеличивается время получения решения. Для сокращения количества вариантов обычно вводятся те или иные ограничения: комбинационные, режимные и т.д., уменьшающие их число до приемлемых значений, но и ухудшающие качество решения задачи.

При втором подходе множество возможных режимов моделируется вне реального времени и их выходные образы, удовлетворяющие обеспечению потребителей питанием (состояние выключателей связей), запоминаются в базе знаний. В реальном времени по входному образу (условиям некорректного режима) из базы выбирается соответствующий ему выходной образ – схема сети. Такой подход позволяет сравнительно быстро найти решение. Его недостатком является большой объем базы знаний, рост которого зависит практически экспоненциально от числа связей распределительной сети. Так, для распределительной сети с 1000 свя-

зей объем под базу знаний оценивается в 10^{21} Гбайт. С учетом различных ограничений эта цифра уменьшается, но все же остается значительной. Тем не менее, работы в этом направлении продолжаются [5-9].

Третий путь, с использованием ИНС, по форме во многом моделирует второй подход, но в качестве базы знаний используется функциональный нелинейный преобразователь (нейросети) входных образов в выходные. В этом методе после обоснованного выбора структуры и длительного обучения ИНС результаты решения получаются достаточно быстро. Однако их интерпретация к конкретному режиму создает в большинстве случаев определенную сложность и требует дополнительных действий по проверке корректности режима. Из нашего опыта решение методом ИНС представляет хорошее приближение для последующего его уточнения методами первого подхода.

Проблемой в указанных методах является модернизация распределительной сети. Если в первом случае ввод или добавление ее новых элементов увеличивает число рассматриваемых вариантов, то для двух последних весь процесс обучения для области сети, на которую модернизация связей и узлов оказывает влияние, необходимо повторить [7].

Определенную сложность составляет увязка работы компьютерного комплекса по поиску схемы питания потребителей распределительной сети с информационной базой ее диспетчерского пункта и с автоматикой управления режимами. В части информации обычно необходимы: модель полной схемы распределительной сети, состояние выключателей (включен, выключен, выключен и запрещен к включению), уровни нагрузки на момент доаварийного режима (считается, что такие нагрузки по возможности следует обеспечить в послеаварийном режиме) и перетоки по связям. Здесь не обсуждается вопрос оценки состояния сети, подробно рассматриваемый в ряде работ [10-13]. Что касается автоматики, то принято считать, что комплекс ищет решения для схемы сети после отработки автоматики повторного включения и ввода резерва и другой автоматики с учетом сложившегося после их работы состояния связей.

Нами предложен комплексный метод поиска схемы восстановления электроснабжения потребителей (рис.1), работающий на комбинации решения по алгоритму обработки графов (АОГ) и с помощью искусственной нейронной сети. Сравнительная простота используемого АОГ, с одной стороны, позволяет быстро находить схему для большинства узлов, с другой – не приводит к закливанию ее поиска в сложной конфигурации сети. ИНС быстрее работает при наличии решения в обучающей выборке. Такое сочетание позволяет снизить требования к вычислительным ресурсам комплекса для поиска схемы по сравнению с известными методами и уменьшить время решения. Восстановление схемы увязывается с информационной базой диспетчерского пункта и автоматикой управления режимами, в частности, по состоянию связей и уровням нагрузки на момент доаварийного режима. Отсутствующие данные восстанавливаются рас-

четными методами [14]. Учет «утяжеления» режима до восстановления нормальных условий в сети осуществляется соответствующими коэффициентами «утяжеления» нагрузок. Условиями-ограничениями в поиске решения являются: режимные – недопустимость перегрузки связей и падения напряжения в узлах больше заданной величины; приоритетные – при необходимости ограничения нагрузок в первую очередь должны отключаться менее ответственные потребители [15]. АОГ в значительной степени моделирует действия оперативно-персонала в конкретной ситуации с учетом перечисленных выше ограничений. Параллельно с ним ИНС на основе обучающей выборки пытается найти новую схему сети, удовлетворяющую указанным выше ограничениям. Все предложенные схемы проверяются блоком расчета режимов (БРР), который участвует в формировании обобщенного вектора ошибки (ОВО). ОВО указывает АОГ и ИНС приемлемость/неприемлемость предложенной схемы и в последнем случае направление поиска нового решения. АОГ ищет новую схему с учетом ограничений, указанных БРР. ИНС переходит в режим самообучения, перенастраиваясь в соответствии с ОВО. Блоки АОГ и ИНС в конкурирующем режиме отыскивают схему электроснабжения, удовлетворяющую условиям допустимости режима. При этом учитывается перераспределение потребителей между источниками электроэнергии для выравнивания загрузки последних.

Преимуществом АОГ является завершенность решения вне зависимости от начального состояния связей. Узлы, которые могут быть обеспечены энергией, снабжаются ею. По тем узлам, которые не обеспечиваются энергией из-за режимных или конфигурационных условий, выводится информация о причинах такой ситуации. Недостатком метода является сравнительно большое по компьютерным меркам время поиска решения (от долей до десятков секунд в зависимости от сложности схемы).

Достоинство ИНС – практически мгновенное решение по состояниям связей, вошедших в выборку обучения. При отсутствии состояния в выборке обучения время поиска решения в процессе самообучения сравнимо с аналогичным временем АОГ. Выявление причин неподключения нагрузок сложнее, чем в методе АОГ. Однако ввод решения для нового состояния схемы в выборку обучения при его повторении в дальнейшем приводит к быстрому определению решения.

Блок расчета режимов использует информацию о необходимых нагрузках потребителей, предполагаемых мощностях и напряжениях в корневых узлах сети, параметрах связей, их состояниях (включена, отключена, запрещена к включению) и ограничениях в конфигурации сети. Основа расчета режима ввиду его традиционности не приводится. Его результат – нахождение перетоков по связям и напряжениям в узлах.

Структура работ АОГ отражена укрупненной блок-схемой (рис.1, блок АОГ). После отключения повреждения в АОГ вводится информация о состоянии выключателей и напряжениях на шинах узлов сети на момент расчета, а также нагрузок потребителей в узлах до нарушения сети. Оп-

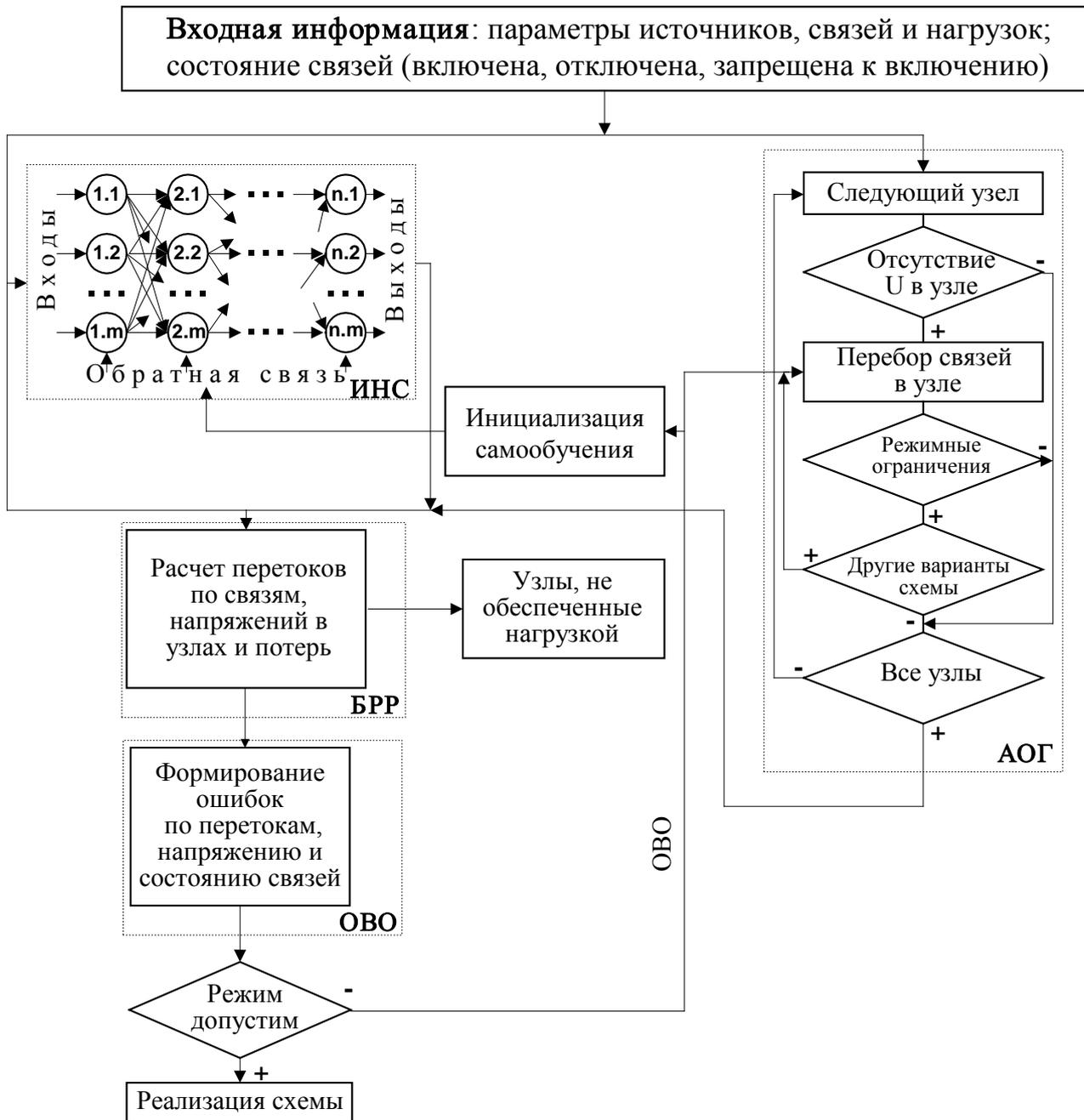


Рис. 1. Блок-схема алгоритма восстановления питания потребителей электроэнергии.

ределяются обесточенные узлы и выявляется их число. При количестве отключенных узлов больше половины их подключение осуществляется алгоритмом начального подключения нагрузок [16], позволяющим быстро восстановить основную часть схемы с учетом категоричности электроснабжения узла. Если число отключенных узлов небольшое, то из их списка в первую очередь выбирается узел, имеющий наиболее высокую категорию надежности электроснабжения и наибольшую требуемую мощность нагрузки. От выбранного узла отыскивается цепь до ближайшего узла, располагающего необходимой мощностью. Алгоритм поиска цепи основан на поиске источника по графу схемы [17]. Отличием является то, что поиск ведется сначала в ширину, а потом в глубину. Такая перестройка ал-

горитма позволяет подключать узел к ближайшему, располагающему необходимой мощностью, узлу, что снижает потери на переток. Расчет режимных параметров происходит в БРР, а контроль режимных условий – блоком ОВО. Если необходимых связей не найдено, то информация об отключенном узле и причинах этого выводится на монитор.

Блок поиска схемы восстановления на ИНС (рис.1, блок ИНС) представляет собой многослойную полносвязанную нейросеть, в первый слой которой вводится информация о текущем состоянии связей. Выходной слой формирует предлагаемое решение состояния связей.

На этапе обучения ИНС настраивает весовые коэффициенты элементов с помощью алгоритма обратного распространения ошибки (BP – back

propagation) [18] так, чтобы для входной функции $r(\mathbf{k})$ аппроксимировать функцию решений $u(\mathbf{k})$ обучающей функцией $u^*(\mathbf{k})$ для $\mathbf{k} \in [1, N]$, где N – набор примеров обучающей выборки.

В процессе решения, получив текущую входную функцию, близкую к $r(\mathbf{k})$, сеть восстанавливает на выходе функцию $u(\mathbf{k})$. Для случаев, не попавших в выборку обучения, выходная функция не всегда приводит к допустимому режиму. Проверку на допустимость режима выполняет БРП, по результатам работы которого формируется вектор ошибки. Последний инициализирует самообучение ИНС [19].

Применение алгоритма ИНС с самообучением для решаемой задачи связано с обоснованием сходимости ее решения. Такой анализ проведен на основе элементарной схемы из трех линий связи с тремя коммутирующими аппаратами (рис.2) перебором всех возможных состояний ее коммутирующих устройств и определением обобщенного вектора ошибки в каждом наборе состояний для воздействия на ИНС [20]. Указанный подход связан с возможностью эквивалентного преобразования сети к элементарной схеме. Показано, что после нескольких итераций (от одной до трех для приведенного примера) ОВО становится нулевым, следовательно, для указанной схемы сходимости решения обеспечиваются. Но поскольку в определении ОВО каждая связь рассматривается отдельно, то любые другие возможные схемы с различными сочетаниями состояний коммутирующих устройств и располагаемых или/и потребляемых мощностей сводятся к одному из рассмотренных на элементарной схеме случаев.

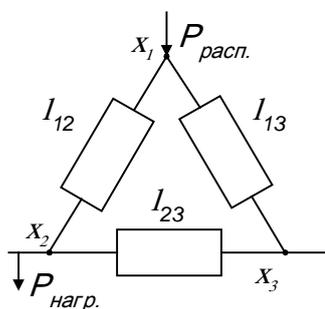


Рис. 2. Элементарная схема распределительной сети.

Как отмечено выше, при восстановлении питания потребителей важно учитывать их категории по надежности электроснабжения. Последняя характеристика учитывается через приоритет узла сети. Значения приоритета каждого узла с учетом его категории изначально задаются экспертом и хранятся в таблице данных по узлам (табл. 1) [17]. В алгоритмах с последовательной обработкой узлов (АОГ, БРП) их порядок определяется текущим значением приоритета по убыванию.

Необходимо отметить, что для корректной работы ИНС введена система нормирования приоритетов узлов. Приоритеты всех узлов ограничены рамками от 0,7 до 1. Значения меньше 0,7 не используются, так как их эффективность при работе алгоритма низка, особенно при наличии у узла нескольких линий связи. Преобразование реальных приоритетов в нормированные происходит автома-

тически, согласно простой линейной зависимости, т.е. узлу максимального приоритета соответствует $Q=1$, а узлу минимального – $Q=0,7$. Очевидно, что приоритеты узлов не должны отличаться в сотни и тысячи раз, так как в противном случае различие между узлами с близкими приоритетами для алгоритма будет слабым и неэффективным с точки зрения временных затрат работы программы.

В ручном режиме формирования приоритета узлов для первой категории рекомендуется использовать значения $Q=0,9$ и выше, для узлов второй категории – $Q=0,8 \dots 0,85$, для третьей – $Q=0,7 \dots 0,75$. Очевидно, что среди узлов одинаковой категории, например, первой, существуют узлы, которые необходимо подключить в первую очередь. Для возможности реализации такой особенности и введен интервал значений q . При этом, чем выше значение q , тем обязательно будет подключен узел. Для оптимальной (с точки зрения временных затрат) работы алгоритма не рекомендуется указывать значения приоритетности узла третьей категории в пределах 0,75-0,8, а для второй категории 0,85-0,9, так как это приведет к пограничному эффекту, когда по значимости обеспечения электроэнергией узел третьей категории приблизится к узлам второй, а узел второй категории надежности электроснабжения приблизится к первой, соответственно.

Такое отличие в формировании ошибки подключения узла, с одной стороны, «заставит» алгоритм подключить высокоприоритетные узлы даже при дефиците располагаемой мощности для обеспечения всех узлов распределительной сети, а с другой стороны, не допустит отключения узла с высоким приоритетом в целях подключения узлов с меньшим приоритетом.

Процесс определения веса ошибки q состояния связи зависит от приоритета узлов, которые связь может соединить. Допустим, связь j может соединить узлы i_1 (приоритет Q_1) и i_2 (приоритет Q_2). Тогда приоритет этой связи $q_j=Q_1$, если питающим узлом будет i_2 , и $q_j=Q_2$, если питающим узлом будет i_1 .

Программную часть системы можно разделить на пять условно независимых блоков (рис. 3). Основу поискового алгоритма составляют блоки АОГ и ИНС. Изначально в структуру алгоритма была заложена конкурентная обработка двух различных процессов при поиске решения. Процессы выполняются взаимно независимо, но используют одну и ту же входную информацию. При этом среднее время нахождения решения для достаточно большой выборки искомых решений должно существенно сократиться.

Информация формируется в таблице характеристики узлов и связей (табл. 1). В целочисленной ее части (uzi, lni) описаны топология связей между узлами, их состояние (включена/отключена) и приоритет узла по категоричности электроснабжения. В части значений с плавающей запятой (uzf, lnf) сохраняются параметры для узлов и связей по напряжению, располагаемым и потребляемым мощностям, их перетокам, допускам по перегрузке и т.д. Здесь курсивом выделены параметры, задаваемые оператором или получаемые от оперативного измерительного комплекса (ОИК). Прямым шрифтом отмечены параметры, рассчитываемые программами.

Параметры, связи и состояния элементов схемы

Переменная	s	Описание узлов	Номер узла, n			
			1	2	...	n _u
uzi [n,s]	1	Состояние (признак + отключен/ подключен)				
	2	Номер питающей связи				
	3	Приоритет подключения узла				
uzf [n,s]	1	Ген./потр. активная мощность (нагрузка с +)				
	2	Ген./потр. реактивная мощность (индуктивная с +)				
	3	Активная мощность узла (суммарная)				
	4	Реактивная мощность узла (суммарная)				
	5	Располагаемая в узле активная мощность				
	6	Располагаемая в узле реактивная мощность				
	7	Напряжение в узле				
Переменная	s	Описание связей	Номер связи, n			
			1	2	...	n _l
lni [n,s]	1	Узел начала связи				
	2	Узел конца связи				
	3	Состояние связи (включена, отключена или отключена с запретом на включение)				
inf [n,s]	1	Активное сопротивление				
	2	Реактивное сопротивление				
	3	Длительно допустимый ток связи				
	4	Текущее значение тока по связи				
	5	Активная мощность перетока				
	6	Реактивная мощность перетока				
	7	Потери напряжения				
	8	Потери активной мощности				
	9	Потери реактивной мощности				
	10	Коэффициент допустимой перегрузки на заданное время				



Рис. 3. Блок-схема программного обеспечения системы.

Программная реализация рассматриваемого подхода основана на использовании MS Visual C++ версии 6.0. К настоящему времени удалось реализовать два независимых модуля АОГ и ИНС, которые объединены в одну программу, однако могут параллельно исполняться на разных процессорах мультипроцессорных компьютеров или вычислительных кластеров. Одной из особенностей программного кода является удобство включения дополнительных модулей (конкурирующих процессов) для поиска решения с использованием других методов. Следовательно, можно не только постоянно модернизировать уже используемые алгоритмы, но и оценивать качество, вычислительные и временные затраты для новых алгоритмов. Еще одной положительной стороной выбранной архитектуры программного комплекса является то, что интерфейс пользователя по формированию, изменению и дополнению тестовых распределительных сетей полностью отделен от задач поиска решения, служит исключительно для подготовки входных данных и может изменяться независимо от указанных задач.

Отдельной проблемой в ходе разработки алгоритма была оценка времени его выполнения, так как в известных нам публикациях время на поиск решения резко увеличивалось с ростом числа элементов распределительной сети [21]. Была опасность, что положительно зарекомендовавший себя по этому параметру при малом количестве узлов и межузловых связей алгоритм резко ухудшит свои результаты при увеличении элементов сети. Проверка этого параметра показана ниже при опробовании алгоритма.

Оценить требования к памяти при расширении схемы распределительной сети на один i -й элемент (узел, линию связи, коммутирующий элемент) можно исходя из формулы: $\Delta M = kT$, где $k=1,07$ – коэффициент, определенный экспериментальным путем, а T_i – количество байт памяти, необходимое для хранения данных об i -м элементе схемы. При этом для узла ($i=1$) $T_1=130$ байт; для линии связи ($i=2$) $T_2=234$ байта; для коммутирующего элемента ($i=3$) $T_3=30$ байт. Таким образом, в тестовой схеме общий объем используемой памяти для последней тестируемой схемы распределительной сети легко подсчитать по формуле:

$$M = 1.07 \cdot [201 \cdot (130 + 7) + 227 \cdot 234 + 165 \cdot 30] + R \approx 91598 + R,$$

где R – объем памяти, занимаемый вне зависимости от количества элементов, присутствующих в схеме. Эта память не является постоянной, ее размер колеблется в зависимости от того, какой размерности используется ИНС.

Отладка программного комплекса проводилась на тестовой схеме [16]. Несмотря на свою простоту, схема давала возможность проверить все основные случаи, возникающие в реальных распределительных сетях, такие как: использование резервной линии при выходе основной в нерабочее состояние, переключение нагрузки на узел с большей располагаемой мощностью и/или наименьшими потерями, невозможность обеспечения потребителя электроэнергией в связи с режимными ограничениями или неисправностью всех связей данного узла. С другой стороны, именно простота схемы делала ра-

боту программного комплекса наглядной, позволяя сразу проверять результаты работы алгоритма, сверяя их с данными, полученными вручную.

Следующим этапом тестирования программы был переход на более сложную схему. Решено было использовать схему одного из энергоузлов распределительной сети Коми энергосистемы. Общее число узлов выросло до 201, количество связей – до 227, семь источников питания, в том числе пять дизель-генераторов, 165 коммутирующих устройств. Как уже отмечалось, авторы были готовы к увеличению временных задержек и повышению требований к ресурсам памяти, но, как показал эксперимент, серьезных изменений не произошло. Очевидно, что с увеличением элементов схемы, каждый из которых содержит определенные данные о своей структуре и физических свойствах, объем памяти неминуемо увеличивается, но зависимость эта имеет линейный характер, а ее коэффициент примерно равен единице (рассматриваются затраты оперативной памяти компьютера, необходимой для работы программы).

В ходе измерения скорости работы алгоритма на схемах различной размерности выяснилось, что прирост временных затрат, как и в случае с ресурсами памяти, имеет практически линейный характер с умножением на постоянный коэффициент, близкий к двум. Это обусловлено в первую очередь неминуемым повышением размерности ИНС как по входному и выходному слоям, так и по внутренней структуре. Временные затраты на начальное обучение ИНС в расчетах не учитывались, так как имеют место в режиме offline с экспоненциальным ростом при увеличении размерности и числа примеров для обработки.

Особенностью интерфейса программы является многооконный интуитивно понятный подход как при создании схемы и ее обработке, так и при отражении текущих процессов в распределительной сети (рис. 4). Он позволяет отображать на мониторе как предаварийное состояние схемы с соответствующими состояниями коммутирующих устройств, перетоками и нагрузками, так и предлагаемое решение по восстановлению схемы электроснабжения. Тем не менее, существуют правила, которых следует придерживаться при формировании и редактировании схемы. Некоторые условия не являются критичными, т.е. обязательными, но в то же время могут в последующем существенно (на 5-10%) увеличить скорость нахождения решения, а также информативность отображения схемы.

К обязательным условиям, связанным с редактированием исходных схем и данных, относятся: 1) наличие двух коммутирующих элементов (выключателей) на каждой связи между шиной с генерируемой мощностью и любой другой; 2) связь должна быть с обоих концов подсоединенной к узловым шинам; 3) на любой линии связи может быть отмечено не более двух коммутирующих элементов, причем если на линии два коммутирующих элемента, то они работают синхронно, т.е. оба одновременно включены, выключены или запрещены к включению. Отрезок линии между двумя отпайками в программах представлен как линия без коммутирующих устройств. В этом случае ее состояние

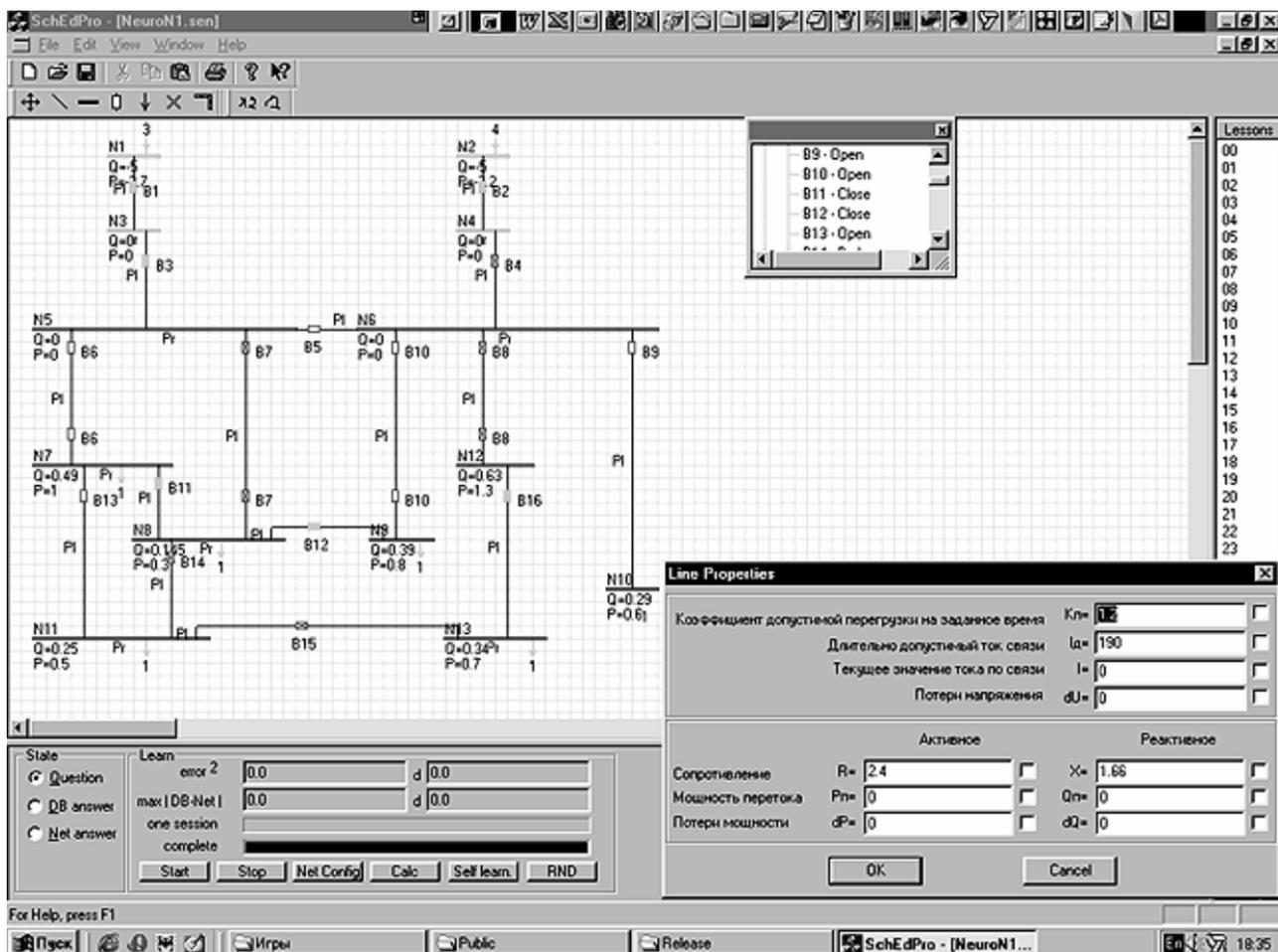


Рис. 4. Окно комплекса восстановления электроснабжения потребителей распределительной сети.

определяется по наличию напряжений на ее концах и может либо отсутствовать на обоих концах, и тогда линия считается отключенной, либо присутствовать, и тогда линия считается включенной; 4) шины на экране монитора могут располагаться только горизонтально, что связано со спецификой программирования узлов; 5) коммутирующие элементы и линии связи могут располагаться вертикально или горизонтально; 6) узел с генерируемой мощностью задается как узел с отрицательной мощностью потребления.

К желательным, но не обязательным условиям редактирования относятся следующие: 1) линия связи должна начинаться в узле, который является обычно питающим, и заканчиваться в узле, обычно потребляющим, что ускоряет процесс нахождения схемы восстановления; 2) между шиной с генерацией и первым узлом с потреблением должна располагаться «пустая» шина, т.е. узел с нулевым потреблением и нулевой генерацией, что связано с программной технологией нахождения генерирующего узла; 3) должны задаваться необходимые параметры элементов схемы, такие как: тип линии, длина и тип провода, уровни напряжений линий связи. Допустимые значения токов, активные и реактивные сопротивления линий определяются автоматически по справочным данным в редакторе схемы. Значения генерируемой и потребляемой активной и реактивной мощности в узлах, а также

состояния коммутирующих устройств по возможности поступают по каналам телеизмерений и телесигнализации. Для узлов и связей, по которым текущие данные не могут быть получены указанным образом, имеется возможность задавать их таблично в зависимости от заданных условий, либо корректировать вручную. Полный список необходимых для расчета параметров и их размещение в таблицах информации даны в работе [17]; 4) желательно уменьшить количество требуемой для отображения информации о каждом из элементов схемы, сократив ее до минимально необходимой.

Все режимы работы проверялись на компьютере класса Intel Pentium MMX-166, с объемом ОЗУ в 64 Мбайта. Замеры по времени осуществлялись при запуске программы из компилятора Visual C++ 6.0 в отладочном режиме. Даже в таких неоптимальных условиях программа показала хорошие результаты по времени нахождения решения, которое составляло не более 0,5 с., где на долю отображения информации приходилось 0,3 с. Исходя из статистики темпа роста временных затрат при увеличении количества элементов схемы с запуском программы в рабочем, а не отладочном режиме, можно сделать предположение, что время на решение задач в схемах с количеством элементов, отражаемых в программах, порядка 10 тыс. (в рассмотренном примере их более 600), может составить не более 6 с. При увеличении мощности про-

цессора и видео подсистемы втрое, что соответствует возможностям современных компьютеров, можно реализовать поиск схемы восстановления электроснабжения в сложных сетях в режиме реального времени.

Заключение

Предложенный метод позволяет с помощью средств вычислительной техники автоматизировать восстановление электроснабжения потребителей распределительной сети при авариях и режимных ограничениях и снизить вероятность ошибок персонала.

Особенностью метода является совместное применение конкурирующих процессов поиска решения алгоритмом обработки графов и нейросетью, использующих в конкретной ситуации преимущества каждого из них и снижающих время поиска.

При отсутствии готового решения в выборке обучения ИНС динамическое ее самообучение производится в реальном времени на основе разработанных методики и алгоритма определения обобщенного вектора ошибки. Найденное новое решение пополняет указанную выборку.

Опробование метода на тестовых схемах распределительной сети показало его работоспособность. Реализация данного метода предполагается в Южных сетях АЭК «Комизэнерго».

Литература

1. *A new network reconfiguration technique for service restoration in distribution network* / N.D.R.Sarma, V.C.Prasad, K.S.Prakasa Rao, V.Sankar // IEEE Trans. on PWRD, 1994. Vol.9. No.4. P. 136-142.
2. *Realtime service restoration in distribution network* / N.D.R.Sarma, V.C.Prasad, K.S.Prakasa Rao, Manda Srinivas // IEEE Trans. on PWRD, 1994. Vol.9. No.4. P. 2064-2070.
3. *Popovic D.S., Ciris R.M.* A multi-objective algorithm for distribution network restoration // IEEE Trans. on PWRD, 1999. Vol.14. No.3. P.1134-1141.
4. *Фосин Ю.А., Хозинов М.А.* Об одном из способов решения корректирующих переключений в послеварийных режимах // Надежность при управлении развитием и функционированием электроэнергетических систем. Иркутск: СЭИ, 1989. С. 149-155.
5. *Hsu Yuan-Yih, Li-Ming Chen, Jian-Liang Chen.* Application of microcompute-based database management system to distribution system reliability evaluation // IEEE Trans. on PWRD, 1990. Vol.5. No.1. P. 343-350.
6. *Zhang Z.Z., Hope G.S., Malik O.P.* A knowledge-based approach to optimize switching in substations // IEEE Trans. on PWRD, 1990. Vol. 5. No.1. P. 103-109.
7. *Dabbaghchi Iraj, Gursky Richard J.* An abductive expert system for interpretation of realtime data // IEEE Trans. on PWRD, 1993. Vol. 8. No.3. P. 1061-1069.
8. *DcDermott T.E., Drezga I., Broadwater R.P.* A heuristic nonlinear constructive method for distribution system reconfiguration // IEEE Trans. on PWRD, 1999. Vol. 14. No.2. P. 478-483.
9. *Adibi M.M.* Power System Restoration: Methodologies & Implementation Strategies // Wiley-IEEE press, 2000. 690 p.
10. *Гамм А.З.* Статистические методы оценивания состояния электроэнергетических систем. М.: Наука, 1976. 220 с.
11. *Унароков А.А.* Вычислительные аспекты оценки состояния электроэнергетических систем // Изв. РАН. Энергетика, 1995. №2. С. 123-129.
12. *Гамм А.З.* Вероятностные модели режимов электроэнергетических систем. Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская изд-я фирма, 1993. 133 с.
13. *Хохлов М.В., Чукреев Ю.Я.* Повышение достоверности информационного обеспечения задач оперативного управления ЭЭС с использованием искусственных нейронных сетей // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2000. С.261-268. (Сб. науч. тр.; вып. 51).
14. *Uspensky M.I., Kyzrodev I.V., Kirushev S.A.* Estimation of power flows on outgoing feeders at absence of their telemetry // Proceeding of the international symposium "MEPS'06". Wroclaw, 2006. P. 554-559.
15. *Успенский М.И., Старцева Т.Б., Шумилова Г.П.* Компьютеризация управления режимами на подстанциях. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1996. 80 с.
16. *Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами* / Н.А.Манов, Ю.Я.Чукреев, М.И. Успенский и др. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 205 с.
17. *Успенский М.И., Кызродев И.В.* Алгоритм обработки графа схемы при восстановлении питания потребителей распределительной сети / Труды СЛИ. Т.3. Сыктывкар, 2002. С.212-216.
18. *Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J.* Learning internal representations by error propagation // Parallel distributed processing, 1986. Vol.1. No.8. P.318-362.
19. *Успенский М.И., Кызродев И.В.* Использование искусственных нейронных сетей при поиске схемы восстановления электроснабжения // Современные проблемы надежности систем энергетики: модели, рыночные отношения, управление реконструкцией и развитием. М.: ГУП изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2000. С. 161-167.
20. *Кызродев И.В., Успенский М.И.* О сходимости решения при самообучении нейросети в процессе восстановления электроснабжения потребителей // Информацион. технологии в электротехнике и электроэнергетике. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2002. С.160-163.
21. *Успенский М.И.* Поиск схемы обеспечения нагрузок в распределительной сети // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. С.32-34.

ОСОБЕННОСТИ И ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

Л.М. РУЗИН

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

lruzin@yandex.ru

Статья посвящена оценке состояния работ по освоению и внедрению современных технологий добычи высоковязких нефтей (ВВН) в Республике Коми, от чего зависит решение главной проблемы нефтяной отрасли – проблемы увеличения нефтеотдачи. Выполнен анализ факторов, сдерживающих освоение залежей высоковязких нефтей. Предложены перспективные технологии разработки залежей высоковязких нефтей РК.

Ключевые слова: высоковязкие нефти, нефтеотдача, тепловые методы добычи, новые технологии увеличения нефтеотдачи, учебно-производственные полигоны

L.M.RUZIN. FEATURES AND INNOVATIVE AREAS OF THE DEVELOPMENT OF HIGH-VISCOSITY OIL RESOURCES

The paper is devoted to assessing the status of work on the development and introduction of modern technologies for the extraction of HVO in the Komi Republic. Solving of the main problem of the Oil industry – the problem of increasing oil recovery – depends on the effectiveness of this assessing. The analysis of the factors impeding the development of high-viscosity oil is done. Perspective technologies for development of high-viscosity oil deposits of Komi are proposed.

Key words: high viscosity oils, production rate, thermal methods of extraction, new technologies of production rate, training and production sites

За последние 30 лет в РФ средняя проектная нефтеотдача снизилась с 40-41 до 33-34 %, что, безусловно, связано с ухудшением структуры запасов, т.е с увеличением доли трудноизвлекаемых запасов, в том числе объектов с аномальными нефтями. Поскольку ухудшение структуры запасов это ожидаемый и неизбежный процесс, то на него должен быть соответствующий вызов нефтяной науки. И надо сказать, что для большинства таких объектов в мировой практике имеются и широко применяются современные технологии, адекватные самым сложным геологическим условиям залежей. К таким технологиям относятся тепловые, газовые, химические, микробиологические методы и их различные модификации и комбинации.

Однако в РФ практически все месторождения, независимо от особенностей их геологической характеристики, продолжают разрабатываться с применением традиционных технологий с заводнением или на естественном режиме. Совершенно очевидно, что применение заводнения не оправдывает себя практически на всех месторождениях с карбонатными, трещиновато-пористыми коллекторами и с аномальными нефтями. На многих таких месторождениях нефтеотдача меньше 15-20 %, что недопустимо. Характерен пример разработки двух соседних пермо-карбонатовых залежей Возейского и Усинского месторождений, представленных трещиноватым карбонатным коллектором. Ожидаемая конечная нефтеотдача пермо-карбонатной залежи Возейского месторождения, содержащей легкую

нефть и разрабатываемой с заводнением, не превышает 15%. В то же время нефтеотдача аналогичной залежи Усинского месторождения с более сложным и неоднородным строением коллектора, содержащего нефть вязкостью 700 мПа.с, при тепловом воздействии на пласт составляет не менее 30%. Это объясняется тем, что при закачке в трещиноватый пласт холодной воды низкопроницаемые коллектора, содержащие основные запасы нефти, оказываются блокированными водой, заполнившей высокопроницаемые каналы и их практически невозможно вовлечь в разработку. Понятно, что для таких объектов необходимы новые технологии, позволяющие эффективно воздействовать именно на низкопроницаемые коллектора. К таким технологиям относятся тепловые методы. При закачке в залежь теплоносителя, который также прорывается по высокопроницаемым зонам, менее проницаемые коллектора прогреваются за счет теплопроводности и вовлекаются в разработку за счет целого ряда эффективных механизмов нефтеизвлечения, инициированных тепловой энергией. Эти механизмы нами хорошо изучены в процессе лабораторных исследований. Учитывая это, в качестве перспективных объектов для применения тепловых методов могут рассматриваться также залежи легкой нефти, приуроченные к карбонатным и трещиновато-пористым коллекторам, особенно с гидрофобной характеристикой.

Во многих странах (США и др.) средняя проектная нефтеотдача повышается до 41 %, в том

числе и за счет широкого применения современных технологий. При этом структура запасов значительно хуже, чем в РФ. Из 360 проектов по применению современных методов увеличения нефтеотдачи (МУН), реализуемых в мире на 01.01.2008 г., 166 проектов (46%) приходится на тепловые методы (в основном паротепловые), причем 70 проектов (42%) реализуются в США [1]. Анализ показывает, что тепловые методы эффективно применяют в широком диапазоне вязкостей нефти (от 20 до 5 млн. мПа.с) на залежах, представленных крайне неоднородными, трещиноватыми коллекторами. Даже в условиях, которые считаются экстремальными для заводнения, средний коэффициент извлечения нефти при тепловом воздействии на пласт составляет 51% и в редких случаях достигает 60-70% [2]. Ни на одном месторождении легкой нефти, разрабатываемом с заводнением, не достигнута такая нефтеотдача. В последние годы в разных странах мира ежегодно добывается около 80 млн. т нефти за счет тепловых технологий, что составляет 65% от всей мировой добычи с применением МУН [1].

Актуальность проблемы освоения высоковязких нефтей (ВВН) для Республики Коми обусловлена тем, что здесь они составляют около 50% всех разведанных запасов. В настоящее время это единственный район в РФ, где в широком промышленном масштабе десятки лет добывается аномально вязкая нефть с применением современных термических технологий. На 01.01.2009 г. здесь добыто около 80 млн.т нефти, в том числе около 29 млн.т за счет закачки в пласты пара. Из 2 млн. т ежегодной добычи высоковязкой нефти около половины добывается за счет применения тепловых методов. В процессе разработки этих месторождений накоплен большой промысловый опыт освоения новых технологий и технических средств добычи ВВН в различных геолого-промысловых условиях, создан уникальный термошахтный метод, позволивший повысить нефтеотдачу пласта с 5 до 55 – 60 %, впервые в РФ освоены технология и технические средства для закачки пара с температурой свыше 300 °С на глубину до 1400 м на Усинском месторождении [3].

Несмотря на эти достижения, приходится констатировать, что потенциал огромных ресурсов ВВН и в нашем районе используется недостаточно: объемы закачки пара и добычи нефти в последние 10 лет практически не растут, а темпы отбора нефти составляют всего 0,6% от начальных извлекаемых запасов. Самая крупная в регионе пермокарбоновая залежь Усинского месторождения с остаточными геологическими запасами аномально вязкой нефти около 680 млн.т разрабатывается с 1977 г. Залежь представлена трещинно-поровокавернозным карбонатным коллектором очень сложного строения. Анализ промысловых данных однозначно показал, что применение традиционных способов разработки пермокарбоновой залежи не позволяет повысить нефтеотдачу пласта более 7-8% [2]. В настоящее время 85% всех запасов залежи продолжает разрабатываться на неэффективном естественном, в основном упруговодонапорном режиме. Это привело при нефтеотдаче 7,5 % к росту обводненности скважин до 83% и переходу залежи в характерную для водонапорного режима 4-ю

стадию разработки. Закачка на залежи пара проектных параметров ведется с 1991 г. При этом наибольшая эффективность получена от пароциклических обработок (ПЦО) скважин. Их основной недостаток в системе вертикальных скважин – невозможность повысить нефтеотдачу пласта свыше 15 %. В то же время традиционная технология площадной закачки пара в условиях обводненного карбонатного коллектора недостаточно эффективна из-за преждевременных прорывов пара по суперколлекторам, низкого коэффициента охвата и сложности регулирования процесса. Кроме того, с увеличением базовой обводненности скважин свыше 70% паронефтяное отношение растет до недопустимых значений.

Одним из наиболее перспективных направлений радикального повышения нефтеотдачи крайне неоднородного обводненного пласта является использование для паротеплового воздействия на пласт горизонтальных скважин, боковых и радиальных отводов. Это позволяет адресно вскрывать слабо выработанные низкопроницаемые интервалы разреза и воздействовать на них паром. Расчеты показывают, что за счет использования таких скважин можно почти в два раза повысить охват залежи пароциклическими обработками и получить нефтеотдачу свыше 30 %. В университете разработаны и запатентованы технологии, основанные на использовании горизонтального бурения [4,5].

Применяемое на Усе оборудование канадской фирмы Rad Tech позволяет пробурить на одном уровне до четырех отводов длиной 100 м с использованием мощных гидромониторных насадок. Затраты на бурение четырех радиальных отводов в семь-восемь раз меньше стоимости бурения одной вертикальной скважины. До сих пор радиальные стволы использовались только для добычи нефти. На Усинском месторождении впервые в практике нефтедобычи начаты опытные работы по закачке в радиальные отводы пара.

На рис. 1 показаны технологии паротеплового воздействия на пласт, основанные на использовании радиальных отводов для слоистых и массивных зон залежи. Суть технологии для слоистых зон состоит в последовательном разбуривании и обработке паром всей толщи продуктивного разреза в радиусе до 100 – 150 м. Технология для массивных зон залежи предусматривает вытеснение нефти в системе радиальных отводов снизу вверх. Первые результаты опытных работ по паротепловой обработке радиальных отводов, выполненные по восьми скважинам пермокарбоновой залежи Усинского месторождения, оцениваются положительно.

Одним из перспективных вариантов разработки пермокарбоновой залежи является также использование горизонтальных скважин (ГС). Большая часть залежи разбурена вертикальными скважинами, расстояние между которыми составляет 150-200 м. Основная часть пробуренного фонда по техническим причинам не может быть использована для закачки в них пара. Пароциклическая обработка таких скважин может быть осуществлена с использованием горизонтальных скважин, пробуренных между рядами вертикальных скважин (рис. 2). Через одну ГС при длине горизонтальной части 500 м можно обработать паром до пяти-шести вертикальных скважин.

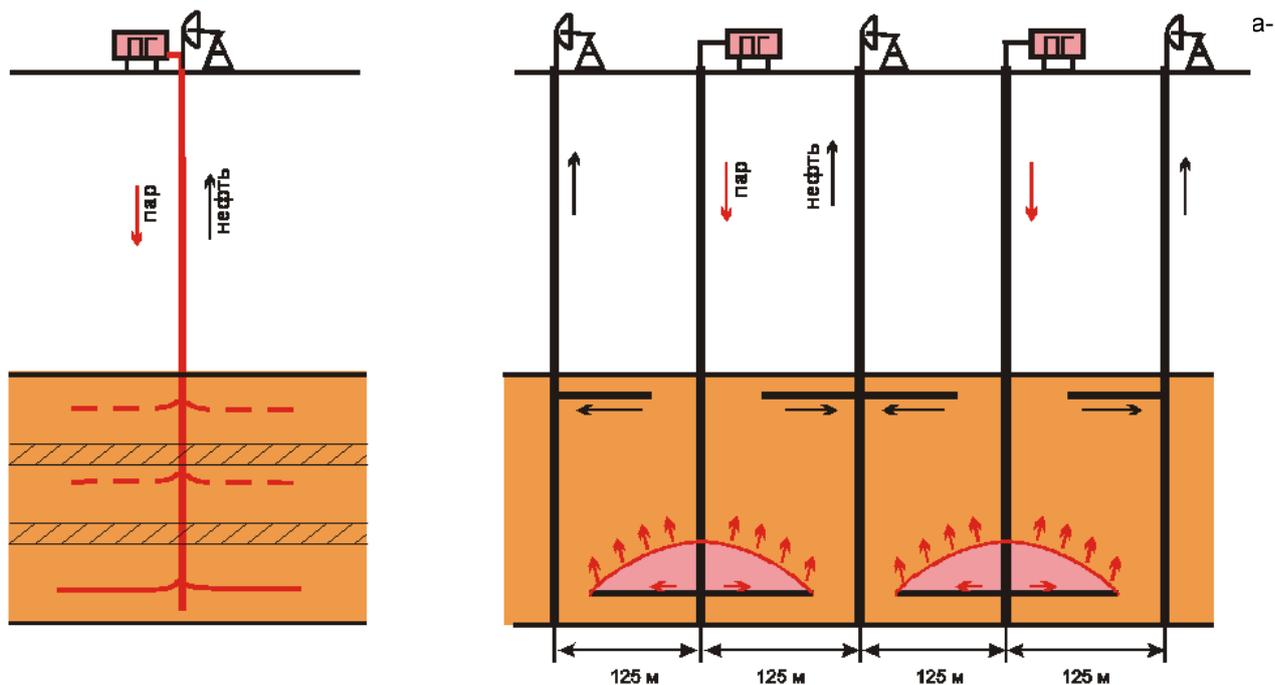


Рис. 1. Технологии теплового воздействия через радиальные отводы.

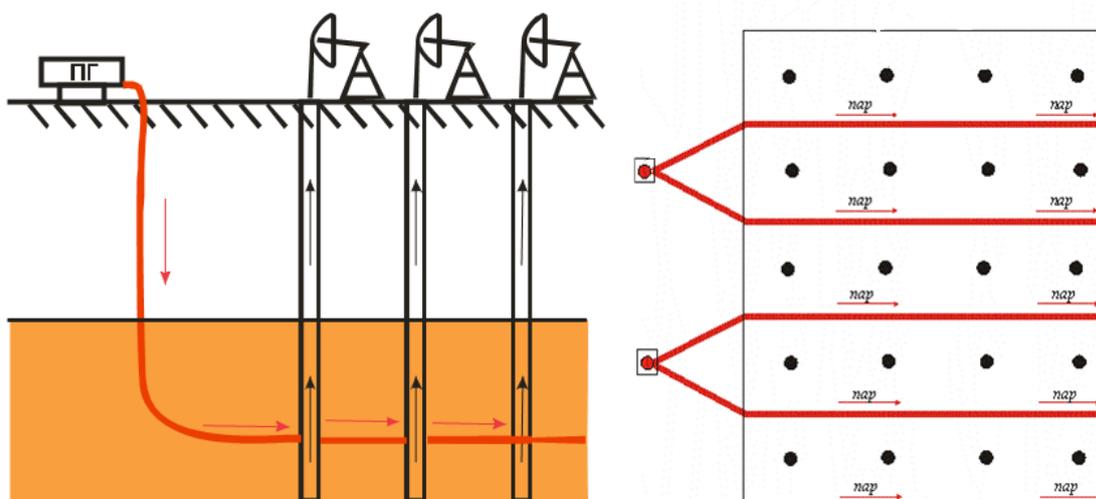


Рис. 2. Пароциклическая обработка пробуренных вертикальных скважин через горизонтальные.

Освоение технологии закачки пара через горизонтальные скважины – это единственный вариант ввода в тепловое воздействие больших запасов нефти (около 140 млн.т), расположенных в охранных зонах месторождения, где бурение вертикальных скважин невозможно. Важнейшим преимуществом всех рекомендуемых технологий является возможность их применения в разбуренных и значительной степени обустроенных зонах залежи, что позволяет значительно снизить затраты на подготовку площадей для теплового воздействия на пласт.

Анализ состояния разработки пермо-карбонной залежи показал, что, если в ближайшее время не будут приняты меры по ускорению темпов

их применения, то конечная нефтеотдача залежи будет намного меньше проектной (33%). Это связано с постоянным ухудшением базовых условий применения тепловых методов на площадях естественного режима.

Ярегское месторождение, содержащее нефть вязкостью до 20 тыс. мПа.с в трещиновато-пористом терригенном коллекторе, разрабатывается более 70 лет, в течение которых был испытан широкий спектр различных технологий добычи высоковязкой нефти в шахтных условиях и с поверхности. В настоящее время из трех площадей месторождения (Ярегской, Лыаельской и Вежавожской) в разработке находится только Ярегская площадь, где использу-

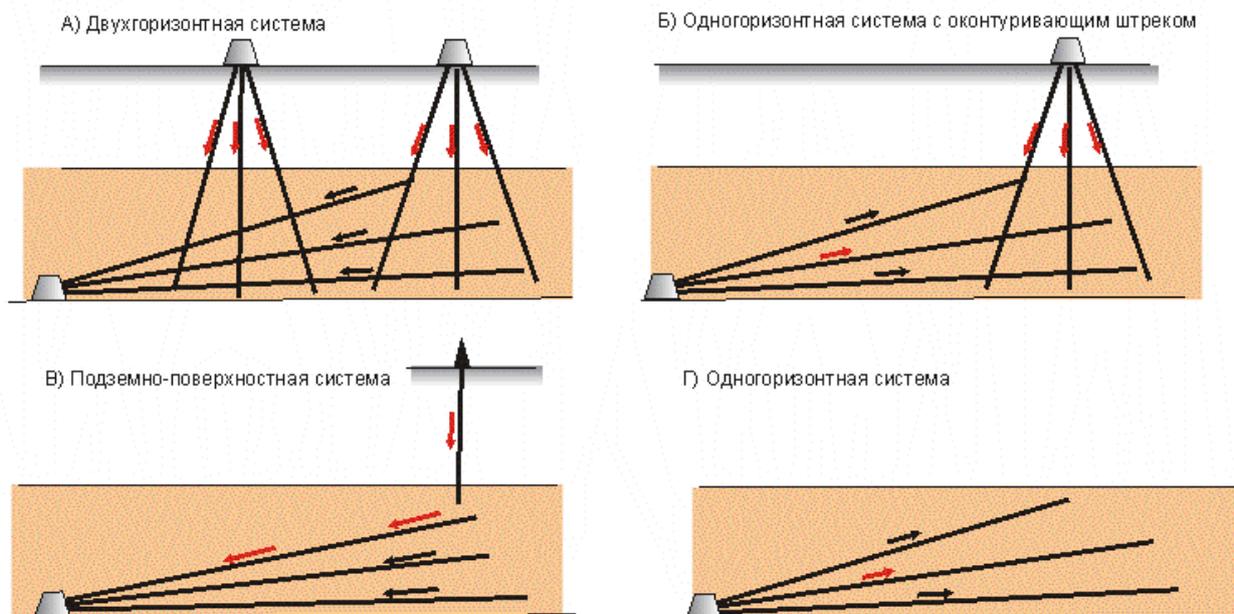


Рис. 3. Термощахтные технологии, применяемые на Ярегском месторождении.

ется термощахтная технология. Во всех применяемых системах разработки нефть отбирается через плотную сетку пологовосходящих скважин длиной до 300 м, пробуренных из горных выработок, расположенных в нижней части пласта (рис. 3).

Отличие систем разработки состоит в способе подачи в пласт пара. Наибольшей тепловой эффективностью и минимальными затратами характеризуется одногоризонтная система, при которой для закачки пара и отбора нефти используются подземные скважины. Несмотря на это, без должного обоснования и объективного сопоставления альтернативных технологий на месторождении осуществлен преждевременный переход к промышленному применению подземно-поверхностного способа, включающего дополнительное бурение дорогостоящих нагнетательных скважин с поверхности для подачи пара с высоким давлением в горизонтальные скважины. Бесперспективность этой технологии обусловлена не только большими затратами на бурение и обустройство поверхности, но и невозможностью закачки пара с повышенным давлением в условиях залежи, ранее разбуренной плотной сеткой скважин, через которые пар прорывает-

ся в старые горные выработки. При этом увеличивается паронефтяное отношение и снижается добыча нефти. К сожалению, более эффективные альтернативные технологии, учитывающие особенности геолого-промысловых характеристик вводимых в разработку площадей, осваиваются крайне медленно.

На рис. 4 показана технология, в которой совмещены преимущества шахтного и поверхностного методов. Суть ее в том, что существующие горные выработки используются только для раз-

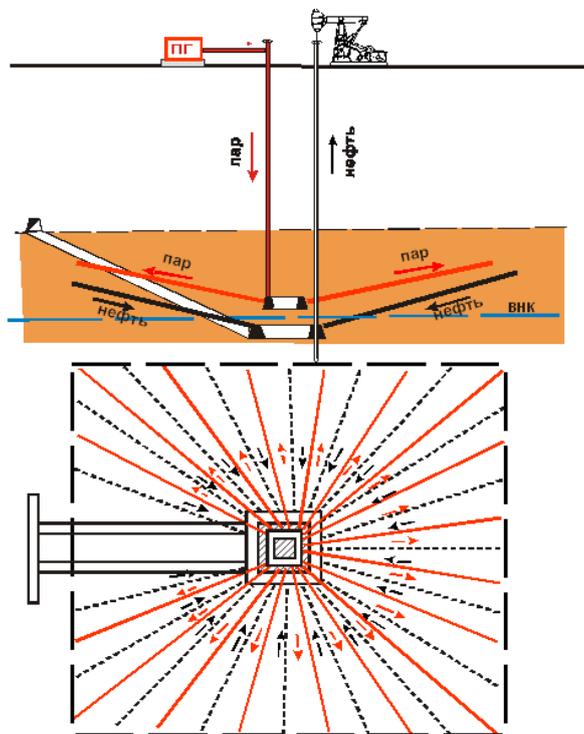
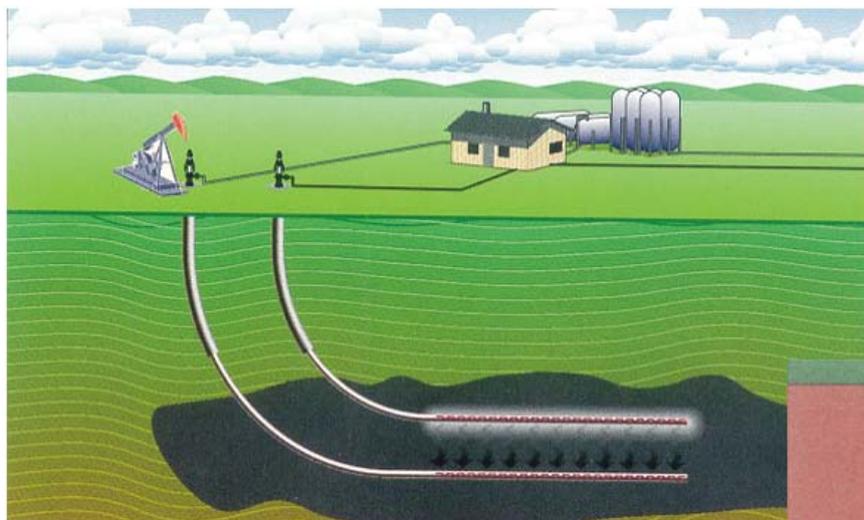


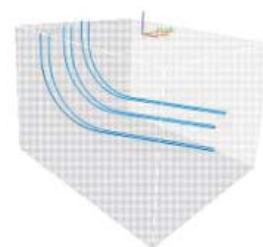
Рис. 4. Комбинированная технология разработки Ярегского месторождения.

бурирования участков по плотной сетке недорогих и идеально расположенных пологовосходящих нагнетательных и добывающих скважин. Эксплуатация подготовленных участков осуществляется с поверхности через три-четыре скважины.

Учитывая недостатки шахтного метода (большие затраты на строительство горношахтных сооружений, длительный срок строительства шахт, неудовлетворительные условия труда работающих), в настоящее время на Яреге проводятся опытные работы по освоению традиционных поверхностных технологий добычи нефти. Одна из таких техно-



3D визуальное изображение 6 скважин пилотного проекта



КОМПАНИЯ	МЕСТОРОЖДЕНИЕ	ГОДОВАЯ ДОБЫЧА, ТЫС.Т
En Cana	Кристина Лэйк, Фостер Крик	1 929
Petro-Canada	Макэй Ривер	1 448
Sancor	Файербэг	2 028
JACOS	Хенгингстоун	1 738
DCE	Джослин	35



Рис. 5. Метод гравитационного дренажа.

гий (канадская технология термогравитационного дренирования пласта) испытывалась на участке ОПУ-3 Ярегского месторождения (рис. 5). Опыт показал на ее недостаточную эффективность из-за недопустимо большого паронефтяного отношения.

На рис. 6 представлена одна из перспективных технологий разработки ярегского пласта с поверхности, которая учитывает особенности геолого-промысловой характеристики пласта и опыт разработки Яреги в шахтных условиях и с поверхности [2]. В этой комбинированной технологии для закачки пара используются вертикальные скважины, благодаря чему достигается высокий охват вытеснением слоисто-неоднородного пласта. Для отбора нефти используются горизонтальные скважины, пересекающие систему вертикальных трещин.

К причинам, сдерживающим освоение залежей ВВН, как и других объектов с трудноизвлекаемыми запасами, относятся следующие:

- выбор технологий для промышленного применения осуществляется без достаточно серьезных обоснований, без проведения качественных опытно-промышленных испытаний с сопоставлением альтернативных технологий в

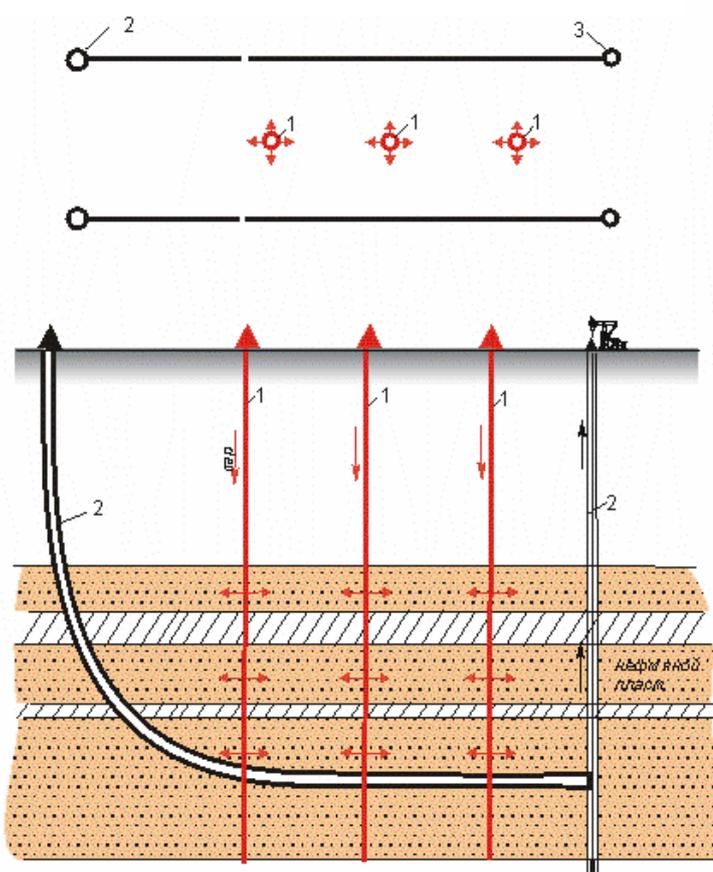


Рис. 6. Комбинированная технология с использованием вертикальных и горизонтальных скважин.

близких геолого-промысловых условиях. В последнее время в стране не проводятся комплексные научные исследования (теоретические, лабораторные, математическое моделирование) по решению этой сложной и наукоемкой проблемы;

– отсутствуют необходимые регламенты, устанавливающие порядок освоения таких сложных объектов, в частности порядок проектирования и проведения ОПР, и самое главное специальные экономические условия, стимулирующие качественное проведение опытно-промышленных работ (ОПР) недропользователями;

– острый недостаток квалифицированных кадров в очень специфичной области, какой является методология освоения ресурсов ВВН с применением сложных технологий;

– недостаточное участие государства в решении проблемы освоения ресурсов ВВН и повышения нефтеотдачи пластов.

В нашем регионе есть уникальная возможность создания в нефтяной шахте учебно-производственной лаборатории, где в натуральных условиях можно изучать геологическое строение пласта, механизм нефтеотдачи, отрабатывать различные технологии бурения и конструкции скважин различной конфигурации. С этих позиций рекомендуется вынести на Центральную комиссию по разработке нефтяных месторождений рассмотрение следующих мероприятий по повышению эффективности освоения ресурсов ВВН:

– создать на базе Ярегского и Усинского месторождений научно-производственный центр (НПЦ) по высоковязким нефтям федерального значения, в рамках которого организовать теоретические, лабораторные исследования, математическое моделирование по оценке эффективности современных технологий;

– придать НПЦ базовые учебно-производственные полигоны на Ярегском месторождении в

шахте и на поверхности для отработки современных технологий и технических средств, стажировки и обучения квалифицированных кадров в области освоения ресурсов ВВН;

– разработать специальные регламенты, устанавливающие порядок проектирования и проведения ОПР по испытанию современных технологий, а также экономические условия, стимулирующие эти работы;

– обобщить и проанализировать 30-летний опыт разработки уникальных Ярегского и Усинского месторождений аномально вязких нефтей шахтным способом и с поверхности и рассмотреть результаты анализа на ЦКР.

Литература

1. *Дияшев Р.Н.* О тенденциях применения методов увеличения нефтеотдачи в мире // Актуальные проблемы поздней стадии освоения нефтегазодобывающих регионов: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Изд-во «ФЭН» АНРТ, 2008. С. 143-148.
2. *Рузин Л.М., Чупров И.Ф.* Технологические принципы разработки залежей аномально вязких нефтей и битумов. Ухта: УГТУ, 2007. 244 с.
3. *Рузин Л.М., Урсегов С.О.* Развитие тепловых методов разработки пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения // Нефтепромысловое дело, 2004. №4. С. 39-43.
4. *Патент №2232263 РФ, МКИ В 21 43/24.* Способ разработки залежи высоковязкой нефти / Л.М.Рузин. 2004. 4 с.
5. *Патент №2268356 РФ, МКИ В 43/24.* Способ теплового воздействия на залежь высоковязкой нефти / Л.М.Рузин, М.В.Чертенков. 2006. 4 с.

ИСТОРИКО- ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 903.4(470.13)

НОВОЕ ПОСЕЛЕНИЕ ПРЕДКОВ КОМИ-ЗЫРЯН НА СРЕДНЕЙ ВЫЧЕГДЕ

К.С. КОРОЛЕВ

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
korolev.hist@mail.komisc.ru

До 50 – 60-х гг. прошлого столетия господствовало мнение о позднем заселении восточной части Вычегодского края предками коми-зырян. Исследователи считали, что в данном регионе коми поселения появились только в XVI-XVII вв. и относили его к промысловым территориям угров (предков манси и хантов). Положение начало меняться с середины 1970-х гг., когда в результате работ I Вычегодского археологического отряда Института языка, литературы и истории Коми филиала АН СССР под руководством автора в долине средней Вычегды были открыты и исследованы первые памятники предков коми-зырян. К настоящему времени на значительном протяжении среднего течения р.Вычегды (более 200 км), от устья ее левого притока Сысолы и выше, открыто и исследовано девять памятников Перми вычегодской.

Ключевые слова: **предки коми-зырян, локальный вариант Перми вычегодской**

K.S. KOROLEV. NEW SETTLEMENT OF ANCESTORS OF THE KOMI-ZYRYANS IN THE MIDDLE VYCHEGDA

Till the 1950-1960-s of last century the opinion on late settling of the eastern part of Vychegda territory by ancestors of the Komi-Zyryans dominated. Researchers believed that in this region the Komi population appeared only in the XVI-XVII centuries and it was referred to trade territories of the Ugrians (ancestors of the Mansi and Khanty). The situation started to change from mid 1970-s when as a result of works of the 1-st Vychegodsky archaeological group of the Institute of Language, Literature and History, Komi Branch, USSR Academy of Sciences, under the guidance of the author the first sites of ancestors of the Komi-Zyryans had been discovered and investigated in the middle Vychegda valley. By now on a considerable extent in the middle reaches of Vychegda (more than 200 km), from the mouth of its left tributary of Sysola and further on, 9 sites of the Vychegda Perm have been discovered and investigated.

Key words: **ancestors of the Komi-Zyryans, local variant of the Vychegda Perm**

Урочище на береговой террасе старичного оз. Леваты на левом берегу р.Вычегды, находящееся приблизительно в 3 км южнее с.Подъельск и в 1 км от русла Вычегды, местное коми население называет «Чуд кар» («Чудское городище») (рис. 1).

Береговая терраса северного берега постепенно повышается от юго-западной и северо-восточной оконечностей озера к его средней части и здесь достигает 10-метровой высоты над уровнем озера, образуя грибовидную возвышенность длиной приблизительно 100 м и шириной 25-30 м (рис. 2).

Поверхность террасы в возвышенной части относительно ровная с небольшим уклоном к северо-западу, местами покрыта беломошником. Здесь растет смешанный лес с преобладанием сосны.

При осмотре поверхности береговой террасы были зафиксированы округлые ямы диаметром 1-3 м и глубиной 0,3-0,5 м. Четыре из них расположены у кромки береговой террасы оз. Леваты, а одна – у западного края террасы, окаймленной болотистой низиной.

В 2004 г. на поверхности террасы были заложены разведочные шурфы общей площадью 12 кв.м, в которых выявлены фрагменты неорнаментированной керамики, металлургические шлаки, кремневые осколки и отщепы.

В 2005-2007 гг. здесь заложен раскоп общей площадью 232 кв. м, ориентированный по странам света (рис. 2).

Строение почвы в пределах раскопа следующее: 1) растительный слой – 3-4 см; 2) темно-серый песок – 4-30 см; 3) белый песок – 5-30 см; 4) желтый песок (материк).

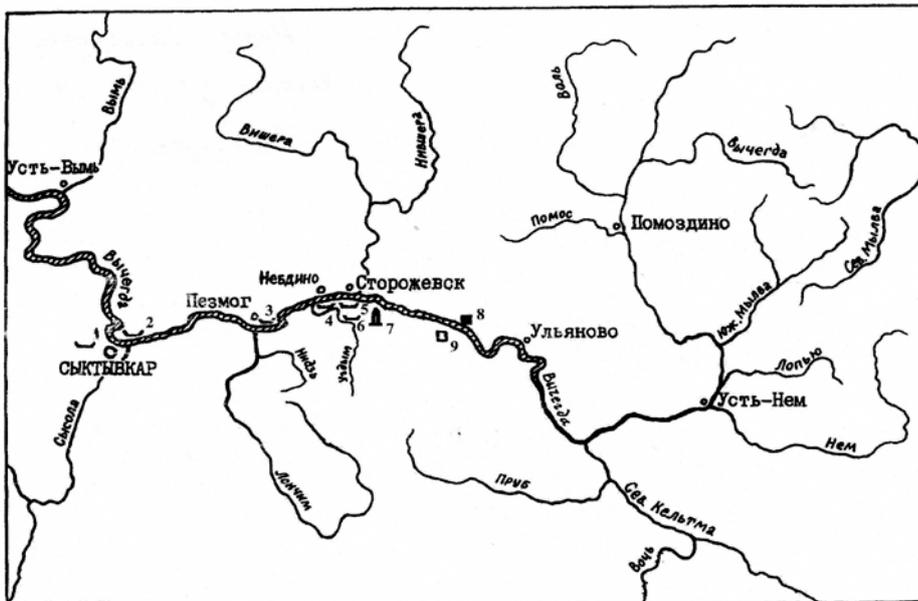


Рис. 1. Карта-схема бассейна средней Вычегды. Памятники предков коми-зырян: 1 – Усть-Сысольский могильник, 2 – Озельский могильник, 3 – Пезмогский могильник, 4 – Небдинский могильник, 5-6 – могильники Шойнаты II и III, 7 – святилище Джудждыдьяг, 8 – городище Новик, 9 – поселение Леваты.

Культурные остатки средневекового поселения в основном располагались в прибрежном секторе северной части раскопа. Они залегли, как правило, под растительным слоем в темно-сером песке (горизонт 0-0,1 м), редко в белом (горизонт 0,1-0,2 м). В южной и северной частях раскопа во втором и третьем горизонтах встречены кремневые пластинки, нуклеидные обломки, ножевидное орудие, скребковидное орудие, отщепы и осколки, относящиеся, по-видимому, к эпохе мезолита.

Керамика. Большинство фрагментов глиняных сосудов неорнаментировано (52 экз.; рис. 3. 7-9, 11) и только два украшены гребенчатым узором (рис. 3. 4, 5). На одном фрагменте сохранился орнамент из зигзагообразных гребенчатых оттисков и ряда из круговых отпечатков (рис. 3. 6).

В керамической массе большинства фрагментов значительная примесь дресвы и песка, но есть единичные экземпляры и с легким, пористым тестом. На многих фрагментах имеются расчесы – следы сглаживания. Обжиг слабый, цвет поверхности – коричневатый, темно-серый, в изломах – серый и черный. В коллекции керамики имеется фрагмент неопределимого глиняного изделия (рис. 3. 10).

Украшения. Они представлены одной накладкой из бронзовой пластинки (рис. 3. 1), двумя звеньями бронзовой цепочки от шумящей подвески (рис. 3. 2) и хрустальной бипирамидальной бусиной длиной 2 см (рис. 3. 3). Каменный инвентарь средневекового поселения представлен двумя точильными брусками (3. 13, 15). Из других находок следует отметить сильно проржавевший неопределимый обломок железного изделия, мелкие фрагменты кальциниро-

ванных костей, куски шлаков и дресвяные камни (мелкотолченая дресва добавлялась в глиняную массу для выделки сосудов).

В центральной части раскопа, на краю береговой террасы под растительным слоем (гор. 0-0,1 м), найдена каменная формочка для литья, вероятно, бронзовых украшений (рис. 3. 16). Формочка подпрямоугольной формы (5x6 см), толщиной около 0,9 см. Сохранилась одна сторона двусторонней каменной формы для так называемого плоского литья. Металл заливается в форму через воронкообразную полость в ее верхней части. Подобные формочки на памятниках предков коми-зырян встречаются

сравнительно редко.

В северо-восточном углу раскопа на поверхности зафиксирована яма диаметром около 2 м и глубиной 0,3 м. После удаления растительного слоя и темно-серого песка в районе западины оконтурив-

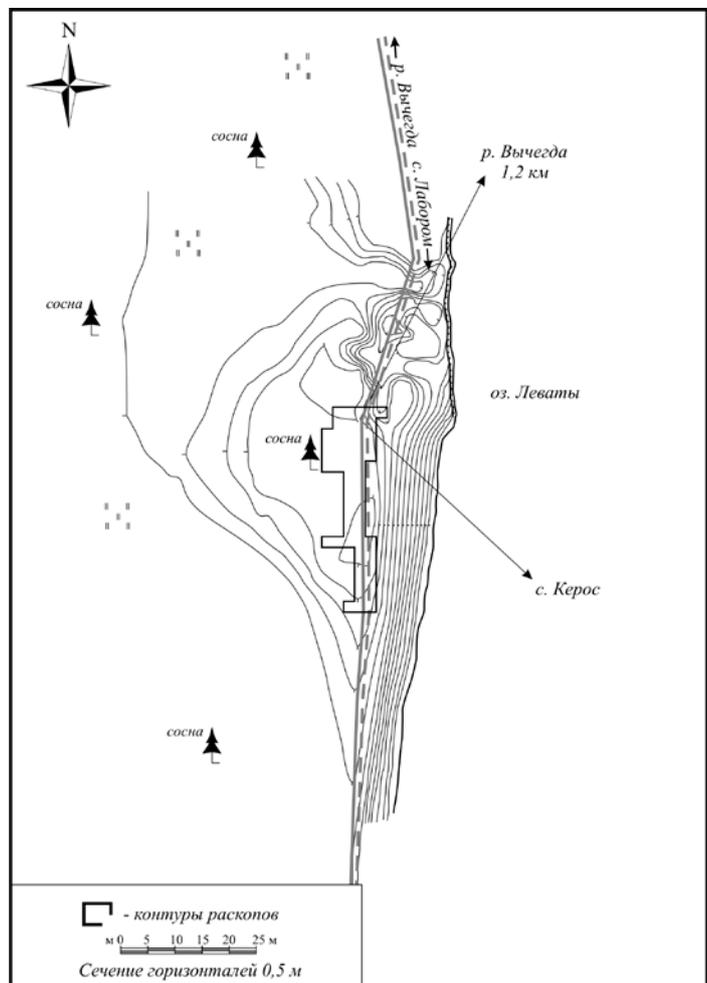
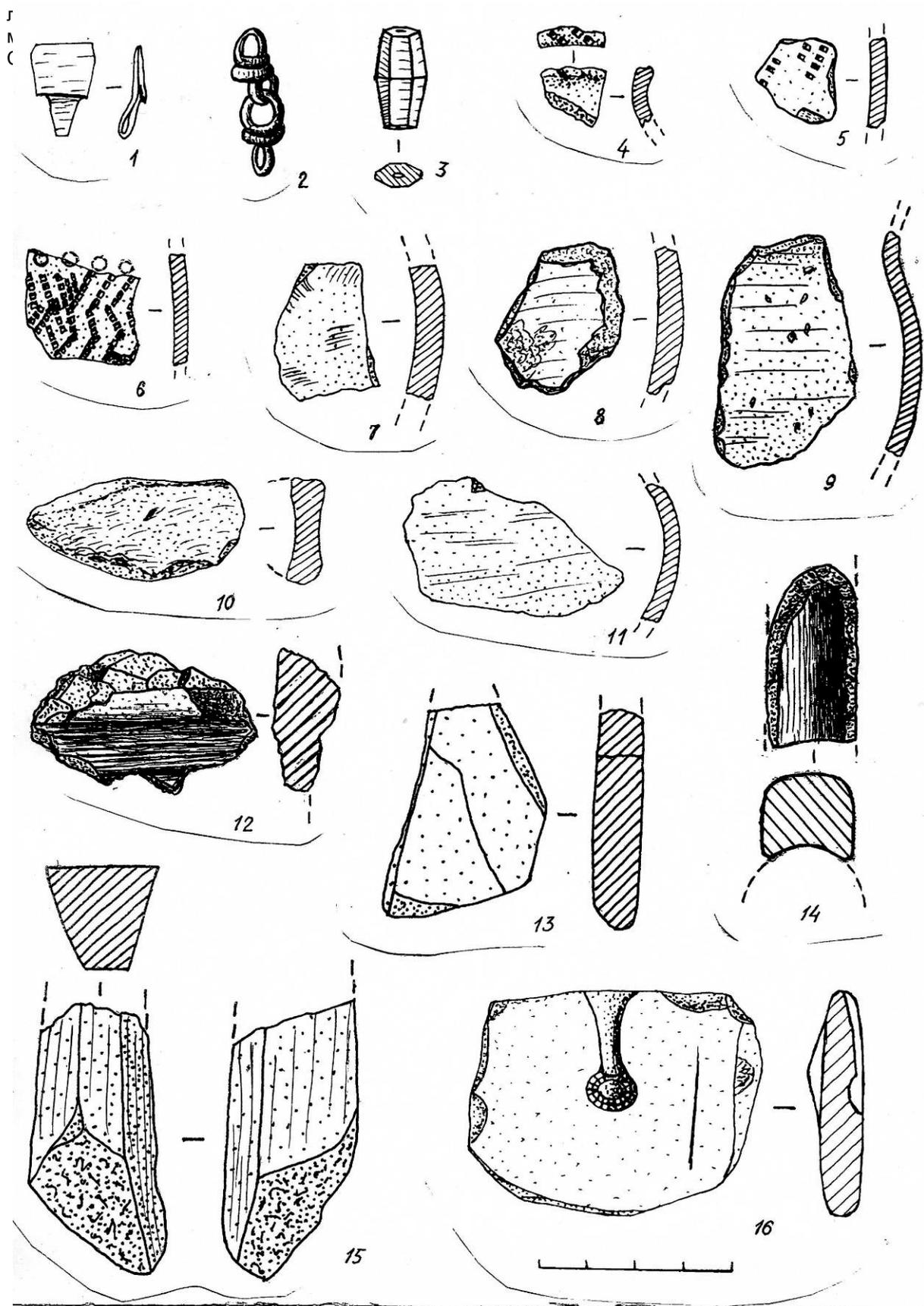


Рис. 2. Поселение Леваты. Ситуационный план.



заполнение – сероватый песок с редкими уголька-

Рис. 3. Вещественный инвентарь поселения Леваты: 1 – бронзовая пластинка; 2 – фрагмент бронзовой цепочки; 3 – хрустальная бусина; 4–12 – фрагменты керамики; 13, 15 – точильные камни; 14 – фрагмент сопла; 16 – формочка для литья украшений.

ми. В яме найдено несколько мелких кремневых чешуек и осколков. Яма, возможно, представляет собой остатки какого-то хозяйственного сооружения (ямы – хранилища?).

В юго-западном секторе раскопа была расчищена яма диаметром на поверхности около 2,5 м и глубиной до 0,5 м. После удаления из западины растительного слоя и темно-серого песка оконтурилась яма диаметром около 2 м и глубиной до 0,8 м в желтом материковом песке. В яме и вокруг нее найдено свыше 500 фрагментов обожженной глиняной обмазки (рис. 3. 12) и печины, куски горелого дерева, древесные угли и шлаки. В полуметре от данной ямы на глубине 0,2 м от поверхности выявлен фрагмент каменной трубки (сопло?, рис. 3. 14). В районе ямы зафиксированы мелкие фрагменты керамики без орнамента (8 экз.; рис. 3. 9).

По всей вероятности, в яме функционировала примитивная печь – домница для плавки железа из болотной руды. Сыродутный процесс, как известно, представлял собой древнейший способ получения железа из руды путем непосредственного восстановления при 1100-1350⁰С. В средневековые варка железа в ямах, обмазанных глиной, практиковалась у марийцев, удмуртов и других соседей предков коми [1].

Фрагмент трубочки-сопла подтверждает версию о функционировании в данной яме печи-домницы, через него кожаными мехами нагнетался воздух в печь для достижения необходимой температуры при плавке руды [2-3].

Сыродутные горны обычно встречаются в разрушенном виде, так как для извлечения крицы с поддона печи, ее стенки разламывали и обломки сбрасывали вокруг ямы.

Близкая по конструкции печь-домница была выявлена ранее на ванвиздинском поселении Угдым IV.

Следует отметить, что печь-домница на поселении Леваты располагалась на расстоянии около 30 м южнее жилой площадки поселения с культурными остатками средневековья. Они очень многочисленны, и встречены только в прибрежной части урочища «Чуд кар», которые постепенно разрушаются оползнем. Часть культурного слоя нарушена и смещена к краю береговой террасы при прокладке грунтовой дороги еще в прошлом веке (этим объясняется, по-видимому, сильная фрагментация керамики). Поэтому сейчас трудно судить было ли здесь постоянное или кратковременное сезонное поселение.

Керамика поселения Леваты с кружковыми и гребенчатыми узорами имеет ближайшие аналогии и на Небдинском могильнике Перми вычегодской и близлежащем городище Новик, расположенном на противоположном берегу Вычегды [4-5]. Данные памятники датированы XII-XIII вв. Каменные (сердоликовые и хрустальные) многогранные и бипирамидальные бусины датируются не позднее XII в. [6]. Предварительно, поселение Леваты можно датировать в рамках XII-XIII вв.

Материалы вновь открытого памятника Перми вычегодской в восточном Привычегодье расширяют ареал средневычегодского локального варианта предков коми, значительно удаленного от Вымского центра и свидетельствуют о перспективности поиска новых мест обитания предков коми-зырян в данном регионе.

Литература

1. *Иванова М.Г.* Кушманское городище // Вопросы археологии Удмуртии. Ижевск, 1976. С. 98-99.
2. *Генинг В.Ф.* Опуятское городище – металлургический центр харинского времени в Прикамье // Памятники эпохи средневековья в Верхнем Прикамье. Ижевск, 1980. С. 92-135.
3. *Макаров Л.Д.* Ремесленные мастерские Вятской земли XII-XIII вв. // Древние ремесленники Приуралья: Материалы Всероссийской научной конференции. Ижевск, 2001. С. 184-207.
4. *Королев К.С.* Угдымский археологический комплекс на средней Вычегде (эпоха железа). Сыктывкар, 2002. 112 с.
5. *Королев К.С.* Городище Новик на средней Вычегде: средневычегодский локальный вариант Перми вычегодской. Сыктывкар, 2003. 28 с. (Научные доклады / Коми научный центр УрО РАН; Вып. 459).
6. *Савельева Э.А.* Вымские могильники XI-XIV вв. Л., 1987. 200 с.

ЧАСТНОЕ ЗЕМЛЕВЛАДЕНИЕ В УСТЬ-СЫСОЛЬСКОМ И ЯРЕНСКОМ УЕЗДАХ ВОЛОГОДСКОЙ ГУБЕРНИИ В ПОРЕФОРМЕННУЮ ЭПОХУ XIX – НАЧАЛЕ XX вв.

Л.И. СУРИНА

Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар

На основе комплекса архивных документов анализируются различные формы частного землевладения, существовавшие в восточных уездах Вологодской губернии во второй половине XIX – начале XX в., показано их развитие.

Ключевые слова: частное землевладение, собственники, казенные земли, крестьянские земли

L.I. SURINA. PRIVATE LANDED PROPERTY IN UST-SYSOLSKY AND YA-RENSKY DISTRICTS OF THE VOLOGDA PROVINCE IN POST-RE-FORM EPOCH OF XIX - BEGINNING OF XX CENTURIES

On the basis of a complex of archival documents the various forms of private landed property existing in eastern districts of the Vologda province in the second half of XIX - beginning of XX centuries are analyzed, their development is shown.

Key words: private landed property, proprietors, stat lands, peasant lands

Изучение вопроса о существовании и развитии разных форм землевладения имеет значение не только в плане выявления специфики аграрных отношений в разных регионах России, но и в плане изучения развития капитализма в сельском хозяйстве вообще. В исторической литературе, особенно в обобщающих трудах по истории Коми края и всего европейского Севера России, имеются отдельные сведения о пореформенном частном землевладении в рассматриваемых уездах [1]. Отдельные аспекты проблемы нашли частичное освещение в целом ряде исследований по аграрной истории края, в частности при изучении вопроса о распределении земельного фонда по категориям владельцев и характеризующие земельную собственность отдельных владельцев [2–5]. Общие данные, главным образом о степени распространения частновладельческих земель по районам европейского Севера России, приводятся во многих работах В.И. Чупрова, посвященных исследованию социальных отношений и классовой борьбы в этом регионе.

Однако в имеющихся работах почти не отражается процесс образования и эволюции этой формы землевладения на протяжении пореформенного периода. В них не прослеживаются те изменения, которые произошли за это время как непосредственно в состоянии частного землевладения, так и в формировании отрядов собственников земли. Поэтому весьма актуальной представляется задача: прояснить поставленный вопрос. Мы сделаем это, опираясь на труды исследователей и обширные архивные материалы, собранные нами в архивах Республики Коми (Государственное учреждение Республики Коми «Национальный архив Республики Коми»), Вологодской (Государственный архив Вологодской области) и

Архангельской (Государственный архив Архангельской области) областей.

Особенности земельных отношений в Коми крае определялись, прежде всего, отсутствием помещичьего хозяйства. Хозяйственная жизнь здесь характеризовалась господством мелкого крестьянского хозяйства, в основе которого было довольно своеобразное и сложное сочетание земледелия с различными неземледельческими занятиями.

Крупнейшим собственником лесов и удобных для сельского хозяйства земель являлось государство. Политика правительства в отношении казенных земель была двойственной. С одной стороны, она характеризовалась стремлением сохранить массив казенных земель от захватов, с другой – была заинтересованность в расширении аренды, а также продажи казенных земель частным владельцам. Именно массив казенных земель считался главным источником частновладельческих участков и вообще развития частного землевладения в крае.

В рассматриваемых уездах более 95% населения составляли бывшие государственные крестьяне и немногочисленные группы бывших крепостных и других зависимых рабочих людей местных металлургических и солеваренных заводов. И те и другие должны были перейти в состав частных землевладельцев. Но положения Указа от 24 ноября 1866 г. в отношении государственных крестьян Архангельской губернии и трех северо-восточных уездов Вологодской губернии (Сольвычегодский, Яренский и Усть-Сысольский) не были претворены в жизнь. Не коснулись исследуемых уездов и Столыпинские реформы. Все законоположения не привели к укреплению наделных земель в личную собственность бывших государственных коми крестьян.

В то же время нельзя говорить о том, что государственные крестьяне вообще не владели землей на правах частной собственности. Еще в дореформенном Коми крае источники фиксируют участки земли, находившиеся в частной собственности государственных крестьян. Необходимо отметить, что крестьянские частные земли были незначительными по площади и находились лишь в Яренском уезде. Т.И. Беленкина, на основании данных В. Вешнякова, охарактеризовала крестьянское частное землевладение следующим образом: в 1858 г. в Яренском уезде государственных крестьян, имеющих собственные земли и одновременно пользующихся казенными землями (наделами), было 144. За ними собственной (частной) земли числилось 668 десятин 349 сажень. Государственных крестьян, живущих только на собственных землях и не пользующихся наделными, насчитывалось 22, земли у них было 998 десятин 557 сажень [6]. Оставляя за пределами данной статьи вопрос о том, как вообще появились отдельные крестьяне-собственники, скажем, что собственные земли во владении имела весьма ограниченная часть крестьян только Яренского уезда. В соседнем Усть-Сысольском уезде таких владений почти не было. Причем и в Яренском уезде подобная форма земельного владения была лишь в четырех волостях – Ленской, Софроновской, Айкинской, Жешартской и Усть-Вымской [7] и далеко не во всех населенных пунктах этих волостей. Так, в Жешартской волости крестьяне-собственники были только в д. Межог [8]. Наиболее крупные частные землевладения зафиксированы в Ленской волости. Так, в 1881 г. там отмечено 22 владельца, имеющих в собственности участки земли более 25 десятин [9].

В Усть-Сысольском уезде частное крестьянское землевладение, весьма незначительное, возникло в первой половине XIX в. в интересных условиях. На рубеже 50–60-х гг. XIX столетия в источниках появились сведения о земельной собственности крестьянских сообществ. Возникла эта собственность так. Еще при проведении генерального межевания часть земельных дач была отведена в совместное владение государственных крестьян и частных лиц (купцов и мещан уездного города). В общем владении усть-сысольских купцов и мещан (З. Забоева, С. Комлина, Я. Суханова и др.), с одной стороны, и государственных крестьян д. Кочпонской Сретенского сельского общества, с другой, находились сенокосные угодья в урочище «Чомь ты дор» площадью 225 десятин. Такой принцип межевания вызвал большие неудобства, а также споры и тяжбы между владельцами. В 1859 г. был составлен акт на развод земли в даче совместного пользования. Между частными владельцами и крестьянами дача была разделена по такому количеству угодий, какое оказалось у них в натуральном пользовании. Крестьянам отвели: сенокоса 85 десятин, леса – 14 десятин, неудобной земли – 22 десятины. Всего крестьянам досталась 121 десятина земли, остальная земля была передана купцам и мещанам [10–11]. В последующем, на протяжении всего пореформенного периода (вторая половина XIX – начало XX в.) указанные земли официально считались собственностью крестьян д. Кочпон. В

этом же уезде в общее владение усть-сысольских мещан и купцов, а также крестьян Подгородной волости и деревень Озелдин, Визябож и Сейты Корткеросской волости было замежовано около 350 десятин земли, главным образом сенокосной. Как и в описанном выше случае, между владельцами постоянно возникали споры и тяжбы. В конце концов крестьяне корткеросских деревень добились отмежевания своей земли от общего массива и стали собственниками дачи, в которой только удобной сенокосной земли было 98 десятин [12].

После проведения крестьянской реформы бывшие государственные крестьяне Усть-Сысольского и Яренского уездов стали покупать землю в собственность. Мы не будем детально рассматривать этот вопрос, отсылая читателей к указанной статье В.В. Шангиной. То есть бывшие государственные коми крестьяне постепенно и во все больших масштабах становились частными собственниками земли. Однако этот процесс не затронул большинства крестьян, которые продолжали обрабатывать лишь наделные земли, а также пользоваться расчистками в крестьянских и казенных дачах.

Несомненно, что быстро переходили в категорию частных земель так называемые подворные земли, а также земли, расчищенные и долгие годы не поступавшие в фонд общинных переделяемых земель. Однако официально такие земли не являлись частной собственностью крестьян, и поэтому не рассматриваются нами в данной статье.

В другом положении оказались бывшие зависимые люди, работавшие на местных заводах. В официальных сведениях второй половины XIX – начала XX в. собственниками земель значатся бывшие крепостные и другие зависимые работные люди Сереговского солеваренного завода. По реформе 1861 г. они освобождались от обязательного труда на своих бывших владельцев и получали права «сельских обывателей». При поземельном устройстве в 1862 г. им было выделено в собственность из заводской дачи 3479 десятин земли – по 7 десятин на каждую из 497 ревизских душ, зарегистрированных во время X ревизии. На эту землю им была выдана уставная грамота. В составе выделенной земли было, десяти: пашни – 281, покосов – 581, лесу по суходолу – 2426, лесу по болоту – 159, усадебной земли – 30 [13, л. 31-32, 46]. Следовательно, только четвертая часть отведенной в надел новых собственников земли представляла сельскохозяйственные угодья, разработанные теми же крестьянами в предшествующее дореформенное время в местах заготовки дров и других лесных материалов для завода. В 1863 г. землемер Струговщиков, который был направлен в Серегово из г. Вельска для межевания надела крестьян-собственников, охарактеризовал эти земли следующим образом: «... Земля пахотная, сенокосная, усадебная заключается в 111 участках на пространстве по течению рек Выми и Вычегды, в одну сторону до 108 верст, а в другую, по реке Выме вверх, до 140 верст и, сверх сего, в 48 пожнях, расположенных внутри лесных дач по речкам Кылтове и Еле» [13, л. 46об.]. Получившие эти наделы крестьяне обязаны были выкупить их у владельца земли. Для этого правительство выделило им ссуду в сумме 34790 руб.

под 5,5%. За 49 лет, начиная с ноября 1864 г. им предстояло погасить этот кредит, ежегодно внося в казну по 2057 руб. 40 коп. [13, л. 31об.-32]. Ответственность за использование этой земли, а также за исправное поступление окладных сборов за нее возлагалась на сельское общество заводчан.

До реформы многие заводские работники не разрабатывали землю, не владели пашней. Большинство из них не имели ни лошадей, ни инвентаря. Получив «душевые» наделы, большая часть которых приходилась на неудобные для земледелия земли, они не могли организовать собственное хозяйство и вынуждены были отказываться от выделенного им земельного надела. Поэтому по решению сельского схода свободные наделы передавались желающим их использовать. Причем это могли быть и люди, ранее не входившие в указанную сельскую общину. Так, в 1872 г. перешедшему в крестьянство бывшему купцу Илье Ешкилеву было передано 24 «душевых» надела общей площадью 186 десятин, в составе пашни, покосов и леса [13, л. 47]. Многие крестьяне-владельцы свои наделы, особенно пахотные и сенокосные участки, полностью или частично стали сдавать в аренду. Общих сведений об этом в источниках, относящихся ко второй половине XIX – началу XX в., нами не обнаружено. Такие данные имеются лишь на 1917 г. По этим сведениям более 10% дворов, из тех, которые имели земельные наделы, полностью сдавали их в аренду более состоятельным соседям [14]. При этом следует иметь в виду, что заводские крестьяне оказались перед кабальной необходимостью наряду с многочисленными налоговыми сборами уплачивать в казну выкупную ссуду за владение наделом. При этом в вопросах распоряжения выделенной землей они оставались в зависимости от сельского общества. Таким образом, существенных сдвигов в развитии частной земельной собственности для этой категории владельцев не произошло.

Крестьяне не были единственными частными землевладельцами в крае. Самыми крупными землевладельцами в предреформенный период являлись владельцы Кажимских металлургических заводов в Усть-Сысольском и Сереговского солеваренного завода – в Яренском уездах. Заводскими считались земли, отведенные трем заводам (Кажимскому, Ньюпасскому и Ньючимскому) при их основании как посессионных, что было зафиксировано в акте генерального межевания в 1784 г. Общая площадь земель Кажимских заводов равнялась 123112 десятинам [15]. Во время продажи в 1912 г. владельцы заводов назвали величину общей площади земель равной 123 тыс. десятин. То есть, прироста фонда земель с 1784 по 1912 гг. не было. Не увеличилась площадь земель и в период до 1917 г. Земля, выделенная горнозаводчикам, была в основном покрыта лесом, включая большие участки болот. В лесах создавалось так называемое «куренное хозяйство» по изготовлению древесного угля для металлургического производства (производилась заготовка дров и выжиг угля). В болотистых участках находились залежи железной руды. Там устраивались рудники по добыче этой руды.

Сереговскому солеваренному заводу во время генерального межевания отведено более 10

тыс. десятин земли, главным образом занятой лесом. Там была налажена заготовка дров для нужд солеварения. На протяжении первой половины XIX в. площадь земли Сереговского завода оставалась практически прежней. Как мы говорили выше, в 1862 г. заводским крестьянам из этого массива было выделено 3479 десятин. В конце XIX столетия владелец завода А.В. Булычов безвозмездно передал вновь созданному Крестовоздвиженскому Кылтовскому женскому монастырю около 2500 десятин земли. Таким образом, в начале XX в. непосредственно в собственности сереговских заводладельцев оставалось около 4 тыс. десятин земли.

В Коми крае издавна существовало частное купеческое и мещанское землевладение, сложившееся в окрестностях уездных городов – Усть-Сысольска и Яренска. Во время проведения генерального межевания в конце XVIII в. и в последующие годы от крестьянских земельных массивов вблизи уездных городов были отрезаны в пользу казны значительные участки ранее разработанной крестьянами земли. Такие участки сдавались в аренду и их брали состоятельные купцы и мещане. Эти владельцы наращивали площади своих земельных владений путем покупки у крестьян, получения земельных участков от них по закладным, долговым и другим обязательствам, а также путем прямых захватов крестьянских сельскохозяйственных угодий [6, с. 8]. Крупными, по условиям края, землевладельцами были усть-сысольские купцы и мещане Сухановы, Латкины, Лыткины, Забоевы, лальский купец, постоянно проживавший в Яренском уезде, Попов, яренский купец Н.П. Ешкилев и другие. Во второй половине XIX в., в связи с тем, что было разрешено торговать крестьянам без перечисления в купеческое сословие, достаточно крупные торговцы, фактически занимавшиеся только торговыми операциями и промышленным предпринимательством, оставались формально в рядах крестьянства. Мы относим этих людей к разряду купечества и рассматриваем их операции по покупке-продаже земли, как операции частных владельцев-купцов, а не крестьян.

К середине XIX в. земельные угодья Сухановых в основном уже перешли в руки других владельцев. Так, сын купца Степана Суханова мещанин Александр Суханов продал в 1859 г. усть-сысольскому купцу И.Н. Забоеву свою долю пожни Осиповской и Плетневской (8 десятин) [16]. Брат Александра мещанин П. Суханов свою долю пожни «Сава виям песес» площадью около 9 десятин в 1870 г. продал усть-сысольскому уездному врачу А. Заварину [17; 18]. К началу 1880-х гг. во владении наследников купеческого рода Сухановых было 53 десятины земли (сенокосы) без приусадебных участков при домах. Земля находилась в общем пользовании братьев Ефима, Михаила и членов семьи умершего брата Ивана. В таком объеме частное землевладение Сухановых сохранилось вплоть до 1917 г.

Та же судьба была и у земельных владений купцов Лыткиных. Для оплаты долгов наследники купцов в 1874 г. продали свои частные земли: «в пожне Долгой 2 десятины 1140 сажень..., по речке Сетас Кайтановской волости 9 десятин 1515 сажень, в пожне Читовской 14 десятин 41 сажень, пустопорожнее место и четыре дома с землей в

г. Усть-Сысольске» [19]. Торгующий по свидетельству купца 2-й гильдии крестьянин Благовещенской волости Аифал Кузьбожев купил у наследников купцов Лыткиных (мещанина Н.С. Лыткина) имение в местечке Чов. Размер земельного владения в этом имении составлял 122 десятины 1040 сажень [20]. В целом, в частной собственности купцов и мещан г.Усть-Сысольска в 1866 г. соответственно было 482 и 282 десятины. Это были сенокосные земли. Пахотных угодий насчитывалось всего 6 десятин [21–22]. В 1878 г. за этими владельцами зафиксировано столько же земли [23].

В 40 – 50-х гг. XIX в. в Коми крае сформировалась еще одна группа частных землевладельцев. В это время в Усть-Сысольском и Яренском уездах Вологодской губернии получили «по высочайшим пожалованиям» земельные участки некоторые российские военные. Генерал-майору Анненкову было пожаловано 2 тыс. десятин земли, полковнику Политковскому – 1500 десятин земли в Яренском уезде. В Усть-Сысольском уезде землю в пожалование получили генералы Забудский (1500 десятин), Н.Б. Брожевский (1500 десятин), П.И. Чернявский (2000 десятин) и Август-Иванов фон дер Нонне (1500 десятин) [24]. В основном эти земли были заняты богатыми хвойными лесами.

Ни один из новых собственников земли в Коми крае не бывал и никакого хозяйства на пожалованных землях не вел. Их поверенные, получив юридические акты о правах хозяев на собственность, поспешили сразу эти участки земли продать. Приобретали их (участки земли), прежде всего, представители местного уездного чиновничества, которые затем перепродали эти земельные участки купцам и крупным торговцам из зажиточных слоев крестьянства и мещанства. Приведем несколько примеров для иллюстрации высказанного положения. В Усть-Сысольском уезде пожалованные земли находились главным образом в окрестностях уездного города по речкам Чов и Емваль. 31 января 1857 г. жена усть-сысольского земского исправника П.А. Волкова надворная советница А.И. Волкова купила земли, пожалованные генерал-майору П.И. Чернявскому, в размере 2000 десятин [25]. В том же году она купила землю у еще одного военного – генерал-майора Августа-Иванова фон дер Нонне (1500 десятин) [26]. Общая площадь ее земельных владений составила 3500 десятин. На этих землях Волкова начала создавать хозяйство. Однако в 1862 г. она была осуждена за самовольную порубку леса в казенных дачах Усть-Сысольского уезда и выслана в Томскую губернию, но во время следования к месту ссылки она умерла. Еще раньше скончался ее муж. Имущество Волковых, по неимению прямых наследников, перешло к ближайшим родственникам умершей – Максиму и Михаилу Зюзовым, крестьянам д. Наволоцкой Небдинской волости Усть-Сысольского уезда [27, л. 4, 5, 11, 16, 267, 268]. «Ввод во владение» имуществом Волковых новых владельцев Зюзовых был завершён в 1864 г. [27, л. 495]. Лесные дачи «Богородская» и «Волково», купленные в свое время А.И. Волковой у генералов, Зюзовы вскоре продали иногородним

купцам Новоникольскому и Бутыреву [28–29]. В 1883 г. эти земли площадью 3470 десятин у вологодского купца Бутырева купил усть-сысольский мещанин, торгующий по купеческой гильдии, А.М. Забоев, который практически сразу, в 1883 – 1885 гг., продал часть этих лесных дач другим лицам. 900 десятин у него купил земский начальник (бывший земский врач) М.И. Тур, 100 десятин – коллежский секретарь М.И. Попов и 300 десятин – мещанин Д.А. Синцов [30]. Во владении А.М. Забоева оставалось 1115 десятин, купчихи А.П. Забоевой – 1100.

Земля, пожалованная генерал-майору Н.Б. Броневскому (1500 десятин), в 1867 г. за недоимки в казну была продана яренскому уездному врачу коллежскому асессору Г.С. Крылову. Он, в свою очередь, через три года после покупки продал ее вычегодскому лесничему штабс-капитану дворянину К.М. Яхимовскому [31]. В 1873 г. Яхимовский умер, не оставив прямых наследников. Вскоре его дача была передана его сестре крестьянке Подольской губернии М.М. Бржецкой. В 1877 г. ее поверенный продал эту дачу (хутор Яхимовец) торгующему крестьянину Вильгортской волости Усть-Сысольского уезда В.П. Оплеснину [32–33]. При новом владельце Оплеснине часть земель на этой даче многократно переходила из рук в руки. В 1880-х гг. землей пользовался чиновник по крестьянским делам Усть-Сысольского уезда Арсеньев; в 1890-х гг. от 300 до 550 десятин земли в разное время находилось во владении земского начальника В. Городецкого; в начале XX в. около 700 десятин земли этой дачи принадлежали титулярному советнику С. Попову. Наконец, в 1908 г. единственным владельцем всей дачи площадью 1500 десятин вновь стал купец В. Оплеснин [34]. Примеры можно продолжить.

Таким образом, основными частными землевладельцами в Коми крае (Усть-Сысольском и Яренском уездах) были заводовладельцы, купцы и предприниматели из среды мещан и крестьян. Эти владельцы пытались использовать земли с максимальной пользой в качестве пахотных, сенокосных угодий, мест для заготовки леса на древесный уголь и мест добычи руды. Часть предпринимателей на своих участках земли заготавливала лес для продажи на российских рынках и для отправки за рубеж. Время от времени землей владели местные чиновники и пожалованные земельными участками (дачами) военные. Однако и те и другие рассматривали свои земельные участки, как предмет продажи для быстрого получения денег. В результате, земля «временных» собственников переходила в руки местных предпринимателей и их российских и даже зарубежных «коллег», проводивших в крае лесозаготовки.

Распространение частного землевладения в крае, все больше развиваясь за счет казенных и крестьянских земель, было проявлением общероссийского процесса развития товарно-денежных, капиталистических, отношений.

Автор выражает благодарность д.и.н. М.А.Мацуку за участие в подготовке данной статьи.

Литература и источники

1. *История северного крестьянства*. Архангельск, 1984. Т. I. 432 с.; 1985. Т. II. 385 с.
2. *Голикова Н.И.* Землепользование и землевладение северного государственного крестьянина в пореформенные годы XIX в. Сыктывкар, 1989. С. 87-92. (Труды Коми научного центра УрО РАН; №112).
3. *Шаньгина В.В.* Покупка земли в частную собственность крестьянами пореформенного Коми края (60 – 90-е гг. XIX в.). // Там же. С. 93-96. (Труды Коми НЦ УрО РАН; №112).
4. *Рогачев М.Б., Цой А.И.* Усть-Сысольск (страницы истории). Сыктывкар, 1989. С. 20-41.
5. *Рогачев М.Б., Цой А.И.* Сельскохозяйственное производство в Усть-Сысольске во второй половине XIX – начале XX вв. // Межвузовский сборник научных трудов. Сыктывкар, 1987. С. 113-120.
6. *Беленкина Т.И.* Земельные отношения в Коми крае в конце XVIII и в первой половине XIX вв. // Ученые записки Коми государственного педагогического института. Вып. 9. Сыктывкар, 1960. С. 8.
7. РГИАЛ. Ф. 1291. Оп. 50. Д. 54. л. 128-129.
8. ГААО. Ф. 1952. Оп. 2. Д. 3. Л. 1 – 10.
9. *Статистический сборник*, издаваемый Вологодским губернским статистическим комитетом. Вологда, 1883. С. 179.
10. ГАВО. Ф. 276. Оп. 1. Д. 1448. Л. 1 – 39.
11. НАРК. Ф. 99. Оп. 4. Д. 75. Л. 5-6.
12. ГАВО. Ф. 276. Оп. 1. Д. 7703. Л. 1-14.
13. ГАВО. Ф. 15. Оп. 1. Д. 1615.
14. ГААО. Ф. 1952. Оп. 2. Д. 5. Л. 2-11.
15. РГИАЛ. Ф. 37. Оп. 67. Д. 218. Л. 7.
16. НАРК. Ф. 99. Оп. 4. Д. 94. Л. 8.
17. НАРК. Ф. 99. Оп. 4. Д. 94. Л. 6.
18. НАРК. Ф. 99. Оп. 4. Д. 73. Л. 19.
19. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Д. 2336. Л. 59, 60-62.
20. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Д. 2339. Л. 9 об.
21. ГАВО. Ф. 388. Оп. 9. Д. 924. Л. 4 об.
22. НАРК. Ф. 118. Оп. 1. Д. 3046. Л. 27.
23. ГАВО. Ф. 18. Оп. 1. Д. 2147. Л. 7 об.
24. ГАВО. Ф. 276. Оп. 1. Д. 1776, 1777.
25. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Д. 813. Л. 283.
26. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Д. 789. Л. 163.
27. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Д. 813.
28. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Ф. 165. Оп. 1. Д. 305. Л. 154.
29. НАРК. Ф. 14. Д. 67. Л. 264.
30. НАРК. Ф. 272. Оп. 1. Д. 3. Л. 19, 20.
31. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Д. 949. Л. 18, 86, 88, 118 – 135.
32. НАРК. Ф. 99. Оп. 3. Д. 4. Л. 274.
33. НАРК. Ф. 99. Оп. 1. Д. 1883. Л. 17, 21, 29, 33, 38.
34. НАРК. Ф. 99. Оп. 3. Д. 4. Л. 1, 8, 9, 10, 17 – 24, 36 – 37.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 338.436.33 (470.13)

ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОТРАСЛЕВАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА АГРАРНОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ КОМИ

В.А. ИВАНОВ, В.В. ТЕРЕНТЬЕВ

*Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ
УрО РАН, г.Сыктывкар*
ivanov@iespn.komisc.ru

Показана роль сельского хозяйства в экономике региона и динамичном развитии сельских территорий, дан анализ отраслевой структуры, организационных форм предприятий и размещения сельскохозяйственного производства по зонам республики, выявлены причины аграрного кризиса и предложены меры по их преодолению.

Ключевые слова: сельское хозяйство, отраслевая структура, организационно-правовая форма предприятий, состояние, перспективы, Республика Коми

V.A. IVANOV, V.V. TERYTYEV. **TERRITORIAL, BRANCH AND ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF THE AGRARIAN SECTOR IN THE KOMI REPUBLIC**

The role of agriculture in the region economy and in dynamic development of rural territories is shown. The analysis of branch structure and allocation of the enterprises of different managerial forms is given. The reasons of agrarian crisis are considered and measures for its overcoming are proposed.

Key words: agriculture, branch structure, the managerial forms of the enterprises, condition, prospects, the Komi Republic

Сельское хозяйство Республики Коми имеет многовековую историю. Оно развивалось вместе с освоением территории, главным образом для обеспечения продуктами питания местного населения. С бурным ростом добывающих отраслей функционирование сельского хозяйства было подчинено обеспечению населения свежими продуктами питания – молоком, мясом, яйцом, картофелем и овощами.

В истории развития сельского хозяйства республики самыми благоприятными были 1965-1991 гг. В этот период среднегодовые темпы прироста валовой продукции отрасли составили 2,9%, производительности труда в общественном секторе – 4,4. Наиболее высокими темпами росло производство яиц и мяса. В 1991 г. потребление мяса жителями республики было на уровне 80% от научно обоснованных норм питания, молока и молочных продуктов – 70, рыбы – 65, яиц – 105, овощей и бахчевых – 74, сахара – 93%. Доля местных ресурсов в формировании продовольственного фонда достигла по картофелю – 94%, овощам – 21, молоку – 48, мясу – 40, яйцу – 91%. Показатели потребления продуктов питания животноводческой продукции превышали среднероссийский уровень. Все хозяйства и все виды продукции были рентабельны и находили сбыт.

В конце 1970-х начале 1980-х гг. Коми АССР среди 71 региона РСФСР занимала первое место по урожайности картофеля, четвертое по урожайности овощей открытого грунта, восьмое по удою

молока на корову, третье по яйценоскости кур. Эти показатели были в 1,3-1,5 раза выше по сравнению с регионами, откуда мы теперь завозим продовольствие.

Региональные особенности функционирования аграрной сферы

Роль аграрного сектора для экономики региона и динамичного развития сельских территорий заключается в сохранении среды жизнедеятельности, природной среды и уклада жизни коренных народов, обеспечении населения натуральными и свежими продуктами питания и сырьем пищевой промышленности, формировании занятости, улучшении демографической ситуации и расселения, повышении жизненного уровня сельского населения.

Выработка научно обоснованной аграрной политики применительно к условиям Республики Коми, во многом типичных и для других регионов Европейского Севера, требует учета региональных особенностей воспроизводственного процесса в сельском хозяйстве. Среди них:

– сельское хозяйство специализируется на производстве малотранспортабельных и скоропортящихся продуктов и продукции традиционных отраслей, сформировавшемся под влиянием природных условий, географического положения, исторических и социально-экономических факторов;

– агроприродный и экономический потенциалы позволяют вести эффективное производство картофеля, овощей местного ассортимента, цельного молока и кисломолочных продуктов, яиц;

– агропредприятия и крестьянские (фермерские) хозяйства в силу суровых климатических условий и отсталости технико-технологического производства производят более дорогую продукцию животноводства, не способную конкурировать с аналогичной продукцией, завозимой из-за рубежа и с более южных районов России;

– продукция традиционных отраслей (оленоводства, рыболовства, охотничьих промыслов, дикорастущих грибов и ягод) конкурентоспособна не только на региональном, но и национальном и международном рынках;

– эффективность производства животноводческой продукции сильно зависит от поставок и конъюнктуры рынка концентрированных, а в приарктических и арктических районах – и грубых кормов;

– завоз горюче-смазочных материалов, семян, удобрений, техники, кормов, строительных материалов в места с ограниченным периодом транспортной доступности (пять-семь месяцев) требует единовременного привлечения больших сумм кредитов банка;

– ведение сельскохозяйственного производства в условиях Севера связано не только с большими затратами, но и сопряжено с высокой долей риска, что не заинтересовывает частных предпринимателей инвестировать капитал в его развитие;

– исторически в среде северного крестьянства сформировалась собственная культура хозяйствования с характерными традициями общности и артельности в укладе жизнедеятельности, неразвитостью отношений частной собственности на землю. Коллективистский менталитет северного крестьянства и сегодня во многом объясняет его приверженность общественным формам хозяйствования.

Аргумент большой затратности сельского хозяйства на Севере, с государственной точки зрения, не может быть признан достаточным против политики регионального развития производства. Производимые здесь продукты питания вполне можно отнести к категории стратегических товаров, так как они непосредственно обеспечивают жизнедеятельность и определяют уровень продовольственной безопасности проживающих на Севере людей. Удовлетворение повышенной потребности населения в витаминах, белках и жирах, источником которых являются свежие продукты питания местного производства, требует активного участия государства в сохранении и развитии аграрного сектора.

В связи с трудными природными и экономическими условиями развития сельского хозяйства для Республики Коми неприемлем принцип самообеспечения продовольствием, однако производство основных продуктов питания, для которых имеются благоприятные условия, является в обозримой перспективе объективной необходимостью. Наши исследования доказывают, что республика в перспективе может полностью обеспечить население картофелем и овощами открытого грунта местного ассортимента (кроме ранней продукции), расширить производство овощей закрытого грунта,

обеспечить население молоком и молокопродуктами на 40-45%, мясом и мясопродуктами на 30-35%, диетическим яйцом на 70-75%; увеличить производство продукции рыболовства, оленеводства, охотничье промыслового хозяйства, грибов и ягод.

Структура и состояние сельского хозяйства

В настоящее время на долю сельского хозяйства приходится около 2,0% валового регионального продукта, 0,8 – инвестиций в основной капитал и 3,8% – среднегодовой численности занятых в экономике. В отраслевой структуре преобладает молочно-мясное скотоводство, птицеводство, свиноводство и оленеводство. Растениеводство специализируется на производстве картофеля и овощей, а также обеспечивает сочными и грубыми кормами животноводство. Под кормовые культуры в республике занято 80, а в сельхозорганизациях – 97% посевной площади всех сельхозкультур. На долю картофеля приходилось 17% посевных площадей, овощей – 1%.

Основная часть продукции сельского хозяйства производится в пристоличных районах – Сыктывдинском, Корткеросском, в городских округах Сыктывкар, Ухта, Инта и в южном районе – Прилузском.

На конец 2008 г. производством сельскохозяйственной продукции занимались 43 сельхозорганизации, 101 тыс. хозяйств населения, 274 крестьянских (фермерских) хозяйств, 75,6 тыс. семей садоводов и 29,9 тыс. семей огородников.

Таким образом, для аграрной сферы республики характерно сочетание крупных, средних и малых организаций и хозяйств. В настоящее время здесь функционируют коллективный, личный подсобный, крестьянско-фермерский уклады. Сформировались различные организационно-правовые формы: производственные сельскохозяйственные кооперативы, общества, государственные и муниципальные унитарные предприятия, личные и фермерские хозяйства. Среди крупных и средних сельхозорганизаций доля обществ (ЗАО, ОАО, ООО) составила 56%, производственных сельхозкооперативов – 36, государственных и муниципальных предприятий – 8%.

В общем объеме валового производства сельхозпродукции в 2008 г. на долю сельхозорганизаций приходилось 57,6 %, хозяйств населения – 39,5, крестьянских (фермерских) хозяйств – 2,9% (табл. 1). Сельхозорганизации доминировали в производстве продукции животноводства, хозяйства населения – в выращивании картофеля и овощей (рисунок).

Переход к рынку с использованием монетаристских подходов крайне негативно отразился на аграрном секторе. За 1990-2008 гг. производство молока сократилось в 3,3, а мяса крупного рогатого скота (в живом весе) – 3,5 раза.

За годы аграрных реформ произошла деградация производственного потенциала отрасли – земельного, материально-технического, кадрового. Сельхозугодья за 1990-2008 гг. сократились с 353 тыс. га до 198, посевные площади – со 100,5 тыс. до 44,0 тыс. га, поголовье крупного рогатого скота уменьшилось со 173,5 тыс. до 43,7 тыс. гол., в том числе коров – с 71,0 до 20,1, свиней – со 136,3 до 24,7,

**Динамика соотношения доли различных социальных типов хозяйств
в производстве валовой продукции Республики Коми, %**

Показатели	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Все категории хозяйств	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
В том числе:							
Сельскохозяйственные коллективные предприятия	80,1	53,0	47,8	45,6	48,4	49,7	57,6
Хозяйства населения	19,9	46,1	51,4	52,7	49,6	47,8	39,5
Фермерские хозяйства	-	0,9	0,8	1,7	2,0	2,5	2,9

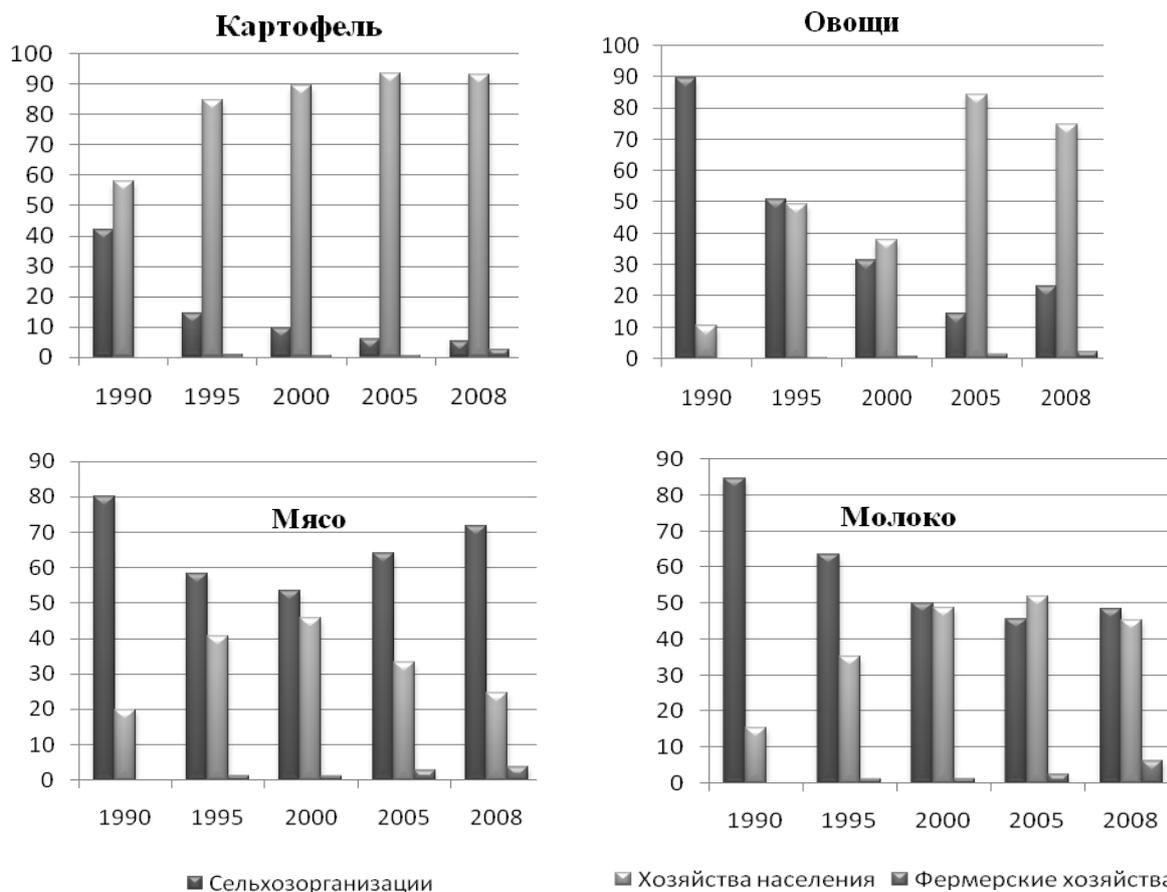


Рис. Динамика производства сельхозпродукции в хозяйствах различных социальных типов, %.

олений – со 123,6 до 86,7 тыс. гол. Численность работников в сельхозорганизациях сократилась в три раза. Снижение поголовья крупного рогатого скота, посевных площадей, численности работников, занятых в сельском хозяйстве произошло во всех районах, но особенно сильно в зоне Крайнего Севера.

В растениеводстве происходит ухудшение агрохимических и водно-физических свойств почвы, увеличение площадей заболоченных и закустаренных земель в связи с разрушением осушительных систем и сокращением мелиоративных работ. Вынос питательных веществ с урожаем из почвы превышает их внесение. В настоящее время на 1 га вносится 9 кг действующего вещества минеральных удобрений, 3,8 т органических удобрений, что

составляет соответственно 18 и 20% потребности, необходимой для поддержания плодородия в почве.

Темпы снижения инвестиций в АПК в четыре с лишним раза выше, чем в целом по республике. Основные фонды в отраслях комплекса изношены на две трети. Коэффициент выбытия основных фондов превышает коэффициент обновления в три раза.

Более половины сельхозорганизаций республики являются неплатежеспособными. Число убыточных предприятий от их общего числа в 2008 г. составляло 26%. Дебиторская задолженность превысила 300 млн. руб.

Среднедушевые денежные доходы сельского населения в 2008 г. были в 2,3 раза ниже городского уровня, а среднемесячная зарплата работников

сельского хозяйства к средней по республике составила 46,1%.

Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2006 г. показала, что аграрное производство в Республике Коми не осуществляли 29,6% зарегистрированных крупных и средних организаций, 37,0 – малых предприятий, 59,9 – фермерских хозяйств, 11,5% – личных подсобных и других индивидуальных хозяйств граждан [1, с. 18-19].

Размещение и специализация агропроизводства

В Республике Коми под воздействием природных и экономических условий сельскохозяйственного производства и общественных потребностей сформировались четыре сельскохозяйственные зоны: Крайнего Севера, Северная, Центральная и Южная [2, с.39].

Относительные данные о размещении населения и аграрного производства по зонам республики приведены в табл. 2.

том числе коров – до 129, свиней – 439 гол. В 2008 г. на 100 га сельхозгодий производилось только 31 ц молока и 45 ц мяса.

В сельскохозяйственной зоне Крайнего Севера проживало в 2008 г. 16,0% населения республики и производилось 5,8% валовой продукции сельского хозяйства. В начале 1990-х гг. эти показатели составляли соответственно 22,3 и 11,9%. Наиболее перспективным для этой зоны является производство молока, яиц, мяса птицы, развитие оленеводства. Целесообразно строительство в городах Воркута и Инта новых молочных ферм и реконструкция цехов по переработке продукции, оснащенных современным высокопроизводительным оборудованием.

К Северной сельскохозяйственной зоне отнесены Ижемский, Усть-Цилемский, Удорский и Троицко-Печорский районы, а также муниципальные районы Вуктыл, Печора, Сосногорск и городские округа Усинск и Ухта. Здесь за 1991-2008 гг. доли населения и производства продукции почти не изменились.

Таблица 2

Размещение населения и сельскохозяйственного производства по зонам Республики Коми в 2008 г., % (республика – 100%)

Показатели	Сельскохозяйственные зоны			
	Крайний Север	Северная	Центральная	Южная
Население	16,0	39,4	41,3	3,3
Валовая продукция сельского хозяйства	5,8	25,2	58,9	10,1
Производство продукции:				
Молоко	2,4	40,5	46,5	10,6
Мясо	4,1	15,2	76,5	4,2
Яйцо	25,4	0,4	73,9	0,3
Картофель	0,1	31,0	56,4	12,5
Овощи	-	19,3	73,0	7,7

За годы реформ в данной зоне также произошла ликвидация государственных сельхозпредприятий, подсобных хозяйств промышленных предприятий.

Специализация этой зоны – производство молока, мяса крупного рогатого скота, развитие оленеводства, а в качестве дополнительных отраслей – выращивание картофеля и овощей. В перспективе целесообразно строительство в городах Ухта и Печора молочных комплексов на 400 коров с продуктивностью коров 4,5-5 тыс. л в год. В небольших сельских поселениях могут быть организованы молочные фермы на 100-200 коров.

За годы реформ в территориально-отраслевой структуре сельскохозяйственного производства произошли серьезные сдвиги. Особенно они коснулись зоны Крайнего Севера, куда отнесены городские округа Воркута и Инта. Здесь в большей степени было разрушено сельскохозяйственное производство. Были ликвидированы подсобные сельские хозяйства промышленных предприятий. Например, в г. Воркута в 1990 г. функционировали семь сельхозпредприятий и более 20 подсобных хозяйств. Каждое крупное промышленное предприятие имело подсобное сельское хозяйство. Содержалось 9,5 тыс. гол. крупного рогатого скота, в том числе 4,8 тыс. коров. Имелось более 7 тыс. гол. свиней. На 100 га сельхозгодий производилось 1758 ц молока и 298 ц мяса в живом весе. Удой молока от одной коровы достигал до 3,5 тыс. кг. На душу населения производилось 13,6 кг мяса в живом весе, 80 кг молока, 36 шт. яиц и 6,4 кг овощей защищенного грунта. К 2010 г. осталось только два сельхозпредприятия. поголовье крупного рогатого скота на начало 2009 г. сократилось до 141 гол., в

К Центральной сельскохозяйственной зоне отнесены Усть-Куломский, Усть-Вымский, Княжпогостский, Корткеросский, Сыктывдинский и Сысольский районы и городской округ Сыктывкар. Здесь за рассматриваемый период доля населения возросла с 35,0 до 41,3%, производства валовой продукции – с 49,9 до 58,9%, мяса – с 52,3 до 76,5%, яиц – с 55,3 до 73,9%.

Разрушение крупных коллективных хозяйств молочно-мясной специализации привело к снижению за 1990-2008 гг. производства молока с 83,5 до 28,7 тыс. т, мяса в живом весе – с 31,1 до 22,0 тыс.т, яиц – с 195,8 млн. до 128,7 млн. шт.

В Южной сельскохозяйственной зоне, куда входят Койгородский и Прилузский районы, доля населения осталась неизменной (3,3%), а производство валовой продукции возросло с 8,6 до 10,1%. В этой зоне более благоприятные условия для ведения сельского хозяйства. В ней значительное развитие должно получить семеноводство зерновых и многолетних трав, производство зерна, картофеля, овощей, молока и мяса крупного рога-

того скота. Производимая продукция будет направляться на улучшение обеспечения населения северных районов республики.

В периферийных сельских районах (Усть-Цилемском, Ижемском, Удорском, Троицко-Печорском, Усть-Куломском), где не ставятся вопросы развития интенсивного молочного животноводства, в целях рационального использования природных кормовых угодий, трудовых ресурсов, целесообразно заниматься мясным скотоводством. Пустующие животноводческие помещения после ремонта и реконструкции следует использовать для размещения мясного скота. Скрещивание молочных коров с быками-производителями мясных пород – менее затратный путь развития откормочного скотоводства. Мясное скотоводство требует меньше инвестиций, сложного технического оборудования, обслуживающего персонала. Мясное скотоводство можно организовать как в специализированных предприятиях, так и в составе молочных хозяйств, в специализированных отделе-

ниях, бригадах, а также в крестьянских (фермерских) хозяйствах. При этом целесообразно повышение дозаций на мясо крупного рогатого скота.

Обосновывая развитие организационной структуры аграрного сектора, следует ответить на вопрос: какому социальному типу хозяйств отдать предпочтение – сельхозорганизациям, фермерским хозяйствам, хозяйствам населения?

При обосновании перспективных форм хозяйствования в северной деревне важно учитывать более выраженную склонность сельских тружеников к коллективному труду. В коллективе они могут рассчитывать на поддержку в трудную минуту, на помощь в ведении личного подсобного хозяйства, на гарантированное место работы. К тому же советский период внес свою лепту в формирование сельского уклада жизни, основанного на работе крестьян в коллективных хозяйствах. Поэтому коллективные сельхозорганизации необходимо восстановить во всех сельскохозяйственных зонах.

Таблица 3

Причины аграрного кризиса и основные мероприятия по их преодолению

Причины кризисной ситуации	Необходимые мероприятия по стабилизации и развитию сельского хозяйства
Неразвитость нормативно-правовой базы	<p>На федеральном уровне требуется разработать и принять законы: «О сельском хозяйстве Российской Федерации», «О государственном регулировании импорта сельскохозяйственной продукции», «О сельскохозяйственном страховании», «О государственном сельскохозяйственном предприятии».</p> <p>На уровне Республики Коми: «О восстановлении и развитии сельского хозяйства Республики Коми», «Об инновационной политике и стратегии в АПК».</p>
Недостаток финансовых ресурсов для осуществления расширенного воспроизводства	<p>Полное финансовое обеспечение развития сельского хозяйства республики потребует увеличения бюджетных средств в два раза (до 1800-2000 млн. руб.) по сравнению до кризисным периодом. 70-80% бюджетных ассигнований необходимо направлять через субсидирование аграрных цен.</p> <p>Доступ сельхозорганизаций и хозяйств на финансовые рынки – повышение роли долгосрочного кредита: льготный кредит на строительство и модернизацию животноводческих помещений следует предоставлять на 20-25 лет, а на приобретение сельхозтехники и оборудования – на 6-8 лет.</p> <p>Расширить систему кредитной кооперации и применение лизинга на селе.</p> <p>Списать задолженность сельхозтоваропроизводителей, отменить сельхозорганизациям налоги на пять лет, ввести фермерским хозяйствам вместо налогов патенты на ведение хозяйственной деятельности.</p>
Усиление неэквивалентности товарообмена сельского хозяйства с другими отраслями экономики	<p>Компенсировать потери сельхозтоваропроизводителям из-за роста цен на потребляемые ресурсы промышленного изготовления.</p>
Дефицит и отток квалифицированных кадров из отрасли. Низкий уровень менеджмента.	<p>Повышение доходов работников аграрного сектора до уровня по народному хозяйству.</p> <p>Кардинальное улучшение социальной среды обитания: удовлетворение потребности в благоустроенном жилье, повышение доступа к образовательным, медицинским, культурным и торгово-бытовым услугам, улучшение дорожно-транспортных условий.</p> <p>Создание системы непрерывного аграрного образования – начального профессионального, среднего специального, высшего профессионального, переподготовки и повышения квалификации.</p> <p>Разработка целевой программы кадрового обеспечения аграрного сектора на уровне организаций, муниципальных образований, региона.</p>
Вытеснение местных сельхозтоваропроизводителей с рынка продовольствия	<p>Ликвидация монополии заготовительных, посреднических и перерабатывающих структур на кооперативной основе цикла производства, переработки и реализации продукции сельского хозяйства.</p> <p>Приоритет местным сельхозтоваропроизводителям при закупках продукции в региональные фонды.</p> <p>Доступ сельхозтоваропроизводителей к объектам розничной торговли, продовольственным рынкам.</p> <p>Участие государства в залоге продукции (картофель, овощи) путем выделения бюджетных средств и льготного кредита.</p>
Слабая диверсификация аграрной сферы	<p>Интеграция сельского, лесного хозяйства и промыслов на базе закрепления леса в частное владение фермерским и коллективным хозяйствам.</p> <p>Создание условий диверсификации агропромышленного хозяйства, требующих заметной корректировки «Лесного кодекса», «Земельного кодекса», закона «О крестьянском (фермерском) хозяйстве».</p>

Основу формирования продовольственного фонда столичного города, а также городов Ухта, Воркута, Инта, Печора, Усинск, Сосногорск составят средние и крупные предприятия, интегрированные с перерабатывающей промышленностью.

Учитывая, что становление крестьянского (фермерского) хозяйства требует больших инвестиций для создания материальной базы и инфраструктуры, высокой компетентности работы в условиях рынка, фермерский уклад в среднесрочной перспективе не получит существенного развития. Вместе с тем, при создании необходимых условий эта форма хозяйствования имеет перспективы, прежде всего, в периферийных районах.

Хорошую устойчивость в период рыночных преобразований показали хозяйства населения, которые оказались более приспособленными к рынку, практически без всякой поддержки государства в условиях кризиса наращивали производство продукции. Однако в силу сокращения сельских домохозяйств, ухудшения демографической ситуации на селе, старения сельского населения и снижения в нем доли дееспособных лиц, низкой эффективности производства, базирующегося на ручном малоквалифицированном труде, не следует главный упор в качестве основы формирования продовольственного фонда делать на хозяйства граждан. В настоящее время абсолютное большинство таких хозяйств относится к потребительскому типу. По данным сельхозпереписи 2006 г., лишь 14,7% хозяйств населения Республики Коми занимались разведением крупного рогатого скота. Излишки произведенного мяса реализовали только 0,8% хозяйств, а молока – 1,2.

Причины аграрного кризиса и меры по его преодолению

Основными причинами кризисной ситуации в аграрном секторе являются: усиление неэквивалентности в товарообмене сельского хозяйства с другими отраслями экономики; неплатежеспособность потребителей и несвоевременные расчеты за реализованную продукцию; снижение государственной поддержки; нарушение межотраслевых связей, сделавших поставщиков материальных ресурсов и переработчиков агросырья практически независимыми от тружеников деревни; либерализация импорта продовольствия; отсталые технологии, высокий уровень износа основных фондов; крайне низкий уровень жизни тружеников села; дефицит квалифицированных кадров; недостаточный уровень менеджмента; неразвитость производственной и социальной инфраструктуры.

Концептуальные направления стабилизации и развития агропромышленного производства достаточно полно исследованы сотрудниками лаборатории аграрной экономики Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН и представлены в публикациях [3-8].

Для преодоления затяжного и устойчивого аграрного кризиса, перехода сельского хозяйства на динамичное развитие, улучшения условий труда и жизни сельхозтоваропроизводителей предложен комплекс организационно-экономических мер (табл. 3).

Реализация мер, связанных с обновлением сельскохозяйственного законодательства, модернизацией производства, перераспределением финансовых ресурсов в пользу аграрного сектора, формированием многофункционального хозяйства на селе, потребует политической воли руководства республики, последовательной долговременной работы, направленной на преодоление затяжного и устойчивого аграрного кризиса, переход сельского хозяйства на динамичное развитие, улучшение условий труда и жизни сельского населения.

Литература

1. *Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года: В 9 т. Т.7.*: Сельское хозяйство районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей // Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2008. 392 с.
2. *Канев Г.В.* Экономические проблемы сельского хозяйства Европейского Севера. М.: Наука, 1985. 141 с.
3. *Иванов В.А., Кузванова Л.А., Терентьев В.В.* Продовольственное обеспечение населения Республики Коми в условиях рыночных преобразований. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1996. 92 с.
4. *Иванов В.А., Мальцева И.С., Терентьев В.В.* Земельные отношения и формирование многоукладной аграрной экономики в условиях Севера. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 131 с.
5. *Социально-экономические проблемы развития северной деревни / В.А.Иванов, В.В.Терентьев, Л.А. Кузванова и др.* Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2002. 336 с.
6. *Формирование системы государственного регулирования АПК северного региона / В.А.Иванов, В.В.Терентьев, А.А. Мустафаев и др.* Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2006. 322 с.
7. *Иванов В.А.* Развитие АПК северного региона на инновационной основе // Экономика региона, 2008. № 1 (13). С.84-98.
8. *Терентьев В.В., Иванов В.А.* Кадровое обеспечение инновационного развития АПК // Кадровое обеспечение инновационных процессов в Республике Коми. Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт, 2009. С. 122-130.

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Л.А. ПОПОВА

*Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г.Сыктывкар
popova@iespn.komisc.ru*

В статье рассматриваются динамика численности населения Республики Коми и ее обусловленность миграционной и воспроизводственной компонентами; особенности половозрастной структуры населения и степень его экономической активности; уровень занятости ресурсов для труда и их профессиональная компетентность; происходящие в этих характеристиках населения изменения и факторы, которые их определяют; вопросы подготовки кадров и соответствие ее структуры потребностям инновационного развития экономики.

Ключевые слова: численность населения, тенденции миграции и естественного движения, половозрастная структура, экономическая активность населения, уровень и структура занятости, система профессионального образования

L.A. POPOVA. FORMATION AND USE OF RESOURCES FOR THE LABOUR WORK IN THE KOMI REPUBLIC

The article deals with the dynamics of population of the Komi Republic and its conditionality by migratory and reproductive components, peculiarities of sex-age structure of the population and degree of its economic activity, an occupation level of resources for labour and their professional competence, the changes occurring in these characteristics of the population and the factors which determine these changes, problems of professional training and conformity of its structure to requirements of innovative development of economy.

Key words: population, sex-age-specific structure, resources for the labour work, economically active population, the level and structure of employment, vocational education system

Возможности экономического развития региона во многом определяются особенностями формирования и использования ресурсов для труда. Переход к рыночным отношениям, который в Республике Коми произошел на фоне уже начавшегося сокращения численности населения и ограничения воспроизводственной базы ресурсов для труда, в условиях развернувшегося социально-экономического кризиса привел к еще более значительному ухудшению формирования ресурсов для труда. С другой стороны, глубокий спад производства, обусловленный недостаточно продуманными механизмами реформирования экономики, имел следствием крайне неэффективное использование трудового потенциала. Два десятилетия, характеризующиеся значительными изменениями в сфере производства и использования ресурсов для труда, требуют всестороннего анализа ситуации и выявления закономерностей, позволяющих оценить демографический потенциал экономического развития республики. В данной статье рассматриваются динамика численности населения Республики Коми за последние 20 лет, изменения его половозрастной структуры, степень экономической активности населения, уровень занятости и профессиональная компетентность ресурсов для труда, трансформация отраслевой структуры занятости, проблемы безработицы, а также

вопросы соответствия структуры подготовки кадров потребностям развития экономики.

Демографическая ситуация в Республике Коми

Население Республики Коми, как и всего Российского Севера, во многом сформировалось за счет миграционного притока. Поэтому на протяжении длительного периода республика характеризовалась значительными темпами роста его численности. С конца 1980-х гг., после практически семикратного за 70 лет увеличения, здесь началось уменьшение численности населения.

За последний межпереписной период 1989-2002 гг. население республики сократилось на 18,5% (с 1250,8 тыс. чел. до 1018,7 тыс.). В конце 2004 г. республика пересекла миллионный рубеж, достигнутый за 30 лет до этого, в обратном направлении. На 1 января 2010 г. в ней насчитывается 951,2 тыс. чел. (723,2 тыс. в городской местности и 228,0 тыс. – в сельской), что составляет 0,7% населения России. По сравнению с 1989 г., когда была зафиксирована максимальная численность, население республики уменьшилось почти на четверть. За это время Коми переместилась с 48-го места среди регионов России по численности населения на 54-е. Средняя плотность населения снизилась с 3,0 чел. на 1 кв. км до 2,4 (рис. 1).

Характеристика населения Республики Коми

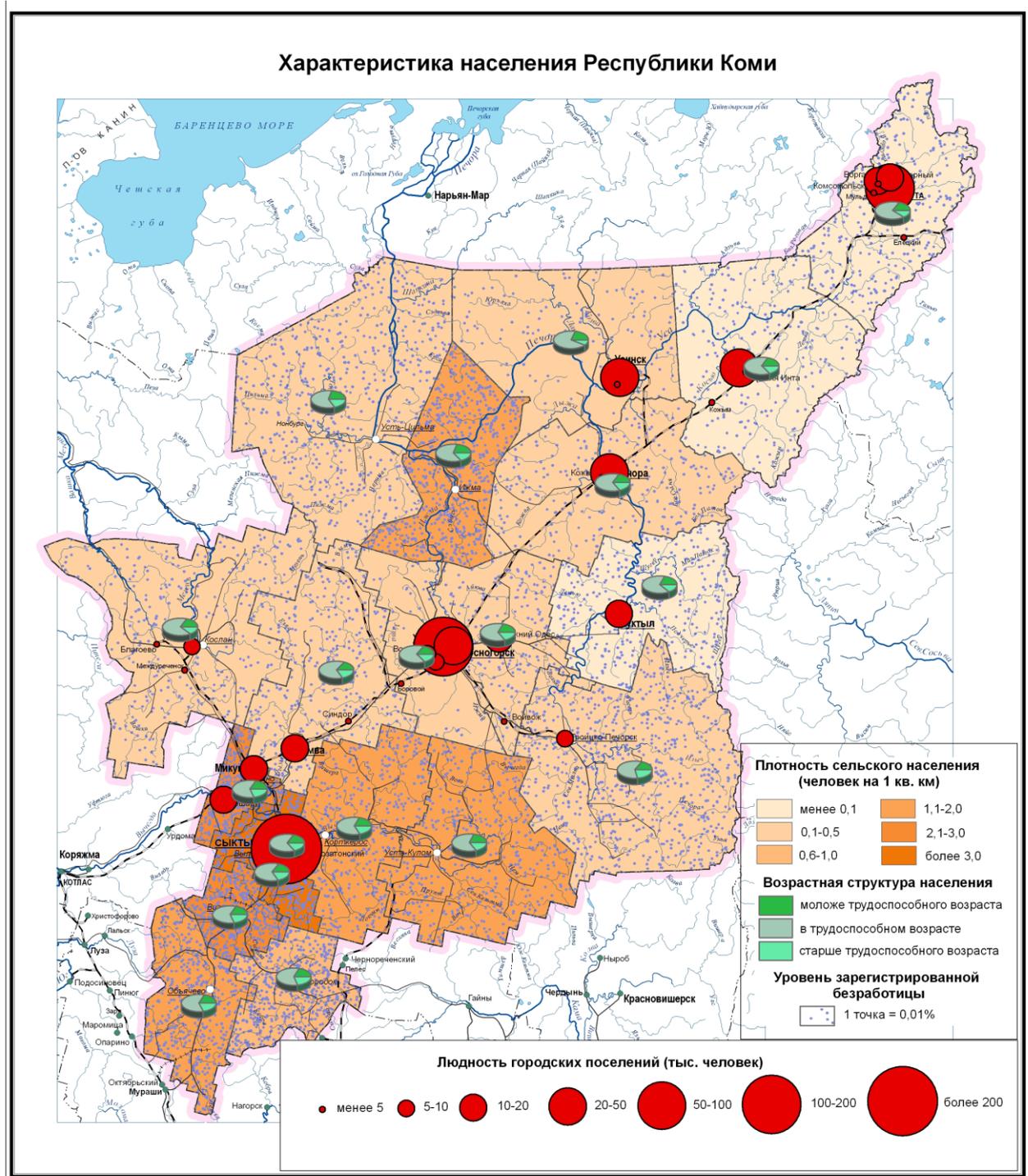


Рис. 1. Характеристика населения Республики Коми, 2008 г.

С 1987 г. для республики характерно отрицательное сальдо миграции. Т.е. если в целом по России миграционный обмен с новым зарубежьем практически наполовину компенсирует потери в численности населения от естественной убыли, то здесь, как и в других северных регионах, миграция, наоборот, вносит весьма весомый вклад в сокращение населения. Согласно нашим расчетам, за период между переписями 1989 и 2002 гг. миграция определила 98,4% общей убыли населения республики. Сокращение городского населения оказалось полностью обусловленным миграцией, в сельской местности на ее долю пришлось 80,8%.

Максимальные объемы миграционной убыли были зафиксированы в середине 1990-х гг., после чего наблюдается достаточно устойчивое снижение ее масштабов. Поэтому роль миграции в уменьшении населения республики заметно сократилась. За первые шесть лет после переписи 2002 г. она обусловила 71,9% сокращения численности населения: 82,6% убыли городского и 52,0 – сельского.

В свое время активный миграционный приток сопровождался значительным омоложением возрастной структуры населения республики и нарастанием мужского численного перевеса в трудоспособных возрастах, определившим преобладание

мужчин в целом по населению. Миграционный отток, наоборот, обуславливает повышенные темпы постарения и постепенное выравнивание половых пропорций в трудоспособных возрастах. Большая роль в постарении населения «снизу» принадлежит и характерному для последних 20 лет уровню рождаемости, когда суммарный коэффициент рождаемости, бывший до этого в республике заметно выше показателя в целом по стране, опустился до среднероссийского уровня.

Естественная убыль населения началась в Республике Коми на год позже, чем в целом по стране, поскольку относительно молодая возрастная структура населения обеспечивает здесь более благополучный уровень общих демографических коэффициентов. Но если за период между переписями 1989 и 2002 гг. естественная убыль обусловила лишь 1,6% уменьшения населения республики, то за 16 лет депопуляции – с 1993 г. по 2008 г. – 18,7% общего снижения. Абсолютное значение естественной убыли за эти годы – 46,2 тыс. чел.: в городской местности 21,0 тыс., в сельской – 25,2 тыс. Это при том, что сельское население составляет менее 1/4 населения республики. В отдельные годы величина общего коэффициента естественной убыли сельского населения в несколько раз превышала значение городского показателя. Наиболее значительные объемы убыли наблюдались в середине 1990-х и начале 2000-х гг. Абсолютный годовой максимум был отмечен в 2003 г., когда общий коэффициент естественной убыли составил в республике -4,3 на 1000 чел. населения: на селе -9,8‰, в городской местности -2,6‰. После этого наблюдается сокращение масштабов убыли до -2,3‰ в 2009 г. в сельской местности и достижения положительного значения в городской (рис. 2).

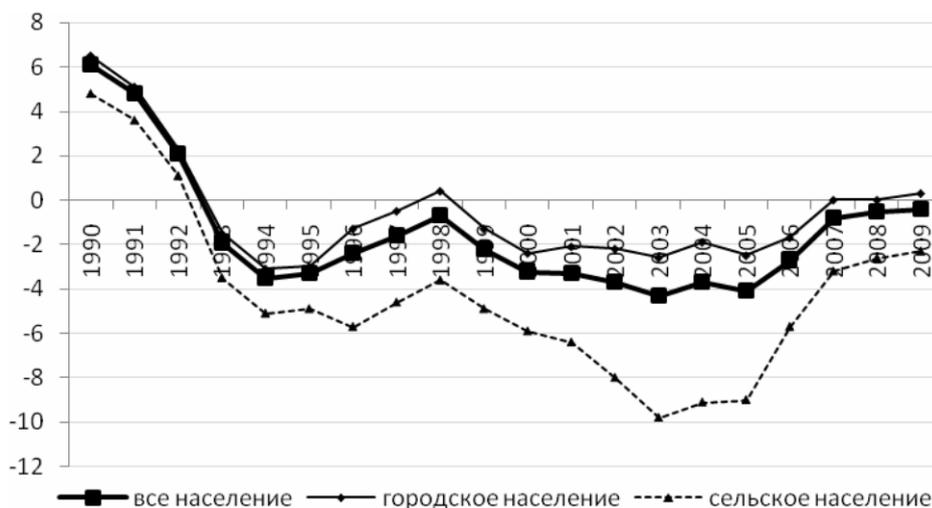


Рис. 2. Динамика общего коэффициента естественного прироста (убыли) населения Республики Коми в 1990-2009 гг.

Возрастная структура населения

Возрастная структура населения Республики Коми довольно существенно отличается от общероссийской. Несмотря на повышенные в последнее время темпы постарения, она по-прежнему остается более молодой: средний возраст населения на

начало 2009 г. составляет 36,4 лет (по России в целом – 38,8) [1].

За период между переписями 1989 и 2002 гг. в Коми произошли сокращение доли населения моложе трудоспособного возраста и прирост удельных весов населения в трудоспособном возрасте и старше трудоспособного. Более значительное постарение населения – заметное сокращение доли детских возрастов и существенный рост удельного веса пенсионных возрастов – характерно для городского населения республики. В сельской местности, наоборот, заметнее выросла доля населения в трудоспособном возрасте.

После переписи 2002 г. тенденции межпереписного периода в целом сохраняются: происходит дальнейшее сокращение удельного веса населения моложе трудоспособного возраста и прирост в трудоспособном и возрастах старше трудоспособного. Однако в сельской местности за период с 9.10.2002 г. по 1.01.2009 г. доля старше трудоспособного возраста практически не изменилась, что свидетельствует о сохранении очень высокой смертности сельского населения в трудоспособных и ранних пенсионных возрастах. Тем не менее, сельское население по-прежнему характеризуется большим процентом населения старше трудоспособного возраста (17,3 против 15,2% в городской местности) и меньшим – трудоспособного (64,4 против 67,9%). Доли детских возрастов, которые в 2008 г. в сельской местности проявили некоторую тенденцию к росту, различаются не столь заметно: 18,2% в составе сельского населения и 17,0% – городского.

Существенное уменьшение удельного веса детских возрастов и не очень значительное, особенно в сельской местности, увеличение удельного веса пенсионных привели к заметному сокращению уровня демографической нагрузки на трудоспособное население. За межпереписной период индекс демографической нагрузки снизился в республике с 611 на 1000 чел. в трудоспособном возрасте до 513, т.е. на 16,1%. В сельской местности сокращение было более значительным: на 17,2% (с 748 до 620) против 15,9% в городской (с 571 до 480). После переписи 2002 г. вплоть до 2006 г. наблюдалось дальнейшее снижение демографической нагрузки. Лишь в последние годы началось ее закономерное возрастание, обусловленное,

прежде всего, достижением трудоспособного возраста малочисленными поколениями 1990-х гг. рождения. Последнее обстоятельство сопровождается также снижением численности репродуктивных контингентов, особенно в наиболее активных детородных возрастах, что определяет неблагоприят-

ные в самой ближайшей перспективе тенденции рождаемости и, соответственно, дальнейшее сужение воспроизводственной базы ресурсов для труда. На начало 2009 г. демографическая нагрузка составила в Республике Коми 492 на 1000 чел. в трудоспособном возрасте (в городе 474, селе – 552). Тем не менее, ее уровень пока существенно ниже, чем по России в целом (590) и в Северо-Западном федеральном округе (577).

Уровень экономической активности населения и занятости ресурсов для труда

Уровень экономической активности населения и занятости ресурсов для труда оценивается на основе регулярно проводимых выборочных обследований населения по проблемам занятости. Согласно данным обследований, на протяжении 2000-х гг. уровень экономической активности населения Республики Коми составляет от 66,3 до 73,1% от общей численности населения в возрасте 15-72 года. Это заметно выше, чем по стране в целом (в 2000-2008 гг. от 64,2 до 67,7%). По уровню экономической активности населения республика занимает в настоящее время приблизительно 16-ю ранговую позицию среди регионов России, а в Северо-Западном федеральном округе – 4-е место после Вологодской и Мурманской областей и Санкт-Петербурга.

В 2008 г. численность экономически активного населения в возрасте 15-72 года, предлагающего свои услуги на рынке труда, составила в республике 569,8 тыс. чел., или 73,1% от общей численности населения этого возраста [2]. При этом в трудоспособном возрасте экономически активными являются 81,4% населения: в городской местности 82,4%, в сельской – 78,3. Следует отметить, что 17,6% экономически неактивного населения в трудоспособном возрасте в составе городского населения во многом представлены обучающимися в дневных учебных заведениях. В то же время 21,7% экономически неактивного населения в рабочих возрастах в сельской местности, где практически нет профессиональных учебных заведений, характеризует чрезвычайно высокую долю так называемых отчаявшихся найти работу и отражает высокий уровень перехода на селе застойной безработицы в экономическую неактивность населения. Безусловно, это одно из самых тяжелых последствий деградации сельского и лесного хозяйства на севере России.

Выявлению уровня и структуры занятости были посвящены также некоторые вопросы программы Всероссийской переписи 2002 г. [3, 4], позволившие дать наиболее достоверную и точную характеристику занятого населения страны, которую можно рассматривать как итог трансформации занятости населения на протяжении 1990-х – начала 2000-х гг. и базовый уровень для ее дальнейшего анализа. Однако следует отметить, что результаты переписи не совсем сопоставимы с данными выборочных обследований по проблемам занятости, поскольку вопросы, касающиеся занятости, в переписи были адресованы населению в возрасте 15-64 года, в то время как выборочные обследования охватывают население 15-72 года. Кроме того, незначительный размер выборки в региональных обследованиях по вопросам занятости обуславливает наличие определен-

ной доли ошибки в значениях показателей, полученных на основе выборочных обследований.

Численность населения, занятого всеми видами экономической деятельности, по данным переписи 2002 г., насчитывала в Республике Коми 461,8 тыс. чел. При этом лишь $\frac{2}{3}$ населения трудоспособного возраста – 66,3% – были заняты в экономике. Занятость экономически активного населения оценивалась в 2002 г. по результатам выборочного обследования на уровне 90,8%. К этому моменту он уже значительно увеличился: тенденция роста уровня занятости, как и в целом по стране, наметилась в Республике Коми с 1999 г. В 2008 г. численность занятых (с учетом лиц занятых в домашнем хозяйстве производством товаров или услуг для населения) составила 528,2 тыс. чел. По сравнению с 1998 г. уровень занятости в составе экономически активного населения вырос с 82,4 до 92,7%. Это максимальный уровень занятости с начала рыночных преобразований.

Средний возраст занятого населения в 2002 г. составил 38,4 года. Более половины работающих приходились на возраста до 40 лет: около $\frac{1}{4}$ занятых были моложе 30 лет, примерно столько же относились к возрастной группе 30-39 лет. Однако самая значительная доля занятого населения – около $\frac{1}{3}$ – пришлась на десятилетнюю возрастную группу 40-49 лет. 13,1% работающих были в возрасте 50-59 лет, 1,8% – 60-64 лет. При этом свыше половины отраслей экономики характеризовались средним возрастом работающих, превышающим медианный возраст всего занятого населения. В период после переписи средний возраст занятых имеет некоторую тенденцию к снижению, в то же время большинство видов экономической деятельности по-прежнему отмечается значительным постарением кадров.

Почти 80% занятого населения республики, согласно переписи, имели профессиональное образование. Свыше половины из них – среднее профессиональное образование, около $\frac{1}{4}$ характеризовались высшим и послевузовским уровнем образования, более $\frac{1}{5}$ части являлись выпускниками профессиональных учебных заведений начального звена. Однако почти 60% неквалифицированных рабочих республики в 2002 г. отметили, что имеют профессиональное образование. Причем около 7% из них имели высшее и послевузовское образование, более половины – среднее специальное образование, и почти 40% окончили профессионально-технические училища. Эти цифры свидетельствуют о крайне неэффективном использовании заметной (более 10%) категории занятого населения.

Через шесть лет обследование по вопросам занятости показало сходный уровень профессиональной подготовки занятого населения. В 2008 г. профессиональное образование имеют 79% занятых. При этом более 30% из них имеют высшее и незаконченное высшее образование. Однако наблюдается ухудшение подготовки кадров среднего уровня: удельный вес лиц со средним специальным образованием сократился среди занятых с профессиональной квалификацией до 35%, а доля специалистов с начальным профессиональным образованием увеличилась до 34%.

О некотором ухудшении профессионально-квалификационного состава работающих свидетельствуют и изменения в структуре занятости по видам занятий. В 2002 г. более $\frac{1}{3}$ занятого населения республики приходилось на специалистов среднего и высшего звена и руководителей, примерно столько же составляли квалифицированные рабочие, около 15% занятых являлись работниками сферы обслуживания и более 10% занятых относились к неквалифицированным ресурсам труда. После переписи в разрезе групп занятий – сокращается доля специалистов, в то время как удельный вес неквалифицированных ресурсов труда, наоборот, увеличивается.

Трансформация отраслевой структуры занятости

По данным переписи 2002 г., максимальное количество рабочих мест населению республики предоставляли транспорт и связь; добыча полезных ископаемых; образование; оптовая и розничная торговля и ремонт предметов личного пользования. Каждый из этих видов деятельности обеспечивал работой более 10% занятого населения республики. Обрабатывающие производства; здравоохранение и предоставление социальных услуг; государственное управление и обязательное социальное обеспечение; сельское и лесное хозяйство – охватывали от 7,5 до 8,5% занятого населения республики. От 5 до 7% занятого населения республики относились к строительству и предоставлению прочих коммунальных, социальных и персональных услуг. По 3,5-4% – были заняты в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды и операциях с недвижимым имуществом, аренде и предоставлении услуг. Около 1-2% занятых работали в гостиницах и ресторанах и занимались финансовой деятельностью.

После переписи 2002 г. в отраслевой структуре занятых Республики Коми произошли достаточно заметные изменения. Оптовая и розничная торговля заняла 1-ю позицию в ранжированном ряду отраслей, переместившись с 4-го места. Существенно улучшили ранговые позиции операции с недвижимым имуществом (переместившись с 12-го на 7-е место), а также государственное управление (перейдя с 7-го на 5-е место) и обрабатывающие производства (с 5-го на 4-е). Добыча полезных ископаемых, наоборот, заметно ухудшила свою позицию, перейдя со 2-го места, которое она занимала на всем протяжении 2002-2007 гг., сразу на 6-е. Здравоохранение, сельское и лесное хозяйство и предоставление услуг понизили ранговые позиции, соответственно, с 6-го на 8-е место, с 8-го на 10-е и с 10-го на 12-е. Образование формально сохранило

свое место за счет значительного понижения ранга добычи полезных ископаемых (рис. 3).

Оценивая структурные сдвиги, пока рано делать вывод о том, что отраслевая структура занятости в республике стабилизировалась и отвечает потребностям спроса населения на продукты и услуги, в то время как в целом по России стабилизация отраслевой структуры занятости населения, по оценкам исследователей, произошла еще в начале 2000-х гг. [5].

В то же время рост численности и доли занятых в обрабатывающих производствах и улучшение их ранговой позиции в ранжированном ряду видов экономической деятельности позволяют утверждать, что процесс деиндустриализации, по-видимому, уже прошел свою нижнюю точку. Однако снижение занятости в добыче полезных ископаемых и значительное понижение ранговой позиции этой отрасли для региона с преимущественно сырьевой специализацией экономики следует оценить как весьма неблагоприятную тенденцию.

Значительное снижение численности и удельного веса занятых в сельском и лесном хозяйстве и понижение ранговой позиции этой отрасли свидетельствуют о продолжающемся процессе деграда-

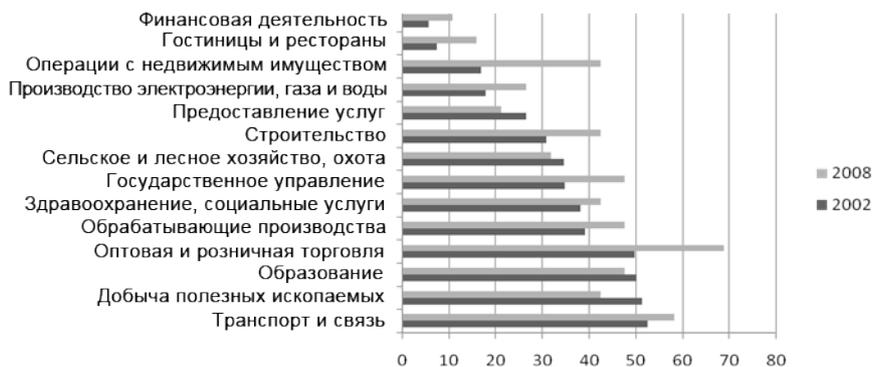


Рис. 3. Структурные сдвиги в отраслевой занятости населения, тыс. чел.

ции сельского и лесного хозяйства, который имеет следствием не только значительные масштабы безработицы сельского населения, но и высокую степень перехода селян трудоспособного возраста в категорию экономически неактивного населения, а также сохранение чрезвычайно высокой преждевременной смертности сельского населения.

Уменьшение численности и доли занятых, а также понижение ранговых позиций образования и предоставления услуг во многом связаны с длительным демографическим кризисом и значительным сокращением населения республики. Происходящее параллельно с этим повышение уровня занятости и ранговых позиций торговли и операций с недвижимостью, а также рост числа и процента работающих в гостиницах и ресторанах демонстрируют, что главный структурный сдвиг 1990-2000-х гг., а именно увеличение доли занятых в отраслях непроизводственной сферы, в последние годы обеспечивается в основном за счет отраслей рыночной экономики, развитие которых определяется ростом платежеспособного спроса населения.

Динамика уровня и структуры безработицы

Самым негативным последствием кризиса занятости является вынужденная незанятость трудоспособного и желающего работать населения. Особенно когда она принимает длительную и устойчивую формы, со временем приводящие к депрофессионализации, потере трудовой мотивации, к стадии экономической неактивности.

Наиболее достоверно степень диспропорции между спросом и предложением на рынке труда отражает уровень общей безработицы, т.е. число безработных по определению Международной организации труда, рассчитанное в процентах от численности экономически активного населения. В соответствии с методологией МОТ, безработным признается любой, кто на данный момент не имеет работы, ищет работу и готов приступить к ней. Численность таких безработных, так же как и численность экономически активного населения, оценивается органами Росстата на основе выборочных обследований домохозяйств по проблемам занятости населения.

В течение 1992-1998 гг. в Республике Коми наблюдался быстрый рост числа безработных: к 1998 г. их общая численность достигла почти 100 тыс. чел., что составило 17,6% экономически активного населения республики. По России в целом уровень общей безработицы в 1998 г. был заметно ниже – 13,2%. Начавшийся в 1999 г. рост уровня занятости сопровождается тенденцией уменьшения численности безработных и снижения уровня общей безработицы. Хотя это снижение происходит не вполне последовательно, а лишь в форме тенденции, тем не менее, к 2008 г. количество безработных сократилось в республике по сравнению с 1998 г. почти в два с половиной раза, составив 41,6 тыс. чел. Соответственно, уровень общей безработицы снизился до 7,3%.

В сельской местности уровень безработицы почти в два раза выше, чем в городах: 10,5% экономически активного населения против 6,3% (2008 г.). Вследствие скудности рынка рабочих мест длительная безработица на селе в значительной степени переходит в стадию экономической неактивности, которая охватила уже более 20% сельских жителей трудоспособного возраста. Наиболее депрессивные в плане занятости – Троицко-Печорский район, северные (Ижемский и Усть-Цилемский) и южные сельские районы. Они отличаются как высокими уровнями зарегистрированной безработицы, так и значительной нагрузкой на заявленные предприятиями вакансии. Самая благоприятная ситуация сложилась в Сыктывкаре и Ухте, характеризующихся не только низкими уровнями безработицы, но и количеством свободных рабочих мест, достаточным для обеспечения работой всех желающих – очевидно, что безработица имеет здесь структурный характер.

Как и в целом по стране, безработица в большей степени типична для молодых людей, поскольку молодежь с ее недостаточным, с точки зрения работодателя, трудовым опытом представляет одну из малоконкурентных групп на рынке труда. При этом в 2008 г. в республике произошло заметное увеличение молодежного сегмента безработи-

цы. Доля молодежи в возрасте 15-29 лет в числе занятых составляет 27%, а в составе безработных достигла 50%. В целом по экономически активному населению уровень общей безработицы – 7,3%, среди молодежи – 12,7. Особенно тяжелая ситуация с молодежной безработицей в сельской местности, где в последнее время практически не создаются новые рабочие места. Среди сельской молодежи уровень безработицы составляет 13,5%. Выше среди молодежи и уровень зарегистрированной безработицы: ежегодно более 30% зарегистрированных безработных составляет молодежь в возрасте до 30 лет.

В числе зарегистрированных безработных более 60% традиционно составляют женщины. Однако это, главным образом, является следствием того, что в случае вынужденной незанятости женщины чаще и охотнее, чем мужчины, используют возможности службы занятости: как с целью поиска подходящей работы, так и с целью оформления легитимного перерыва в работе. В то же время уровень общей безработицы, вопреки распространенному мнению, у женщин ниже, чем у мужчин: так, в 2008 г. он составил 6,8% по сравнению с 7,8 – у мужчин. С другой стороны, у женщин традиционно ниже и уровень занятости: в 2008 г. всеми видами экономической деятельности были заняты 64,1% женщин 15-72 лет по сравнению с 71,8% мужчин соответствующего возраста. Это обусловлено довольно высоким уровнем экономической неактивности женщин: более 30% женщин 15-72 лет (в том числе практически 20% женщин трудоспособного возраста) в 2008 г. относились к экономически неактивному населению. Среди мужчин соответствующие цифры составляют 22 и 17%. Однако повышенная экономическая неактивность женщин во многом связана с большим по сравнению с мужчинами удельным весом обучающихся в дневных учебных заведениях, а также занятых ведением домашнего хозяйства, уходом за детьми и больными родственниками.

Общая безработица в Коми, как и прежде, заметно выше, чем по России в целом. Так, в 2008 г. соответствующие цифры составили 7,3 и 6,3%. В то же время уровень зарегистрированной безработицы, который на протяжении 1990-х гг. значительно превышал среднероссийский, за период с 1998 по 2008 г. сократился с 6,3% экономически активного населения до 2,2% и практически сравнялся с показателем в целом по стране.

Одним из наиболее перспективных направлений снижения уровня безработицы считается предпринимательская активность населения и развитие малого бизнеса. На момент проведения переписи подавляющее большинство занятого населения республики работали по найму. Лишь 3,7% занятых в экономике сами создавали рабочие места. Эта цифра существенно ниже, чем по России в целом (5,3%). При этом более половины из них относятся к самозанятым, и только 1,7% занятых создавали рабочие места не только для себя и членов своих семей, но также и других представителей экономически активного населения. Обследование 2008 г. выявило аналогичные цифры.

Уровень безработицы тесно коррелирует с уровнем образования населения. Согласно обсле-

дованию 2008 г. у лиц, не имеющих полного среднего образования, уровень безработицы составляет 18%, а с законченным средним образованием – 11. Среди населения, имеющего профессиональную подготовку, уровень безработицы еще ниже: 3 и 4% среди лиц со средним и высшим профессиональным образованием, соответственно. Если среди занятого населения профессиональное образование имеют почти 80%, то среди безработных – лишь 60. При этом большая часть безработных с наличием профессионального образования (60%) характеризуется начальным уровнем профессиональной подготовки. Таким образом, одним из главных факторов стабильной занятости и успешного трудоустройства в случае потери работы является повышение конкурентоспособности на базе высокого образовательного и профессионально-квалификационного уровня.

Система профессионального образования республики

Система профессионального образования представлена в республике сетью учреждений высшего, среднего, начального и дополнительного профессионального образования. В ней действуют 19 государственных и 8 негосударственных ВУЗов с обучением по 19 группам специальностей и направлений подготовки, 33 государственных и 6 негосударственных учреждений среднего профессионального образования с подготовкой специалистов также по 19 группам специальностей и 27 государственных дневных учреждений начального профессионального образования с обучением по профессиям для 9 видов экономической деятельности. Профессиональная подготовка рабочих кадров осуществляется также учреждениями и организациями, которые не входят в систему профессионального образования: это отраслевые учебные центры, учебно-курсовые комбинаты, учебные подразделения крупных предприятий и др.

В настоящее время в республике разработан и реализуется комплекс мероприятий по реформированию системы профессионального образования, в том числе по реструктуризации сети учреждений профессионального образования, главными ориентирами которого являются учет изменений демографической ситуации в регионе и максимальное удовлетворение текущих и перспективных потребностей отраслей экономики в квалифицированных кадрах. Путем объединения профильных учебных заведений созданы четыре ресурсных центра по отраслевому принципу: по подготовке рабочих для угледобывающей отрасли, нефтедобывающей и газовой, отраслей транспорта и социального обслуживания, лесной отрасли. В перспективе планируется создание ресурсного центра для строительной отрасли. Ресурсные центры осуществляют тесное взаимодействие с предприятиями, что помогает им в получении специалистов необходимой квалификации и уровня подготовки, а выпускникам гарантирует трудоустройство. Особое внимание в ходе реформирования системы профес-

сионального образования уделяется оптимизации перечня профессий через сокращение приема подготовки по мало востребованным профессиям и открытию новых направлений в соответствии с перспективами социально-экономического развития республики. Таким образом, система профессионального образования Республики Коми в целом соответствует сложившейся на сегодняшний момент отраслевой структуре экономики и не является лимитирующим пунктом для ее инновационного развития.

Подытоживая вышеизложенное, можно сказать, что формирование и использование ресурсов для труда Республики Коми характеризуются:

- нарастающим сужением демографической базы воспроизводства ресурсов для труда;
- существенным уровнем вынужденной незанятости населения при его высокой экономической активности;
- низкой экономической активностью сельского населения трудоспособного возраста вследствие перехода застойной безработицы в стадию экономической неактивности;
- довольно высоким уровнем профессионального образования кадров и недостаточной степенью его использования;
- ухудшением в последние годы качественного состава работающих: сокращением доли специалистов и возрастанием удельного веса неквалифицированных ресурсов труда;
- постарением кадрового состава ряда отраслей;
- завершением деиндустриализации занятости в условиях незаконченности процесса трансформации отраслевой структуры занятых;
- соответствием, в целом, структуры подготовки кадров, в том числе и высококвалифицированных, потребностям экономического развития республики при существующей отраслевой структуре занятости.

Литература

1. *Численность населения по полу и возрасту на 1 января 2009 г.* // Стат. бюллетень № 48-56-47/5. Сыктывкар: Терр. орган Федер. службы гос. статистики по Республике Коми, 2009.
2. *Основные итоги обследования по проблемам занятости в Республике Коми за 2008 г.* // Стат. бюллетень № 47-90-78/02. Сыктывкар: Терр. орган Федер. службы гос. статистики по Республике Коми, 2009.
3. *Занятия населения* // Итоги Всероссийской переписи населения 2002 г.: В 14 т. / Федер. служба гос. статистики; Т.9. М.: ИИЦ «Статистика России», 2005. 347 с.
4. *Занятое население по видам экономической деятельности* // Итоги Всероссийской переписи населения 2002 г.: В 14 т. / Федер. служба гос. статистики; Т.8. М.: ИИЦ «Статистика России», 2005. 614 с.
5. *Бреев Б.Д.* Современные тенденции развития занятости населения // *Экономическая наука современной России*, 2005. № 1. С.83-92.

ВЕРА АЛЕКСАНДРОВНА ВАРСАНОФЬЕВА (к 120-летию со дня рождения)



В.А. Варсанофьева родилась 22 июля 1890 г. в г. Москве, в семье потомственного русского дворянина Александра Степановича Варсанофьева (1854–1921 гг.). Отец был генералом русской армии, командовал артиллерийской батареей. Часто бывал в разъездах и дочери уделял немного внимания. Но он привил ей любовь к природе, к живописным русским лесам, и эту любовь она пронесла через всю свою жизнь.

Эти же качества прививала Вере с детства ее мать Юлия Львовна (1861–1927 гг.), урожденная Килькен (бельгийской национальности) – женщина умная, широко образованная, прекрасный педагог. Юлия Львовна была ее первой учительницей, под ее руководством маленькая Вера учила французский и английский языки, естественную историю. Все это формировало в девочке интерес к природе, черты исследователя, романтика и поэта. В 14 лет Вера прочла книгу А.П. Павлова «Вулканы на Земле и вулканические явления во Вселенной», а также другую естественно-научную литературу и решила стать геологом.

В 1906 г. Вера окончила Рязанскую Мариинскую женскую гимназию с золотой медалью, в 1907 г. – 8-й педагогический класс частной гимназии В.П. Екимецкой и поступила на естественное отделение физико-математического факультета Московских высших женских курсов.

Будучи по своей основной специальности палеонтологом, профессор А.А. Чернов на базе Московских женских курсов (1910–1918 гг.) читал лекции по тематике исторической геологии и эволюционной палеонтологии и привлек к своим научным исследованиям целую когорту талантливых, тогда еще юных и романтических по натуре, молодых девушек. Вот их имена: Е.Г. Батюшкова, В.А. Варсанофьева, Т.А. Добролюбова, Н.А. Емельянова, Н.В. Литвинович, С.В. Максимова, А.Б. Миссуна, С.Н. Наумова, Т.М. Новикова, А.И. Осипова, А.И. Погорская, Д.М. Раузер-Черноусова, Е.Д. Сошкина, М.И. Шульга-Нестеренко. Черновская женская научная школа, лидером которой была Вера Александровна, стала выдающимся феноменом советской геологической науки. А.А. Чернов «заразил» всех своих учениц Печорским краем, и здесь в 20–30-е гг. в абсолютно нехоженных местах юные женщины проводили первые геологические изыскания, первые съемки, впервые организовывали самостоятельные экспедиции. И со временем все они стали известными специалистами, учеными, первооткрывателями, внесли крупный вклад в геологическую науку.

Среди курсисток Вера Александровна выделялась не только своими интеллектуальными способностями, но и поразительной красотой. М.И. Шульга-Нестеренко вспоминает: «Такой исключительно оригинальной красоты я, кажется, не встречала в своей жизни... Каждая черта останавливала взгляд: очень черные блестящие волосы, густые брови, бледно-розовое без румянца лицо, прекрасные сияющие глаза, нежный детский рот и изящный нос с горбинкой. Вся головка такая, какой рисовались мне те волшебницы, которых сжигали в средние века».

Вера Александровна была великолепно сложена физически, что помогало ей преодолевать трудности экспедиционной жизни. Она с удовольствием купалась в прохладных, если не сказать откровенно холодных водах рек Северного Урала, зимой совершала лыжные прогулки в окрестностях Сыктывкара будучи даже в возрасте старше 60 лет (есть фото 1950-х гг.).

После завершения учебы в 1914 г. она была оставлена при кафедре геологии для подготовки к научной деятельности и профессорскому званию. В 1917 г. В.А. Варсанофьева избрана ассистентом кафедры геологии, а в дальнейшем долгое время заведовала этой кафедрой.

В.А. Варсанофьева являлась естествоиспытателем широкого профиля, тонким знатоком природы, внимательным наблюдателем и чудесным рассказчиком. Природа была частью ее существа, самой сильной радостью жизни. Она с удовольствием ездила в экспедиции, могла месяцами работать в безлюдных глухих местах севера Урала, на реке, в лесу, не сожалея совершенно о прелестях цивилизации и преимуществах культурной жизни.

Вера Александровна относилась к той плеяде энциклопедистов-геологов, которые заложили основы современных представлений о геологии нашей страны. Будучи любимой и талантливой ученицей А.А. Чернова, она вместе с ним начиная с 1921 г. на протяжении многих лет (последняя ее экспедиция состоялась в 1951 г.) занималась изучением геологии, стратиграфии, литологии, тектоники и геоморфологии Печорского края и Северного Урала. На протяжении трех десятилетий она проводила геологические исследования на Северном Урале в бассейне рек Верхняя Печора, Илыч, Унья, организовав девятиверстную геологическую съемку 124-го листа геологической карты СССР (до 1930 г.), затем участвовала в экспедициях в горной полосе Урала, в бассейне Сосьвы, Лозьвы уже на восточном склоне Урала (до 1936 г.). В 1944 г. она детально изучает каменноугольные отложения по р. Илыч, в 1946–1947 гг. исследует разрезы отложений карбона на р. Печоре и р. Унье. В 1948 г. Вера Александровна снова в экспедиции на Хатанге, Кожеу и Олекме. В 1951 г. (в 61 год!) по просьбе Московского университета она едет снова на р. Илыч, чтобы подготовить для геологического музея МГУ детальную коллекцию разреза палеозоя западного склона Урала.

Она написала 133 научные и научно-популярные работы (монографии, статьи, фондовые отчеты, научно-популярные книги и брошюры по геологии, педагогике и общественным наукам). Книга В.А. Варсанофьевой «Жизнь

гор», впервые опубликованная в 1951 г., выдержала пять изданий в Советском Союзе и соцстранах (1931, 1933, 1935, 1948, 1950). В.А. Варсанюфьева участвовала совместно с А.А. Черновым и другими в создании крупнейшей работы «Производительные силы Коми АССР. Геологическое строение и полезные ископаемые» (1953), научная значимость которой сохранилась до наших дней.

Склонность к юмору и шутливым розыгрышам в дружном коллективе А.А. Чернова однажды чуть не привела к трагическим последствиям. Так, Веру Александровну по воспоминаниям М.И. Шульга-Нестеренко шутливо называли Вава или Вик (?), впоследствии за ней закрепилось прозвище Сова, как символ мудрой и всезнающей птицы. Своего шефа А.А. Чернова величали как Зязя (?) или Пилин (за то, что он «пилит» за всякие нарушения). И вот что случилось впоследствии. В 1925 г. Вера Александровна вместе со своим отрядом поднималась вверх по Ильчу. В него входили Н.Н. Иорданский и В.В. Говорухин, молодые геологи. Трудный подъем бечевой и на шестах (вертолетов и вездеходов тогда не было и в помине) через многочисленные перекуты и пороги Вера Александровна оживляла своеобразной игрой. Н.Н. Иорданский был произведен ею в капитаны с псевдонимом «Ниорд». За успешное преодоление особо тяжелых порогов она подносила рабочим по чарке водки, а «капитана» и «офицеров» награждала орденами и медалями, вырезанными из бересты. Игра с этими прозвищами продолжалась и впоследствии. Однако контакты Веры Александровны с каким-то загадочным капитаном Ниордом (явно иностранная фамилия), судя по контролю за переплывами, заинтересовали органы. Когда же в одном из писем к капитану Ниорду промелькнуло сообщение, что в шлихах, которые он намыл на Урале, обнаружено золото, дело приняло крутой оборот. Веру Александровну арестовали, поместили в тюремную камеру, где она на удивление быстро освоилась и занялась по своей педагогической натуре просветительской работой среди других узниц. Следователи, к счастью, оказались толковыми, быстро разобрались в чем дело и с извинениями выпустили Веру Александровну, несколько опечаленную тем, что она не успела закончить намеченный цикл тюремных лекций (по воспоминаниям Н.П. Юшкина, 1990 г.).

В тяжелейшие времена сталинских репрессий Вера Александровна находила в себе мужество бороться за опальных друзей, выезжала к Н.И. Вавилову в Саратов, к Д.М. Мушкетову – в Казахстан.

Вера Александровна была исключительно тонким знатоком природы. Всю свою жизнь она призывала бережно относиться к окружающей среде. Академик Д.В. Наливкин в своей книге «Наши первые женщины-геологи» так написал о Вере Александровне: «Природа была частью ее существа, самой сильной радостью жизни, воплощением самого прекрасного, самого высокого... Она пылала любовью ко всему, что принадлежало природе, каждое дерево, травка, птицы, звери – все было ей родным, близким, все восхищало ее и доставляло бездну наслаждений».

Уже в 1915 г. ее первые самостоятельные работы были удостоены Большой серебряной медали обществом любителей естествознания и антропологии.

Она стояла у истоков ныне широкого движения за охрану природы. В 1950 г. Вера Александровна дает «Заключение по проекту учреждения национального парка (заповедника) в Автономной области Коми». В.А. Варсанюфьева любила Печорский край: его девственную природу, красоту берегов печорских рек, красоту и особый аромат дремучего леса, лесных лугов и полей. Она была страстным пропагандистом бережного отношения к природе, много сделала для сохранения Печоро-Ильчского заповедника, отстаивая его важное значение в период ликвидации многих заповедников в стране. Она готовила большой труд о природе, геологии, истории исследований и научном значении заповедника на Печоре, но завершить не успела. В 1940 г. ею была издана работа «Геологическое строение территории Печоро-Ильчского государственного заповедника», которая является до настоящего времени настольной книгой всех геологов, работающих на севере Урала.

Веру Александровну хорошо знали и любили жители печорских селений. Она помогала им, присылала необходимые вещи, лекарства, книги. Работая на восточном склоне Северного Урала в Сосьвинском районе, Вера Александровна подружилась с манси. Она любила этот простой и неприхотливый народ, изучала их быт, обычаи. Старые люди часто рассказывали ей сказки и предания своего народа. Их глубокий лиризм и простая философия увлекли В.А. Варсанюфьеву и она, обладая романтическим характером, переложила эти предания и сказки на поэтический язык. Манси любили В.А. Варсанюфьеву и по достоинству оценили ее ум и доброту – они нарекли ее «Сова» и Вера Александровна очень гордилась этим. В ее характере сочетались ум, простота, обаяние, трудолюбие, беззаветная и бескорыстная преданность своему делу, чуткость и внимание.

В.А. Варсанюфьева – первая женщина в СССР, получившая ученую степень доктора геолого-минералогических наук. Она также заслуженный деятель науки РСФСР и Коми АССР, профессор, член-корреспондент академии педагогических наук. Вера Александровна вела большую научно-организационную работу. С 1932 г. – член Географического общества СССР, с 1944 г. – член Совета и вице-президент МОИП, ответственный редактор геологической серии Бюллетеней МОИП, с 1946 г. – председатель секции «Земная кора» Всероссийского общества охраны природы. Она одна из первых ученых у нас в стране подняла вопрос об охране памятников неживой природы – геологических объектов, палеонтологических захоронений, красивых и неповторимых географических и геоморфологических ландшафтов. Географическое общество СССР высоко оценило ее заслуги в области географии и геологии, избрав в 1960 г. почетным членом Географического общества СССР. Ее именем названы гора Варсанюфьевой на Приполярном Урале, гора Варсанюфьевой в горном массиве Геологов на Земле Марк-Робертсона в Антарктиде, пещера на Урале, несколько новых видов наutilus, брахиопод и водорослей, встречаемых в каменноугольных отложениях, которыми она многие годы занималась.

Вера Александровна вела большую редакторскую работу. Она была одним из редакторов «Детской энциклопедии», автором и редактором раздела «История геологического развития Тимана, Печорской депрессии, Урала и Пай-Хоя» в многотомном издании «Геология СССР», редактором и составителем учебных программ по методике преподавания геологии. За большую плодотворную научную и педагогическую деятельность Вера Александровна награждена орденами Ленина, Трудового Красного Знамени и «Знак Почета», медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», «За оборону Москвы», «В честь 800-летия Москвы», «В ознаменование 100-летия со дня рож-

дения В.И. Ленина». В декабре 1950 г. Президиум Академии наук СССР отметил труд В.А. Варсанюфьевой высшей наградой геологов – Золотой медалью А.П. Карпинского. Всю свою жизнь Вера Александровна посвятила благородному делу – геологической науке и педагогике.

В этой связи уместно привести два ответа, которые дали А.А. Чернов и В.А. Варсанюфьева. А.А. Чернов на встрече с научной молодежью Коми филиала АН СССР убедительно подчеркнул, что «науку нужно любить больше, чем женщину, потому что женщина может изменить, а наука – никогда». Вера Александровна на вопрос о том, что она в семейной жизни была и осталась до последних дней одной, не задумываясь, без тени смущения или обиды с легкой улыбкой ответила: «Не хотела делить любовь между мужчиной и геологией». Так что Вера Александровна, как и ее учитель Александр Александрович главной ценностью своей жизни однозначно признали науку, направленную своими результатами на благо Родины. И вот еще оценка А.А. Чернова научной деятельности его ученицы в связи с 70-летием В.А. Варсанюфьевой (12 декабря 1960 г.): «Я горячо поздравляю мою славную сотрудницу, переросшую своего учителя, чему я крайне рад. Я искренне считаю Вас значительно более ученой и талантливой. Так и должно быть. Наша «смена» должна быть выше и лучше нас».

И в наши дни имя Веры Александровны Варсанюфьевой остается вечным символом любви к природе, людям и науке, которой она посвятила всю свою жизнь.

к.г.-м.н. Е.П. Калинин

ЮБИЛЕИ

ВЛАДИМИР САВЕЛЬЕВИЧ СТОКОЛОС



11 марта исполнилось 80 лет ведущему научному сотруднику Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, лауреату Государственной премии Республики Коми в области науки, заслуженному работнику Республики Коми, доктору исторических наук **Владимиру Савельевичу Стоколосу**.

В.С.Стоколос внес значимый вклад в исследование археологических культур эпохи позднего неолита, энеолита и бронзового века Северного Приуралья. Им были открыты и изучены десятки памятников в различных районах Республики Коми и за ее пределами, но особенные успехи достигнуты в изучении древнейшей истории населения бассейна Мезени, который практически являлся белым пятном на археологической карте Европейского Севера-Востока. Итоги этих исследований были обобщены в фундаментальных монографиях «Древние поселения Мезенской долины» и «Культуры раннего металла Северного Приуралья».

Владимиром Савельевичем разработана принципиально новая концепция истории развития культур эпохи энеолита-бронзы Северного Приуралья, выделены новые энеолитические куль-туры севера Восточной Европы (чужьяельская и чойновтинская) и атаманнюрская культура эпохи бронзы, исследован их генезис, выявлены основные компоненты, принимавшие участие в их формировании, установлены особенности развития материальной культуры и хозяйства населения эпохи раннего металла Северного Приуралья. Особенное важное место в его работах уделялось проблеме этногенеза древних уральцев и

финно-угров. За годы научной деятельности Владимиром Савельевичем написано свыше 120 работ общим объемом 170 печ.л., из них опубликовано более 90. Он автор и соавтор семи монографий, из них шесть посвящены древностям Северного Приуралья. Для научных трудов ученого характерны фундаментальность, основательность, аргументированность научных выводов.

Велика роль В.С.Стоколоса в научно-организационном становлении археологии в регионе. 12 лет ученый заведовал сектором археологии. За эти годы были открыты и исследованы десятки археологических памятников в бассейне Вычегды и Печоры, что позволило значительно увеличить источниковый фонд по древней и средневековой истории Европейского Северо-Востока. Это нашло отражение в опубликованной в 1984 г. монографии «Археологическая карта Коми АССР», в которую вошли все известные к тому времени археологические памятники (536).

Владимир Савельевич отличается потрясающей работоспособностью. Он и сегодня полон творческих планов. Им сделано выдающееся открытие, оценить которое еще предстоит будущим исследователям. На десятках глиняных сосудов, культовых фигурках, бересте в культурных слоях памятников Мезени, Вычегды, Печоры, Заполярья, Ямала им обнаружены древние рисунки и знаки, расположенные и вразброс и целой строкой. По мнению Владимира Савельевича, они связаны с воздействием ближневосточных цивилизаций I половины – середины II тыс. до н.э. В.С.Стоколос неоднократно доказывал свое умение аргументированно отстаивать свои научные взгляды, и ему это удавалось. Хочется надеяться, что удастся и в этом случае.

редколлегия

ЮРИЙ АНДРЕЕВИЧ ТКАЧЕВ



19 марта 2010 г. отметил свой 75-летний юбилей ветеран Института геологии, заслуженный деятель науки Республики Коми, действительный член Академии естественных наук Российской Федерации, действительный член Международной академии авторов научных открытий и изобретений, доктор геолого-минералогических

наук, профессор, главный научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН **Юрий Андреевич Ткачев**.

Ю. А. Ткачев – выдающийся ученый, широко известный в России и за рубежом исследованиями и фундаментальными работами в области геостатистики, тематического моделирования геологических процессов и явлений, геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых, горного права. Он автор более 150 опубликованных научных трудов, 100 рукописных трудов, трех изобретений. В их числе работы, получившие высочайшую оценку у специалистов, монографии, вошедшие в перечень обязательной для изучения научной литературы.

Окончив с отличием Фрунзенский политехнический институт по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», ученый около 10 лет проработал в Институте геологии АН Киргизской ССР, изучая оруденение урана, германия и других эле-

ментов в угленосных отложениях и аллювиальных торфяниках и защитив на эту тему кандидатскую диссертацию. В 1960 г. Ю.А.Ткачев с применением статистических методов впервые в мире получил формулу надежной обработки геологических проб при опробовании и разведке месторождений и обосновал решение задачи надежного и максимально экономичного опробования. Сейчас этот метод рекомендуется органами государственного управления в сфере недропользования для повсеместного практического использования при исследовании руд и подсчете запасов.

С 1965 г. Юрий Андреевич работает во Всесоюзном научно-исследовательском институте син-теза минерального сырья (ВНИИСИМС, г. Алек-сандров). В этот период он разработал уникальный метод подсчета запасов минерального сырья с гнездовым распределением полезного компонента. Впервые в геологоразведочную науку и практику вместо традиционных параметров подсчета запасов – мощностей и содержаний – вводятся другие, реально существующие на месторождениях такого типа геологические параметры, – плотность хрусталеносных гнезд, их средняя продуктивность. Плотность гнезд рекомендуется определять с помощью оценки вероятностей их подсечения закладываемой геологоразведочной сетью и размерами гнезд. Метод вызвал однозначное одобрение у геологов-практиков, поскольку позволял исключить накапливающиеся систематические ошибки при опробовании и повысить точность при одном и том объеме данных.

С 1972 г. Ю.А.Ткачев работает в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН. С его приходом на новый научно-методологический уровень вышли вопросы теории и методические приемы опробования руд, разведки и геолого-экономической оценки месторождений, автоматизации многих аналитических методов.

Фундаментальным научным результатом этого периода стало решение давней проблемы выбора средне-взвешенного или арифметического способа расчета геологоразведочных параметров при подсчете запасов. Ю.А.Ткачев развил необходимую для этого теорию и предложил метод оценки несмещенных средних по так называемым некомплектным данным. Это позволило опереться при подсчете запасов на выработки с неполными данными, максимально учесть весь объем геологических данных. Метод в компьютерном варианте был применен на многих залежах нефти в Тимано-Печорской провинции и стал основой докторской диссертации, защищенной в 1987 г. во ВНИГРИ (Санкт-Петербург). А выполненные разработки составили программный комплекс «ЗАПАС».

В дальнейшем Ю.А.Ткачев распространил методы оптимизации на опробование и разведку месторождений, преимущественно нефти и газа, и сформулировал новый критерий оптимизации: разведка должна прекращаться тогда, когда затраты на ее очередной шаг начнут превышать экономию от разработки месторождения по улучшенному по данным предполагаемого шага разведки проекту. В связи с этим предложена оригинальная форма комплексного выражения точности разведки в виде набора карт геологоразведочных параметров с вероятностями их соответствия действительности. Естественно, что для построения таких карт были разработаны соответствующие алгоритмы и компьютерные программы.

Ю.А.Ткачев сделал очень много для внедрения математических методов в геологию. Это применение различных методов обработки геохимических данных (в первую очередь результатов полуколичественного спектрального анализа), решение проблемы корреляции и регрессии в замкнутых системах применительно к петрографическим и минеральным системам, развитие теории парагенезиса, формализация геологических явлений и объектов для последующей обработки машинными методами, разработка методов сегментного анализа аллювия применительно к седиментологическим, литологическим, археологическим задачам, а также для решения вопросов берегоукрепления, промышленного и гражданского строительства. Сегодня эти подходы развились в методы прогнозно-вероятностного геологического моделирования, поисков месторождений полезных ископаемых, новую концепцию формирования угленосных толщ.

Ученый стал основателем и лидером оригинальной научной школы – математических методов в геологии. В последние годы он активно занимается «инженеризацией» геологических знаний, формализацией геологических понятий, явлений и закономерностей.

Особая область деятельности Юрия Андреевича – исследование правовых вопросов недропользования. Развивая идею о геологоразведке, как о самостоятельной отрасли промышленного производства в рыночных условиях, он разработал оригинальную модель экономического управления геологическим производством. Его монография «Плата за недра» стала одной из наиболее цитируемых книг среди специалистов. Одним из фундаментальных предложений в области создания базовых экономических основ недропользования является сформулированная концепция динамической ставки ренты, обеспечивающей, с одной стороны, стабильную налоговую базу для государства, с другой стороны, формирующей устойчивую рентабельность горнодобывающего предприятия, исключая при этом нерациональную отработку запасов.

Не потеряла своей актуальности еще одна разработка, предвосхитившая развитие рыночных отношений в сфере интеллектуальной собственности – оценка экономической эффективности использования научно-исследовательских работ в области геологии. Для удовлетворения всех заявок на брошюру пришлось сделать второй тираж и, тем не менее она остается библиографической редкостью.

Профессор Ю.А.Ткачев активно занимается педагогической деятельностью. Им подготовлено шесть кандидатов наук. Он является не только талантливым педагогом, но и настоящим новатором. Им подготовлено 10 оригинальных учебных курсов в трех ВУЗах республики, разработана и впервые в регионе внедрена система тестового контроля знаний студентов.

Юрий Андреевич активно участвовал в законотворческой деятельности Республики Коми и Российской Федерации. Его законопроекты «О недрах», «О собственности», поправки к законам «Об экологической экспертизе», «Об охране природы», «О науке и научно-технической политике» сыграли важную роль в создании правовых основ современного государственного управления.

Ю.А.Ткачев награжден медалью «За вклад в развитие изобретательства», почетной медалью Международной академии авторов научных открытий и изобретений «За заслуги в деле изобретательства», памятным

нагрудным знаком «За заслуги в изучении недр Республики Коми».

редколлегия

вых исторических до-

КЛИМ СТЕПАНОВИЧ КОРОЛЕВ



Королеву.

8 января 2010 г. исполнилось 70 лет старшему научному сотруднику отдела археологии Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, заслуженному работнику Республики Коми, лауреату Государственной премии Республики Коми, кандидату исторических наук **Климу Степановичу**

К.С.Королев – один из первых профессиональных коми археологов. Он пришел на работу в Коми филиал АН СССР в 1962 г. Почти полвека Клим Степанович посвятил исследованиям древней и средневековой истории Республики Коми, пройдя путь от лаборанта до признанного специалиста в области средневековой археологии Европейского Северо-Востока, автора более 200 научных и научно-популярных работ, нескольких десятков докладов на международных, всесоюзных, всероссийских конгрессах и конференциях в России и Финляндии.

Область научных интересов К.С.Королева – этногенез и этническая история народа коми, материальная и духовная культура предков коми, их взаимоотношения с русским и другими соседними народами. С 1974 г. Клим Степанович возглавляет I Вычегодский археологический отряд, проводит систематические планомерные экспедиционные исследования в бассейне средней Вычегды, одного из основных регионов зарождения и проживания предков коми-зырян. Им открыты и исследованы десятки памятников различных эпох – от новокаменного века до средневековья, принципиально важных для решения происхождения и истории народа коми. В их числе – первый могильник эпохи раннего железа в Коми крае (Джуджыдыяг), первые могильники ванвиздинской культуры в восточном Привычегодье, ряд крупнейших поселений этой культуры, первое в данном регионе русское городище Новик, древний охотничье-промысловый календарь, не имеющий аналогов на севере Евразии. Важнейшим результатом научных изысканий К.С.Королева является открытие и исследование средневычегодской племенной группы предков коми-зырян. Ученый внес значительный вклад в разработку проблем археологии железного века Европейского Северо-Востока.

Будучи высокопрофессиональным археологом, Клим Степанович вместе с тем при проведении своих исследований не замыкается только на археологическом материале. Он активно привлекает данные средневеко-

кументов и коми фольклора, плодотворно сотрудничает с коллегами-историками, вместе с которыми, в частности, участвует в разработке такой важной и многоаспектной проблемы, как влияние естественно-географических, природно-климатических условий на историю коми народа, в изучении историко-демографического развития Европейского Севера.

Успешная защита К.С.Королевым кандидатской диссертации «Долина средней Вычегды в эпоху раннего железа и средневековья» в 1994 г. в Удмуртском государственном университете стала признанием его вклада в финно-угорскую археологию и «официальным» оформлением того статуса в науке, которого ученый, в сущности, достиг задолго до этого, в середине 80-х гг., когда вышли две книги, соавтором которых являлся Клим Степанович: «Археологическая карта Коми АССР», написанная вместе с В.С.Сто-колом, и «Из жизни древних коми», подготовленная совместно с Л.Н.Жеребцовым и Н.Д.Ко-наковым. В последующие годы к ним добавились такие крупные монографии, как «Население средней Вычегды в древности и средневековье» и «Угдымский археологический комплекс на средней Вычегде», обстоятельные разделы в обобщающих трудах «Археология Республики Коми» и «Финно-угры Поволжья и Приуралья в средние века», серия карт в фундаментальном «Историко-культурном атласе Республики Коми» и др. Особо надо отметить оригинальные книги для школьников «Археология от А до Я» и «Важ нэмъяслён гусяторъяс» (на коми языке), написанные в соавторстве с Э.А.Савельевой увлекательные научно-популярные книги «По следам легендарной чуди», «Эжва Перым», «Древние рукописи о Перми вычегодской», «Письменные известия о народе коми». Вообще популяризация научных знаний занимает особое место в деятельности Клим Степановича. Он – частый гость на страницах республиканских газет и журналов, на радио и телевидении. Активная пропаганда результатов научных исследований – прекрасный пример для подражания молодым сотрудникам.

Весомый вклад внес К.С.Королев и в образовательную деятельность. Он – соавтор ряда работ для учащихся. В его экспедиционном отряде еще в 1970-е гг. проходили археологическую практику первые слушатели Малой академии школьников г. Сыктывкара. Студенты и школьники и теперь охотно принимают участие в экспедиционных работах под руководством К.С.Королева.

Клим Степанович деятельно участвует в общественной жизни республики. Он один из основателей национального общества «Коми котыр», в 1991–1995 гг. избирался членом Комитета возрождения коми народа, принимал активное участие в работе всех съездов коми народа. Большую роль сыграл в создании Общества изучения Коми края, является членом Совета этого общества,

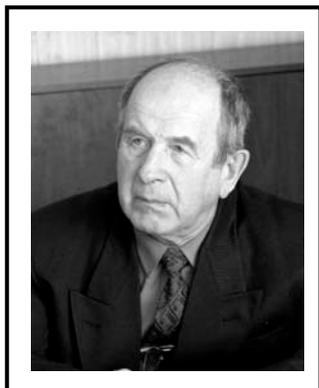
много лет ведет работу по охране и пропаганде памятников истории и культуры.

Клим Степанович Королев награжден медалью «Ветеран труда» (1987 г.), Почетными грамотами Президиума АН СССР (1974 г.) и Российской АН (1999 г.), Совета Министров Коми АССР (1989 г.), Республики Коми (1995 г.), многочисленными грамотами и почетными знаками общественных организаций и ведомств Республики Коми.

У юбиляра большие творческие проекты. Планируются новые экспедиционные исследования, публикации, научные доклады. Впереди – новые открытия.

редколлегия

ПОТЕРИ



23 мая 2010 г. ушел из жизни доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Коми и Российской Федерации

ВЯЧЕСЛАВ ПИМЕНОВИЧ МИШУРОВ

Он более 25 лет возглавлял отдел Ботанический сад Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук.

В.П.Мишуров – был крупным ученым в области интродукции полезных растений. Вячеслав Пименович прожил долгую, яркую, наполненную событиями жизнь.

Родился он 20 сентября 1935 г. в с. Вязовый Враг Екатериновского района Саратовской области, в многодетной семье. Родители – потомст-венные крестьяне. В 1959 г. после окончания Саратовского сельскохо-зяйственного института В.П. Мишуров был направлен на работу в Коми АССР в районное село Кослан на должность главного агронома сельскохозяйственной инспекции Удорского района.

В 60-е гг. XX в. для улучшения кормовой базы на полях совхоза «Косланский» стали проводить экспериментальные работы по подбору и возделыванию новых видов растений – редьки масличной, горчицы белой, кормовой капусты и других. Эти опыты были продолжены и в совхозе «Корткеросский», где В.П. Мишуров проработал главным агрономом и заместителем директора совхоза по производству с 1963 по 1965 гг.

Совхоз «Корткеросский» часто посещали д.с.-х.н. Константин Алексеевич Моисеев и сотруд-ники из Коми филиала АН СССР. Рабочие совещания и контакты К.А. Моисеева и Вячеслава Пименовича по вопросам выращивания новых кормовых растений привели их к совместной научной работе, а позднее к поступлению В.П. Мишурова в очную аспирантуру Коми филиала АН СССР.

В апреле 1967 г. после окончания аспирантуры (тема диссертационной работы «Редька масличная и горчица белая, биологические особенности и опыт выращивания в условиях Коми АССР») В.П. Мишуров был зачислен в лабораторию интродукции растений Института биологии Коми филиала АН СССР младшим научным сотрудником. В октябре того же года в Ленинградском сельскохозяйственном институте он успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. В его диссертационной работе было показано, что однолетние кормовые растения горчица белая и редька масличная являются перспективными для возделывания на Севере. Выявлено, что их биологический потенциал (холодостойкость, интенсивный рост и накопление надземной массы) оптимально соответствует почвенно-климатическим условиям района исследований. Подтверждена научная идея важности интродукционной работы с целью обогащения видового разнообразия культурной флоры на Севере. Кандидатская диссертация явилась первым значительным успехом, осознанием своих творческих сил, желаний и возможностей, серьезным этапом в последующей биографии ученого.

С 1972 г. В.П. Мишуров работает в лаборатории интродукции растений в должности старшего научного сотрудника. В 1977 г. ему было присвоено ученое звание «старший научный сотрудник» по специальности «растениеводство». В мае 1983 г. В.П. Мишуров по конкурсу избирается на должность заведующего лабораторией интродукции растений Института биологии.

В последующие годы научные интересы ученого обращены к интродукционным исследованиям горца Вейриха. Идейно вдохновленный своими учителями К.А. Моисеевым и В.С. Соколовым (д.б.н., профессор, известный ученый по интродукции растений; был научным руководителем диссер-тационной работы Вячеслава Пименовича) разворачивает большую работу по изучению богатства внутривидового многообразия горца Вейриха. Изучение морфогенеза, особенностей роста и развития в культуре позволило В.П. Мишурову отобрать несколько перспективных форм для селекции на кормовые цели, а затем вместе с коллегами вывести сорт горца Вейриха «Сыктывкарец» (1979 г.), описать новый вид горца итурупского – *Polygonum iturupense* Mischurow (1980 г.), и в целом дать аргументированную оценку возможностей выращивания лучших образцов растений в условиях Коми АССР (биопродуктивность, технология возделывания, экономическая эффективность).

В 60–70-е гг. XX в. при поддержке руководящих органов республики активизируются научные исследования в области сельского хозяйства в свете выполнения Продовольственной программы. Ученые Коми филиала АН СССР (ныне Коми научного центра УрО РАН) активно пропагандируют результаты своих творческих изысканий, знания о полезных свойствах новых кормовых растений среди населения и, прежде всего среди специалистов и тружеников села, в школах. Выездные совещания, семинары, обеспечение хозяйств семенным и посадочным материалом, консультации и непосредственное участие в технологическом цикле с новыми культурами, выступления по радио, в прессе – огромный круг забот В.П.Мишурова вместе с ведущими интродукторами П.П. Вавиловым, К.А. Моисеевым, М.И. Александровой, Т.Ф. Коломийцевой, Н.П. Фроловой, Ю.М. Фроловым, И.А. Коюше-вым, Н.И. Иевлевым и др. В этот период он активно участвовал в выставках достижений народного хозяйства (ВДНХ) в Москве (1976, 1977, 1982, 1985 гг.). В 1984 г. в составе коллектива авторов ему была присуждена премия Совета Министров СССР за разработку интродукции новых кормовых растений и внедрение в сельскохозяйственное производство.

Закономерным итогом плодотворной научной работы В.П.Мишурова явилась защита докторской диссертации «Биологические основы введения в культуру новых видов кормовых растений в европейской среднетаежной провинции СССР» (Всесоюзный институт растениеводства им. Н.И. Вавилова, г. Ленинград 1987 г.), в которой обобщены результаты исследований ряда полезных для условий Севера кормовых растений, рассмотрен сложный путь от отбора исходного материала в природе и изучения биологических особенностей растений в культуре до отработки агротехники выращивания и технологии использования перспективных агропопуляций (сортов).

В 1990 г. лаборатории интродукции растений был присвоен статус ботанического сада на пра-вах отдела в составе Института биологии Коми НЦ УрО АН СССР, который возглавил В.П.Мишуров. С этого времени отдел Ботанический сад в тесном взаимодействии с советом Ботанических садов России выполняет задачи сохранения растительного биоразнообразия на Северо-Востоке европейской части России, охраны окружающей среды и обогащения культурной флоры новыми видами и образцами полезных растений. Основное направление исследований Ботанического сада – сохранение и изучение генофонда, выявление путей адаптации полезных растений к условиям Севера.

Научные интересы ученого концентрируются на проблеме интродукции полезных растений в условиях Севера. Им впервые организованы исследования морфо- и онтогенеза некоторых видов растений, как научной основы для установления оптимальных условий выращивания интродуцентов в новых местах их произрастания, что позволило выявить направленность их адаптации к условиям Севера. Он теоретически обосновал программу поэтапного изучения новых растений. На примере горца Вейриха, костреца безостого, серпухи венценосной доказана необходимость такого подхода в интродукционных исследованиях с другими видами полезных растений. Теоретические положения В.П. Мишурова используются при решении прикладных задач. Им приложено много усилий для разработки концепции использования растительных ресурсов при создании оптимальных и устойчивых по продуктивности агроценозов полезных растений. В.П. Мишуров – автор и соавтор трех сортов кормовых растений: горца Вейриха «Сыктывкарец», топинамбура «Вьльгортский» и козлятника восточного «Еля-ты» и трех патентов на изобретение.

Научную работу Вячеслав Пименович сочетал с научно-организаторской и общественной деятельностью. Более 20 лет он входил в состав Президиума Совета Ботанических садов России и Совета Ботанических садов Урала и Поволжья и курировал направление интродукции новых кормовых и лекарственных растений по всей территории России. Под его руководством и непосредственным участии проведены в 1990 и 1993 гг. Всесоюзные (СНГ) и в 1999 г. Международное совещания по новым кормовым растениям.

В.П. Мишуров уделял много внимания подготовке научных кадров. С 1986 по 1988 гг. он заведовал кафедрой растениеводства Саратовского сельскохозяйственного института, читал курс лекций по растениеводству. С 1992 по 1999 г. работал по совместительству в должности профессора кафедры ботаники Коми государственного педагогического института. Под его руководством защищено десять кандидатских диссертаций. В 2001 г. ему присвоено ученое звание профессора по специальности «ботаника». Он является автором и соавтором более 200 опубликованных работ, в том числе 20 моно-графий.

Активная научная, научно-организационная и педагогическая деятельность В.П. Мишурова отмечена почетными грамотами и медалью «Ветеран труда», в 1994 г. ему присуждено почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Коми», в 2006 г. – почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Вячеслав Пименович был трудолюбивым и обаятельным человеком. Он прожил не очень легкую, но интересную жизнь, приобрел много друзей, для которых будет служить примером преданности своему делу. Уход из жизни В.П.Мишурова скорбью отозвался в сердцах многих людей, которым посчастливилось его знать и работать с ним.

Светлая память Вячеславу Пименовичу Мишурову.

редколлегия

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Журнал публикует научно-аналитические обзоры (объем до 25 м.с.), оригинальные статьи (до 15 м.с.) и краткие сообщения (до 6 м.с.) теоретического и экспериментального характера по проблемам естественных, технических, общественных и гуманитарных наук, в том числе региональной направленности. К публикации также принимаются комментарии к ранее опубликованным работам, информация о научных конференциях, рецензии на книги, хроника событий научной жизни. Статьи должны отражать результаты законченных и методически правильно выполненных работ.

Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, учитывая новизну, научную значимость и актуальность представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не рассматриваются.

Общие требования к оформлению рукописей

Статьи должны сопровождаться направлением научного учреждения, где была выполнена работа. В необходимых случаях должно быть приложено экспертное заключение. Организация, направляющая статью, как и автор(ы), несет ответственность за её научное содержание, достоверность и оригинальность приводимых данных. Изложение материала статьи должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть хорошо отредактирована, тщательно проверена и подписана всеми авторами (автором) с указанием (полностью) фамилии, имени, отчества, домашнего адреса, места работы, служебного и сотового телефонов и e-mail.

В редакцию подается рукопись статьи в двух экземплярах – на бумаге и на диске в редакторе WinWord под Windows. Математические статьи могут подаваться в редакторе TEX. Электронная и бумажная версии статьи должны быть идентичны. Электронный вариант рукописи может быть прислан по электронной почте на адрес редакционной коллегии: journal@presidium.komisc.ru. Текст должен быть набран на компьютере (шрифт Times New Roman, кегль 14) в одну колонку через 1,5 интервала на бумаге форматом А4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала должны быть не менее: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 25 мм. Объем иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должен превышать 8-10, а список литературы -15 наименований. Количество иллюстраций в кратких сообщениях не должно превышать, соответственно, 5.

Первая страница рукописи оформляется следующим образом: в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким (информированным) и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и города (для иностранных авторов – также страны). Ниже печатается электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал следует краткая аннотация (8-10 строк), в которой сжато и ясно описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова (не более 6-8). Далее идут название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и метод», «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 метод» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Единицы измерения следует приводить в Международной системе СИ. Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывают только суть метода и дают обязательно ссылку на источник заимствования, а в случае модификации – указывают, в чем конкретно она заключается.

При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в аннотации), необходимо давать их полное наименование, и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. Сокращение проводить по ключевым буквам слов в русском написании. Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Все названия видов флоры и фауны при первом упоминании в тексте обязательно даются на латыни с указанием авторов.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

Таблицы должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Все результаты измерений должны быть обработаны и оценены с применением методов вариационной статистики. Таблицы нумеруются по мере упоминания в статье, 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. Сокращения слов в шапке таблиц не допускаются. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

Рисунки представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 pix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль –9-10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

Карты должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

Фотографии представляют нескрепленными на белой глянцевой бумаге в двух экземплярах (один из них чистый, без каких-либо надписей) в конверте. Желательно обрезать их до необходимого размера репродукции, чтобы они попадали в размеры страницы. На обратной стороне (на полях) фотографий простым карандашом указываются фамилии первого автора, название статьи, порядковый номер рисунка, его верх или низ. Подрисуночные подписи оформляются на отдельной странице. В подписях к микрофотографиям указываются увеличение объектива и окуляра, метод окраски.

Местоположение каждой таблицы, рисунка, карты, фотографии при первом упоминании их в тексте отмечается на полях рукописи в квадратных рамках простым карандашом.

Математические и химические обозначения и формулы печатаются или вписываются с соблюдением размеров прописных и строчных букв. Во избежание неясности прописные и строчные буквы, имеющие одинаковое начертание (с, k, j, p, u, v, w, x, y, ψ), следует подчеркнуть двумя черточками: прописные – снизу (S), а строчные – сверху (p). Необходимо тщательно вписывать такие буквы, как j («йот») и l («эль»). Греческие буквы обводятся кружком красного цвета. Знак суммы (Σ) красным не обводится. Название неясных букв желательно написать карандашом на полях (например, «эль», «кси», «дзета», «не эль», «и», «йот»).

Математические символы, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы, отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

В тексте цитированную литературу приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии со следующими правилами описания. Журнальные публикации: фамилии и инициалы всех авторов, полное название статьи журнала, название журнала (в соответствии с рекомендованным ВИНТИ списком сокращений), год, том, выпуск (номер), страницы (первая и последняя). Книги: фамилии и инициалы всех авторов, полное название книги, инициалы и фамилии редакторов, город, год, страницы (если ссылка не на всю книгу) или число страниц в книге.

Сборники: фамилия и инициалы авторов, полные названия статьи и сборника, первая и последние страницы. Если сборник содержит материалы конференций, необходимо указать их форму (труды, доклады, материалы) и название конференции. Диссертации: фамилия и инициалы автора, полное название диссертации, на соискание какой степени, каких наук, город, институт, в котором выполнена работа, год. Ссылки на авторефераты допускаются в исключительных случаях с указанием фамилии и инициалов автора, полного названия работы, места и года защиты, общего количества страниц. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Список литературы оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

1. *Иванов И.И.* Название статьи // Название журнала. 2005. Т.41. № 4. С. 18-26.
2. *Петров П.П.* Название книги. М.: Наука, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75.).
3. *Казаков К.К.* Название диссертации: Дис. «...». канд. биол. наук. М.: Название института, 2002. 164 с.
4. *Мартынюк З. П.* Патент RU № 92963 на полезную модель "Фотограмметрическое средство измерений объемов круглых лесоматериалов при проведении погрузо-разгрузочных работ". Патентообладатель(и): Учреждение Российской академии наук Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

При наличии четырех авторов в списке литературы указываются все, а более четырех – только первые три, а далее пишется «и др.».

Для статей журналов, имеющих русскую и английскую версию, необходимо давать в списке литературы двойную ссылку (под одним номером), например:

1. *Иванов И.И., Петров П.П.* Название статьи // Название журнала. 2008. Т. 47. № 1. (8-18). *Ivanov I., Petrov P.* Article name // Magazine name. 2008. Т. 47. № 1. (4-15).

При несоблюдении этих перечисленных правил статья не рассматривается редакционной коллегией, а возвращается авторам на доработку.

Все статьи проходят рецензирование и в случае необходимости возвращаются авторам на доработку. Рецензирование статьи закрытое. Возможно повторное и параллельное рецензирование. Редакционная коллегия оставляет за

собой право редактирования статьи. Статьи публикуются в порядке очередности, но при этом учитывается их тематика и актуальность. Редакционная коллегия сохраняет первоначальную дату поступления статьи, а, следовательно, и очередность публикации, при условии возвращения ее в редакционную коллегию не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 7-10 дней должен вернуть ее в редакционную коллегию или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и дискета не возвращаются.

Требования к электронной версии статьи

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

Текстовые редакторы: Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются **в порядке их упоминания в тексте**; нумеровать следует лишь те формулы и уравнения, на которые даются ссылки в тексте;
- в числовых значениях **десятичные разряды отделяются запятой**;
- вставка символов **Symbol**.

Графические материалы: *Растровые рисунки* должны сохраняться только в формате TIFF с разрешением 300 dpi (точек на дюйм) для фотографий и не менее 600 dpi (точек на дюйм) для остальных рисунков (черно-белый). Использование других форматов нежелательно.

Векторные рисунки (не диаграммы) должны предоставляться в формате программы, в которой они созданы: CorelDraw, Adobe Illustrator. Если использованная программа не является распространенной, необходимо сохранить файлы рисунков в формате Enhanced Windows Metafile (EMF) или Windows Metafile (WMF).

Диаграммы: Рекомендуется использовать Microsoft Excel, Origin для Windows (до версии 6.0).

Не рекомендуется пользоваться при работе программой Microsoft Graph и программами Paint из Windows 95, Microsoft Draw.

Рукописи статей **только простым письмом** направлять по адресу:

Ответственному секретарю редакционной коллегии

журнала «Известия Коми НЦ УрО РАН»

Надежде Валериановне Ладановой

167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 24,

Президиум Коми НЦ УрО РАН, каб. 209

Тел. (8212) 24-47-79; тел. факс (8212) 24-17-46

E-mail: journal@presidium.komisc.ru.

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ

Коми научного центра
Уральского отделения РАН

Вып.2

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 23.08.2010.
Формат бумаги 60x84¹/₈. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. 16. Уч.-изд.л. 16,2. Тираж 300. Заказ № 42.

Информационно-издательский отдел
Коми научного центра УрО РАН.
167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.

