

Научный журнал

Основан в 2010 г.  
Выходит 4 раза в год

Учредитель  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
Коми научный центр УрО РАН

# ИЗВЕСТИЯ

КОМИ НАУЧНОГО ЦЕНТРА  
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№4(16)

2013

**Главный редактор:**

академик *А.М. Асхабов*

**Редакционная коллегия:**

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

**Редакционный совет:**

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

Адрес редакции:

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

Подписной индекс в каталоге «Почта России» 52047

ISSN 1994-5655

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

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Коми научный центр УрО РАН, 2013

# СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

- А.В. Жубр. Об определении «экзотического» инварианта для односвязных замкнутых шестимерных спинорных многообразий ..... 4
- Л.Н. Котов, В.А. Устюгов, В.С. Власов, В.К. Турков, Ф.Ф. Асадуллин, Е.А. Голубев. Влияние отжига на структуру и ширину линии ферромагнитного резонанса (ФМР) композитных пленок  $(CO_{45}FE_{45}ZR_{10})_x(AL_2O_3)_y$  .....11

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Л.Л. Фролова, Ю.А. Кукольщикова, А.В. Кучин, Н.В. Вендило. 2-ундецилоксиэтанол-1 – агрегационный феромон черных сосновых усачей рода *Monochamus*: синтез и испытания .....15
- И.В. Липин, В.А. Демин. Кинетика реакции диоксида хлора с остаточным лигнином лиственной сульфатной целлюлозы .....21

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Л.Г. Мартынов. Интродукция видов рода сирень (*Syringa L.*) в условиях ботанического сада подзоны средней тайги.....25
- Ю.Н. Минеев, О.Ю. Минеев. Миграции гуменника (*Anser Fabalis*) на европейском Северо-Востоке России .....32
- А.В. Пастухов, Л.М. Носкова, И.И. Шуктомова, А.И. Кичигин. Экологические аспекты реконструкции хранилища радиоактивных отходов .....39
- Т.Ф. Василенко, Н.А. Чермных, А.Ф. Симаков, Т.И. Кочан, Н.П. Монгалёв. Основные итоги исследований в физиологии и биохимии продуктивных животных Севера (к 25-летию Института физиологии Коми НЦ УрО РАН) .....47
- Т.И. Кочан, В.Г. Евдокимов, Т.П. Логинова, Т.В. Есева, Е.Р. Бойко. Метаболическая адаптация молодых мужчин к природным факторам Севера..... 54

## ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- А.М. Асхабов, А.А. Иевлев. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН: 55 лет научного поиска и открытий.....61

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- В.С. Войтышен, В.Н. Семенов. Решение задачи аэроупругости в переменных методах конечных элементов (МКЭ) .....68
- А.И. Кобрунов. Кинематика фильтрационных течений и ее приложение для решения обратных задач гидропрослушивания .....73
- В.Ф. Фомина, А.В. Фомин. Эффективность внедрения напорной флотации для подготовки питьевой воды в Республике Коми .....80

## ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Т.Г. Антипина, Н.К. Панова, Н.М. Чаиркина. Динамика природной среды в голоцене по данным комплексного анализа VI разреза Горбуновского торфяника .....89
- Н.М. Игнатова, Н.А. Михалев. «Кулацкая ссылка» на территории Республики Коми и Ямало-Ненецкого автономного округа в первой половине 1930-х гг.: размещение и численность .....98
- В.В. Сморгунув. Штатная команда города Усть-Сысольска в 80–90-е гг. XVIII в. .... 103

## ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- Н.М. Большаков, В.В. Жиделева. Кластерный подход как основа создания особой формы инновации – совокупного инновационного образовательного продукта: теоретические и методологические аспекты..... 110

- ХРОНИКА .....115

- ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ (ЮБИЛЕИ) ..... 124

# CONTENTS

## PHYSICAL And MATHEMATICAL SCIENCES

- A.V. Zhubr. On the definition of “exotic” invariant for simply connected closed 6-dimensional spin manifolds ..... 4
- L.N. Kotov, V.A. Ustyugov, V.S. Vlasov, V.K. Turkov, F.F. Asadullin, E.A. Golubev. Annealing influence on structure and FMR linewidth of composite films  $(CO_{45}FE_{45}ZR_{10})_x(Al_2O_3)_y$  .....11

## CHEMICAL SCIENCES

- L.L. Frolova, Yu.A. Kukol'shchikova, A.V. Kutchin, N.V. Vendilo. 2-undecyloxyethanol-1 – aggregation pheromone of black pine beetles of genus *Monochamus*: synthesis and testing.....15
- I.V.Lipin, V.A.Demin. Kinetics of reaction of chlorine dioxide with residual lignin of hardwood sulphate pulp.....21

## BIOLOGICAL SCIENCES

- L.G. Martynov. Introduction of species of *Syringa L.* genus in the Botanical Garden (middle taiga subzone).....25
- Yu.N. Mineev, O.Yu. Mineev. Migration of bean goose (*Anser fabalis*) in the European northeast of Russia .....32
- A.V. Pastukhov, L.M. Noskova, L.L. Shuktomova, A.I. Kichigin. Environmental aspects of radwaste tailing pond reconstruction .....39
- T.F. Vasilenko, N.A. Chermnykh, A.F. Simakov, T.I. Kochan, N.P. Mongalev. Basic results of investigations in physiology and biochemistry of productive animals of the North (to the 25-th anniversary of the Institute of Physiology, Komi Science Centre, Ural Branch, RAS).....47
- T.I. Kochan, V.G. Evdokimov, T.P. Loginova, T.V. Eseva, E.R. Bojko. Metabolic adaptation of young men to natural factors of the North.....54

## GEOLOGICAL And MINERALOGICAL SCIENCES

- A.M. Askhabov, A.A. Ievlev. Institute of Geology of the Komi Science Centre, Ural Branch, RAS: 55 years of scientific research and discoveries.....61

## TECHNICAL SCIENCES

- V.S. Voityshen, V.N. Semenov. Aeroelasticity problem solution by use of FEM variables.....68
- A.I. Kobrunov. Kinematics of filtration flows and its application for the solution of inverse problems of well interference testing .....73
- V.F. Fomina, A.V. Fomin. The effectiveness of pressure flotation implementation for drinking water treatment in the Komi Republic.....80

## HISTORICAL And PHILOLOGICAL SCIENCES

- T.G. Antipina, N.K. Panova. B.M. Chairkina. Holocene environmental dynamics by data of complex analysis of VI section on the Gorbunovsky peat bog.....89
- N.M. Ignatova, N.A. Mikhalev. The “deportation of kulaks” to territories of the Komi Republic and Yamal-Nenets Autonomous Area in the first half of the 1930-s: distribution and number.....98
- V.V. Smorgunov. Ust-Sysolsk staff detachment in the 1780-s – 1790-s ..... 103

## SOCIAL SCIENCES

- N.M. Bolshakov, V.V. Zhideleva. Cluster approach as a basis for the creation of special form of innovation – consolidated innovational educational product: theoretical and methodological aspects ..... 110

- CHRONICLE ..... 115

- OFFICIAL (ANNIVERSARIES) ..... 124

УДК 515.164.2

## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ «ЭКЗОТИЧЕСКОГО» ИНВАРИАНТА ДЛЯ ОДНОСВЯЗНЫХ ЗАМКНУТЫХ ШЕСТИМЕРНЫХ СПИНОРНЫХ МНОГООБРАЗИЙ

А.В. ЖУБР

Отдел математики, Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
[avzhubr@gmail.com](mailto:avzhubr@gmail.com)

Предложена прямая конструкция одного из инвариантов односвязных замкнутых шестимерных спинорных многообразий, ранее определенного автором (в работе 1976 г.) непрямым способом.

Ключевые слова: многообразие, инвариант, препятствие, хирургия

### A. V. ZHUBR. ON THE DEFINITION OF “EXOTIC” INVARIANT FOR SIMPLY CONNECTED CLOSED 6-DIMENSIONAL SPIN MANIFOLDS

A direct construction is presented for one of invariants of simply connected closed 6-dimensional spin manifolds, which has been defined earlier by the author (in a 1976 year paper), in an indirect way.

Key words: manifold, invariant, obstruction, surgery

#### 1. Введение

Все многообразия, и их отображения друг в друга, предполагаются в этой работе гладкими (класса  $C^\infty$ ). Класс всех односвязных замкнутых ориентированных шестимерных многообразий  $M$ , удовлетворяющих дополнительно условию спинорности  $w_2(M) = 0$ , в дальнейшем обозначается через  $\mathfrak{M}$ .

В работе [1] для всякого ориентированного многообразия  $M \in \mathfrak{M}$  был определен инвариант  $p(M) \in H_2(M)$ , связанный с классом Понтрягина  $p_1(M) \in H^4(M)$  соотношением

$$4p(M) = Dp_1(M), \quad (1)$$

(где  $D$  — изоморфизм Пуанкаре) и названный «экзотическим» ввиду того, что он не может быть выражен через «обычные» инварианты (характеристические классы и когомологические операции), если гомологии многообразия  $M$  содержат 2-кручения (при отсутствии 2-кручений новый инвариант перестает быть «экзотическим», поскольку соотношение (1) в этом случае записывается как  $p(M) = \frac{1}{4}Dp_1(M)$ ). Определение класса  $p(M)$  в работе [1] было существенно непрямым — оно основывалось на замене первоначального  $M$ , посредством хирургии, новым многообразием  $\tilde{M}$ , не имеющим 2-кручений в гомологиях, и на довольно нетривиальной проверке того, что канонический образ класса  $\frac{1}{4}Dp_1(\tilde{M})$  в группе  $H_2(M)$  не зависит от выбора конкретного  $\tilde{M}$  (иначе говоря, конкретной последовательности перестроек). В данной

работе предлагается явная конструкция этого инварианта, не требующая «выхода за пределы многообразия  $M$ ».

Обозначение  $p(M)$ , использованное в работе [1], в последующих работах по разным соображениям менялось — сначала на  $e(M)$  [2, 3], затем на  $\gamma(M)$  [4]. Это последнее обозначение мы и будем далее использовать. Следует отметить, что в действительности в работах [2–4] рассматривается намного более сложный случай всех (не только спинорных) замкнутых односвязных шестимерных многообразий. В этом более общем случае роль «экзотического» инварианта играет, вместо класса гомологий  $\gamma(M)$ , совсем другой объект — семейство частичных функций вида

$$H^2(M; \mathbb{Z}/2^m) \rightarrow \mathbb{Z}/2^{m-1}$$

с  $m = 2, 3, \dots, \infty$ , область определения которых состоит из всех классов  $\omega \in H^2(M; \mathbb{Z}/2^m)$ , «накрывающих» класс  $w_2(M)$ ; соответствующие значения обозначаются через  $\Gamma_\omega(M)$ , а все семейство — через  $\Gamma(M)$ . В спинорном случае область определения функции

$$\Gamma(M) : H^2(M; \mathbb{Z}/2^m) \rightarrow \mathbb{Z}/2^{m-1}$$

совпадает с образом стандартного вложения

$$\iota : H^2(M; \mathbb{Z}/2^{m-1}) \rightarrow H^2(M; \mathbb{Z}/2^m)$$

(иначе говоря, с множеством всех четных классов), а соотношение между  $\Gamma(M)$  и  $\gamma(M)$  представляет собой простейший специальный случай формулы (184)

\* Работа поддержана грантом РФФИ #12-01-00748-а

на стр. 202 работы [4]:

$$\langle x, \gamma(M) \rangle = \Gamma_{\iota x}(M) + \langle x^3, [M] \rangle \quad (2)$$

для  $x \in H^2(M; \mathbb{Z}/2^{m-1})$ ,  $m = 2, 3, \dots, \infty$ . Из этого соотношения следует, что функция  $\Gamma$  в спинорном случае определяется классом  $\gamma$ ; обратно, из (2) и (1) следует, что класс  $\gamma$  однозначно восстанавливается по функции  $\Gamma$  (соотношение (1) дает класс  $\gamma$  с точностью до элементов порядка 4; далее нужно применить формулу (2), поочередно взяв в качестве  $x$  все классы когомологий, дуальные к элементам какого-либо базиса группы  $\text{Tor}_2 H_2(M)$ ). Таким образом, в спинорном случае инварианты  $\gamma$  и  $\Gamma$  эквивалентны друг другу («по модулю» других инвариантов).

Оказывается, что и в общем (неспинорном) случае можно определить инвариант  $\gamma(M)$  как семейство классов  $\gamma_\omega(M) \in H_2(M; \mathbb{Z}/2^{m-1})$ . Здесь также имеет место соотношение, обобщающее формулу (2), а именно упомянутая выше формула (184) работы [4] и, как и в спинорном случае, можно однозначно восстановить инвариант  $\gamma(M)$  по известному  $\Gamma(M)$ . В обратную сторону это перестает быть верным и, таким образом, в общем случае именно инвариант  $\Gamma$  оказывается «основным» (подробности см. в [4]).

Определение инварианта  $\Gamma$  в работе [4] (и, с другими обозначениями, в работах [2, 3]), являлось непрямым в таком же смысле, как об этом говорилось выше в связи с инвариантом  $\gamma$  в спинорном случае (с той разницей, что технические трудности в общем случае намного больше). В работе [5] была предложена явная конструкция инварианта  $\Gamma$ ; формально из этой конструкции вытекает, в соответствии со сказанным выше, и явная конструкция для  $\gamma$ , в том числе и в спинорном случае. Получающаяся таким способом конструкция инварианта  $\gamma$  сложна и «неестественна». В настоящей работе предлагается более простой и естественный вариант.

Примем, наконец, последнее изменение обозначений: вместо класса когомологий  $\gamma(M) \in H_2(M)$  мы будем рассматривать равносильный и более здесь удобный инвариант — дуальный класс когомологий  $\tilde{\gamma}(M) \in H^4(M)$ , во-первых, не зависящий от ориентации многообразия  $M$ , и во-вторых, связанный с классом Понтрягина более прямым образом:

$$4\tilde{\gamma}(M) = p_1(M). \quad (3)$$

## 2. Препятствие к тривиализации касательного расслоения

Для ориентированного  $n$ -мерного многообразия  $M$  мы рассматриваем его касательное расслоение

$$\tau M : TM \rightarrow M$$

как снабженное метрикой и, следовательно, имеющее своей структурной группой группу  $SO_n$ . Для каждого  $k = 1, 2, \dots, n$  имеется ассоциированное «расслоение Штифеля»

$$\tau_k M : V_k(TM) \rightarrow M,$$

слоем которого является многообразие Штифеля  $V_{n,k}$  ортонормированных  $k$ -реперов в пространстве  $\mathbb{R}^n$ .

Нам понадобятся несколько хорошо известных и/или легко проверяемых и/или тривиальных утверждений о нескольких первых гомотопических группах некоторых из пространств  $SO_n$  и  $V_{n,k}$ .

**Лемма 1.**

$$(a) \quad \pi_i SO_3 \approx \pi_i SO_5 \approx \begin{cases} \mathbb{Z}_2, & i = 1, \\ 0, & i = 2, \\ \mathbb{Z}, & i = 3. \end{cases}$$

$$(b) \quad \pi_i V_{6,3} \approx \begin{cases} 0, & i = 1, 2, 4, \\ \mathbb{Z}_2, & i = 3. \end{cases}$$

(в) Группы  $\pi_i SO_5$  и  $\pi_i V_{6,3}$  в указанных размерностях стабильны: естественные вложения  $SO_5 \subset SO_n$  с  $n \geq 6$  и  $V_{6,3} \subset V_{n,n-3}$  с  $n \geq 7$ , индуцируют изоморфизмы данных гомотопических групп.

(г) Естественное вложение  $SO_3 \subset SO_5$  индуцирует мономорфизм  $\pi_3 SO_3 \rightarrow \pi_3 SO_5$ , образ которого — подгруппа индекса 2.

Пусть  $M$  — конечное клеточное пространство и

$$\xi : E \rightarrow M$$

— ориентированное векторное расслоение размерности  $n \geq 5$ . Пусть выполнено условие  $w_2(\xi) = 0$  (другими словами, расслоение  $\xi$  — спинорное). Как известно, класс  $w_2(\xi)$  — не что иное как первое препятствие к построению тривиализации расслоения  $\xi$  на 2-мерном остове пространства  $M$ . При этом гомотопический класс этой тривиализации (иначе говоря, спинорная структура) однозначно определяется своим сужением на 1-мерный остов. Обозначив какую-либо спинорную структуру на расслоении  $\xi$  через  $s$ , мы можем рассмотреть следующее препятствие к его тривиализации. В силу утверждения (а) леммы 1 это препятствие появляется в размерности 4 и представляет собой целочисленный класс когомологий

$$o_4(\xi, s) \in H^4(M; \pi_3 SO_n \approx \mathbb{Z}).$$

Как показано в [7, лемма 1.1], это не что иное как половина класса Понтрягина  $p_1(\xi)$ . Точнее, имеет место равенство

$$p_1(\xi) = \pm 2o_4(\xi, s) \quad (4)$$

(Кервер не уточняет знак в правой части соотношения, замечая только, что он зависит от выбора образующей группы  $\pi_3 SO_n$ ).

Предположим теперь, что  $M$  и  $\xi$  — то же что выше, с той разницей, что  $\dim \xi = 3$ . Мы можем дословно повторить все сказанное выше относительно тривиализации расслоения  $\xi$ , и снова рассмотреть препятствие  $o_4(\xi, s) \in H^4(M; \pi_3 SO_3)$ . Теперь, однако, мы не можем написать соотношение (4), поскольку лемма 1.1 работы Кервера предполагает выполненным «условие стабильности», что в нашем случае означает  $\dim \xi \geq 5$ . Чтобы выполнить это условие, возьмем сумму  $\xi \oplus [2]$ , где через  $[2]$  обозначается тривиальное двумерное расслоение. В силу утверждения (г) леммы 1 выполнено соотношение  $o_4(\xi \oplus [2], s) = 2o_4(\xi, s)$ , так что имеем окончательно

$$p_1(\xi) = \pm 4o_4(\xi, s). \quad (5)$$

Можно убедиться, что при «естественном» выборе ориентации группы  $SO_3$  знак в правой части соотношения (5) оказывается в действительности положительным — см. раздел 4 этой работы. В дальнейшем мы считаем, что ориентация (и, соответственно, образующая группы  $\pi_3 SO_3$ ) выбраны именно этим способом, так что в формуле (5) стоит знак «плюс».

Применим все здесь сказанное к случаю, когда  $M \in \mathfrak{M}$ , и  $\xi = \tau M$  — касательное расслоение. Мы хотели бы сузить структурную группу расслоения  $\tau M$  до группы  $SO_3$ , чтобы воспользоваться соотношением (5). Для этого заметим, что ввиду утверждения (б) леммы 1 первое препятствие к построению сечения расслоения Штифеля  $\tau_3 M$  принадлежит группе  $H^4(M; \mathbb{Z}_2)$ ; как известно, это не что иное как класс Штифеля-Уитни  $w_4(M)$ . Можно убедиться, все классы Штифеля-Уитни многообразия  $M$  тривиальны (это легко проверяется с помощью известных формул Ву, см. [8]). Таким образом (ввиду  $w_4(M) = 0$  и  $\pi_4 V_{6,3} = 0$ ), мы можем построить сечение  $v : M \rightarrow V_3(TM)$  на 5-мерном остове многообразия  $M$  и даже, если угодно, продолжить его на все  $M$  за исключением одной точки (продолжить сечение на  $M$  полностью, вообще говоря, не удастся из-за ненулевой эйлеровой характеристики). Мы будем обозначать ортогональное дополнение к  $v$  в  $\tau M$  через  $v^\perp$ . В силу построения, расслоение  $v^\perp$  стабильно изоморфно (суженному на  $M \setminus \text{pt}$ ) расслоению  $\tau M$ , так что, в частности, на расслоении  $v^\perp$  имеется спинорная структура. Эта структура единственна ввиду односвязности многообразия  $M$ , и мы обозначим препятствие к тривиализации расслоения  $v^\perp$  через  $o_4(M, v)$ . Формула (5), с учетом сделанного выше замечания о знаках, может быть в данном случае записана как

$$p_1(M) = 4o_4(M, v). \quad (6)$$

### 3. Формулировка основного результата

Сравнение соотношений (3) и (6) наводит на мысль о связи между инвариантом  $\tilde{\gamma}(M)$  и препятствием  $o_4(M, v)$ . Здесь, однако, мы сразу видим трудность, состоящую в том, что препятствие  $o_4(M, v)$  содержит дополнительный аргумент — реперное поле  $v$  (или, лучше сказать, гомотопический класс таких полей). Заметим, что, в силу информации о гомотопиях пространства  $V_{6,3}$  (лемма 1) и о гомологиях многообразия  $M$ , единственное препятствие к гомотопии двух полей

$$v, v' : M \setminus \text{pt} \rightarrow V_3(TM)$$

— их различающий класс  $\delta(v, v') \in H^3(M; \mathbb{Z}_2)$ , и естественно возникает вопрос — каким образом разность  $o_4(M, v') - o_4(M, v)$  зависит от  $\delta(v, v')$ . Рассмотрим диаграмму

$$\begin{array}{ccc} H^3(M; \mathbb{Z}_2) & \longrightarrow & \text{Hom}(H_3(M), \mathbb{Z}_2) \\ & \searrow e & \downarrow \\ & & \text{Hom}(\text{Tors}_2 H_3(M), \mathbb{Z}_2), \end{array}$$

в которой горизонтальная стрелка — индекс Кронекера, а вертикальная индуцирована вложением

$$\text{Tors}_2 H_3(M) \subset H_3(M).$$

Нетрудно видеть, что ядро гомоморфизма  $e$  совпадает с множеством всех «целочисленных» элементов группы  $H^3(M; \mathbb{Z}_2)$ , иначе говоря с ядром гомоморфизма Бокштейна

$$\beta : H^3(M; \mathbb{Z}_2) \rightarrow H^4(M),$$

так что объекты  $e(\delta)$  и  $\beta(\delta)$  находятся, для любых  $\delta$ , во взаимно однозначном соответствии. Мы формулируем следующую правдоподобную гипотезу:

**Предположение 1.** *Разность  $o_4(M, v') - o_4(M, v)$  определяется значениями различающего класса  $\delta$  на элементах группы  $\text{Tors}_2 H_3(M)$ , иначе говоря гомоморфизмом  $e(\delta)$ ; точнее, имеет место равенство*

$$o_4(M, v') - o_4(M, v) = \beta(\delta).$$

На данный момент мы не имеем доказательства этого предположения, хотя некоторая (довольно малая) его часть содержится в следующей далее теореме. Чтобы ее сформулировать, сначала введем некоторое условие на реперное поле  $v$ . Пусть  $S = f(S^3) \subset M$  — вложенная сфера. Будем говорить, что реперное поле  $v : M \rightarrow V_3(TM)$  «тривиально по отношению к  $S$ », если сужение  $v|_S$  гомотопно какому-либо касательному полю  $S \rightarrow V_3(TS)$ , и «нетривиально по отношению к  $S$ » — в противном случае.

**Теорема 1.** *Пусть  $S_1, S_2, \dots, S_k \subset M$  — вложенные 3-мерные сферы, реализующие некоторый базис группы  $\text{Tors}_2 H_3(M)$  (если эта группа тривиальна, то  $k = 0$ ). Имеют место следующие утверждения:*

(а) *На многообразии  $M \setminus \text{pt}$  существует (по крайней мере одно) реперное поле  $v$ , нетривиальное по отношению к каждой из сфер  $S_i$ ;*

(б) *Для всякого такого  $v$  справедливо равенство  $o_4(M, v) = \tilde{\gamma}(M)$ .*

### 4. Отступление: о классе Понтрягина спинорного $SO_3$ -расслоения

Цель этого раздела — показать, что при «естественной» ориентации группы  $SO_3$  для произвольно ориентированного 3-мерного расслоения  $\xi$  со спинорной структурой  $s$  имеет место формула

$$p_1(\xi) = 4o_4(\xi, s). \quad (7)$$

Заметим сначала, что достаточно проверить это равенство для какого-нибудь фиксированного  $SO_3$ -расслоения  $\xi$  при условии, что класс  $p_1(\xi)$  имеет бесконечный порядок. В самом деле, спинорная структура на  $SO_3$ -расслоении  $\xi : E_\xi \rightarrow B_\xi$  определяет, в частности, гомотопический класс отображений

$$f : B_\xi \rightarrow B\text{Spin}_3,$$

а в силу сделанных предположений индуцированный гомоморфизм

$$f^* : H^4(B\text{Spin}_3) = \mathbb{Z} \rightarrow H^4(B_\xi)$$

является мономорфизмом. Тем самым, соотношение (7) оказывается выполненным для универсального расслоения, а значит, и для любого другого.

Для построения нужного нам расслоения  $\xi$  и проверки соотношения (7) применим одну хорошо известную конструкцию, в которой комплексное проективное пространство  $\mathbb{C}P^3$  представляется как пространство расслоения над сферой  $S^4$  со слоем  $S^2$  и структурной группой  $SO_3$ .

Мы обозначаем тело кватернионов через  $\mathbb{H}$ , множество «чисто мнимых» кватернионов

$$\{xi + yj + zk \mid x, y, z \in \mathbb{R}\}$$

— через  $\Im\mathbb{H}$ . На протяжении этого раздела будем представлять себе сферу  $S^4$  как кватернионную проективную прямую  $\mathbb{H}P^1$ , т.е. множество левых кватернионных прямых в двумерном кватернионном пространстве  $\mathbb{H}^2$ , проективное пространство  $\mathbb{C}P^3$  — как множество левых комплексных прямых в этом же пространстве  $\mathbb{H}^2$ , сферу  $S^3$  (она же группа  $Spin_3$ ) — как множество кватернионов с нормой 1 и, наконец, сферу  $S^2$  — как пересечение  $\Im\mathbb{H} \cap S^3$ . Мультипликативные группы тела  $\mathbb{H}$  и поля  $\mathbb{C}$  обозначаются, соответственно,  $\mathbb{H}^*$  и  $\mathbb{C}^*$ . Следующие утверждения хорошо известны и/или легко проверяются.

**Лемма 2.** Для любого  $q \in \mathbb{H}^*$  отображение  $\mathbb{H} \rightarrow \mathbb{H}$ , заданное формулой  $\alpha \mapsto q\alpha q^{-1}$ , является ортогональным преобразованием, неподвижным на  $\mathbb{R}$ , иначе говоря элементом  $R_q$  группы  $SO(\Im\mathbb{H}) = SO_3$ . Определенное так отображение  $R : \mathbb{H}^* \rightarrow SO_3$  является эпиморфизмом с ядром  $\mathbb{R}^*$ , его сужение на подгруппу  $S^3$  — двулиственное (универсальное) накрытие группы  $SO_3$ .

**Лемма 3.** Для любого  $q \in \mathbb{H}^*$  кватернион  $q^{-1}iq$  принадлежит сфере  $S^2 \subset \Im\mathbb{H}$ , и любой элемент сферы может быть получен таким образом; кватернионы  $q^{-1}iq$  и  $q_1^{-1}iq_1$  совпадают в том и только в том случае, если  $q_1 = zq$  для некоторого  $z \in \mathbb{C}^*$ .

*Замечание 1.* Утверждение леммы 3 можно сформулировать короче: отображение  $q \mapsto q^{-1}iq$  определяет гомеоморфизм между комплексной проективной прямой  $\mathbb{H}^*/\mathbb{C}^* = S^3/S^1$  и сферой  $S^2$ . Сужение этого отображения на сферу  $S^3$  — не что иное как расслоение Хопфа.

Примем формальные определения

$$\mathbb{H}P^1 = \{\mathbb{H}^* \cdot (p, q) \mid p, q \in \mathbb{H}, (p, q) \neq (0, 0)\},$$

$$\mathbb{C}P^3 = \{\mathbb{C}^* \cdot (p, q) \mid p, q \in \mathbb{H}, (p, q) \neq (0, 0)\}$$

и определим отображение  $\pi : \mathbb{C}P^3 \rightarrow \mathbb{H}P^1$  формулой

$$\pi(\mathbb{C}^* \cdot (p, q)) = \mathbb{H}^* \cdot (p, q).$$

Чтобы убедиться в том, что это локально тривиальное расслоение со слоем  $S^2$  и структурной группой  $SO_3$ , и найти препятствия к его тривиализации, фиксируем клеточное разбиение сферы  $\mathbb{H}P^1$  на две полусферы  $S_0$  и  $S_\infty$ :

$$S_0 = \{\mathbb{H}^* \cdot (p, q) \in \mathbb{H}P^1 \mid |p| \leq |q|\},$$

$$S_\infty = \{\mathbb{H}^* \cdot (p, q) \in \mathbb{H}P^1 \mid |q| \leq |p|\}.$$

Положим

$$x_0(p, q) = q^{-1}p$$

при  $q \neq 0$  и

$$x_\infty(p, q) = \overline{p^{-1}q}$$

при  $p \neq 0$ . Функции  $x_0$  и  $x_\infty$  инвариантны относительно группы  $\mathbb{H}^*$  и дают, таким образом, отображения  $S_0 \rightarrow \mathbb{H}$  и  $S_\infty \rightarrow \mathbb{H}$  (которые мы обозначаем по-прежнему через  $x_0$  и  $x_\infty$ ); эти отображения, как легко убедиться, являются гомеоморфизмами на шар

$$D^4 = \{x \in \mathbb{H} \mid |x| \leq 1\},$$

при этом отображение  $x_0$  сохраняет ориентацию, а  $x_\infty$  меняет ее (по отношению к стандартным ориентациям на  $\mathbb{H}P^1$  и  $D^4$ ).

Рассмотрим теперь прообразы наших клеток в пространстве  $\mathbb{C}P^3$ :

$$\mathbb{C}P_0^3 = \pi^{-1}S_0 = \{\mathbb{C}^* \cdot (p, q) \mid |p| \leq |q|\},$$

$$\mathbb{C}P_\infty^3 = \pi^{-1}S_\infty = \{\mathbb{C}^* \cdot (p, q) \mid |q| \leq |p|\}.$$

Очевидно, мы имеем

$$\mathbb{C}P_0^3 \cap \mathbb{C}P_\infty^3 = \{\mathbb{C}^* \cdot (p, q) \mid |p| = |q| = 1\}. \quad (8)$$

Введем еще две функции

$$s_0(p, q) = q^{-1}iq$$

и

$$s_\infty(p, q) = p^{-1}ip.$$

Эти функции инвариантны относительно группы  $\mathbb{C}^*$  (но не относительно  $\mathbb{H}^*$ !) и дают, соответственно, отображения  $\mathbb{C}P_0^3 \rightarrow S^2$  и  $\mathbb{C}P_\infty^3 \rightarrow S^2$  (лемма 3). Получаем послойные гомеоморфизмы

$$f_0 = (x_0, s_0) : \mathbb{C}P_0^3 \rightarrow D^4 \times S^2,$$

$$f_\infty = (x_\infty, s_\infty) : \mathbb{C}P_\infty^3 \rightarrow D^4 \times S^2.$$

«Отображение склеивания»

$$S^3 \times S^2 \xrightarrow{f_\infty^{-1}} \mathbb{C}P_0^3 \cap \mathbb{C}P_\infty^3 \xrightarrow{f_0} S^3 \times S^2$$

представляет собой, на координатном языке, просто выражение  $x_0$  и  $s_0$  через  $x_\infty$  и  $s_\infty$ . В силу (8) имеют место равенства  $x_0 = x_\infty$  (далее это общее значение обозначается через  $x$ ) и  $s_0 = x \cdot s_\infty \cdot \bar{x} = R_x(s_\infty)$ . Последнее соотношение и дает искомое «отображение склеивания» — это не что иное как накрывающее отображение  $R : S^3 \rightarrow SO_3$ . Гомотопический класс этого отображения — одна из образующих группы  $\pi_3 SO_3 \approx \mathbb{Z}$  — представляет собой значение препятствия к тривиализации расслоения

$$\pi : \mathbb{C}P^3 \rightarrow \mathbb{H}P^1$$

на стандартной образующей группы  $H^4(S^4)$ . Если мы ориентируем группу  $SO_3$  посредством накрытия  $R$  (перенесем на  $SO_3$  стандартную ориентацию сферы  $S^3$ ), то это значение будет равно +1. Именно эту ориентацию группы  $SO_3$  мы называем «естественной».

**Замечание 2.** Нетрудно проверить, что дифференциал

$$dR : T_1S^3 \rightarrow T_eSO_3,$$

отображающий пространство  $\mathbb{R}^3 = \mathfrak{SO}_3$  на алгебру Ли группы  $SO_3$ , иначе говоря на множество «инфинитезимальных вращений» пространства  $\mathbb{R}^3$ , ставит в соответствие вектору  $v \in \mathbb{R}^3$  «правовинтовое вращение» в направлении этого вектора (с угловой скоростью, равной  $2|v|$ ). Таким образом, установленная выше «естественная» ориентация группы  $SO_3$  задается упорядоченной тройкой «инфинитезимальных правовинтовых вращений» в направлении векторов  $i, j$  и  $k$ .

Пусть теперь  $\xi : V \rightarrow S^4$  — ассоциированное с  $\pi$  векторное расслоение со слоем  $\mathbb{R}^3$ . Препятствие к его тривиализации, разумеется, совпадает с таковым для  $\pi$ :

$$\langle o_4(\xi), [S^4] \rangle = 1. \quad (9)$$

Рассмотрим естественное вложение  $i : \mathbb{C}P^3 \rightarrow V$ , соответствующее вложению слоев  $S^2 \subset \mathbb{R}^3$ . Легко видеть, что

$$i^*p_1(\xi) = p_1(\mathbb{C}P^3)$$

и

$$\xi_*[\mathbb{C}P^2] = [S^4],$$

откуда

$$\langle p_1(\xi), [S^4] \rangle = \langle p_1(\mathbb{C}P^3), [\mathbb{C}P^2] \rangle = 4. \quad (10)$$

Соотношения (9) и (10) и дают требуемое равенство (7).

### 5. Доказательство основного результата

Обозначим через  $G_{n,k}$  ориентированное пространство Грассмана (множество ориентированных  $k$ -мерных подпространств пространства  $\mathbb{R}^n$ ). Следующая лемма позволяет прояснить смысл определения «реперного поля, тривиального по отношению к вложенной сфере» (см. раздел 3).

**Лемма 4.** *Естественная проекция*

$$\rho : V_{6,3} \rightarrow G_{6,3}$$

индуцирует изоморфизм 3-мерных гомотопических групп.

**Доказательство.** Вложение слоя  $SO_3 \subset V_{6,3}$  этой проекции можно представить в виде композиции  $SO_3 \rightarrow SO_6 \rightarrow V_{6,3}$ , откуда немедленно следует, что индуцированный гомоморфизм  $\pi_3SO_3 \rightarrow \pi_3V_{6,3}$  тривиален. Теперь применяем точную гомотопическую последовательность расслоения  $\rho$ .  $\square$

В силу этой леммы, для любых реперных полей  $v : M \rightarrow V_3(TM)$ , тривиальных по отношению к некоторой вложенной сфере  $S \subset M$ , их сужения  $v|_S$  принадлежат одному и тому же гомотопическому классу (а именно тому, который под действием проекции  $\rho$  переходит в гомотопический класс поля касательных плоскостей  $TS \subset G_3(TM)$ ). Заметим дополнительно, что тривиальными по отношению к  $S$  являются не только все касательные реперные поля, но также и любые нормальные, а также любые

фиксированные линейные комбинации тех и других (что легко проверяется прямым построением деформации такого поля в касательное).

Следующая лемма дает способ различить гомотопические классы двух реперных полей на сфере  $S \subset M$  (и, тем самым, установить нетривиальность одного из них). Мы рассматриваем пространство  $V_{4,1} = S^3$  как естественно вложенное в  $V_{6,3}$  (слой проекции  $V_{6,3} \rightarrow V_{6,2}$ ).

**Лемма 5.** *Индукцированный гомоморфизм*

$$\pi_3S^3 \rightarrow \pi_3V_{6,3}$$

сюръективен.

**Доказательство.** Тривиально следует из того, что  $\pi_3V_{6,2} = 0$ .  $\square$

Теперь мы можем, наконец, приступить к доказательству теоремы 1. Выражение «реперное поле на  $M$ » всюду ниже означает «поле на  $M \setminus pt$ » (или иногда «поле на 5-мерном остове»), а выражение «поля  $v$  и  $v'$  гомотопны» — что они гомотопны на 4-мерном остове.

**Доказательство утверждения (а).** Это совсем просто следует из леммы 4 и из линейной независимости классов

$$[S_1], [S_2], \dots, [S_k] \in H_3(M; \mathbb{Z}_2).$$

Пусть  $v$  — произвольное реперное поле, и пусть

$$I \subset \{1, 2, \dots, k\}$$

— множество тех номеров  $i$ , для которых имеет место утверждение «поле  $v$  нетривиально на сфере  $S_i$ ». Пусть  $x \in H^3(M; \mathbb{Z}_2)$  — какой-нибудь класс, удовлетворяющий условию

$$\langle x, [S_i] \rangle = \begin{cases} 0, & i \in I, \\ 1, & i \notin I. \end{cases}$$

Стандартная теория препятствий позволяет построить поле  $v'$  на  $M$  с  $\delta(v, v') = x$ ; вследствие леммы 4, поле  $v'$  нетривиально по отношению ко всем  $S_i$ .  $\square$

**Доказательство утверждения (б).** В отличие от всего предыдущего, это доказательство потребует определенных усилий. Заменяем многообразие  $M$  цилиндром  $W_0 = M \times [0, 1]$ , при этом касательное расслоение  $\tau M$  превратится в  $\tau W_0 = \tau M \oplus [1]$  (мы «закрываем глаза» на некоторую неточность обозначений). Пусть  $v$  — стандартный базисный вектор тривиального одномерного расслоения; добавив этот вектор к 3-реперному полю  $v$  на  $M$ , мы получаем 4-реперное поле  $\bar{v} = (v, v)$  на  $W_0$ . Соотношение (б) теперь запишется в виде

$$p_1(W_0) = 4o_4(W_0, \bar{v})$$

(соотношение этого вида имеет место в действительности для любого односвязного клеточного пространства  $X$ ,  $n$ -мерного спинорного расслоения  $\xi$  над  $X$  с  $n \geq 6$ , и любого  $(n-3)$ -реперного поля на 5-мерном остове пространства  $X$ ).

Пусть  $S$  — одна из сфер  $S_1, S_2, \dots, S_k$ . Приклеив к цилиндру  $W_0$  «ручку»  $H = D^4 \times D^3$  по вложению

$$g : S^3 \times D^3 \rightarrow M \times 0$$

с  $g(S^3 \times 0) = S$ , получим новое многообразие  $W_1$ . Рассмотрим задачу продолжения реперного поля  $\bar{v}$  на  $W_1$ . Заметим сразу, что реперное поле на сфере  $S$ , продолжаемое на «ручку», заведомо существует, а его гомотопический класс (или, если угодно, соответствующий элемент группы  $\pi_3 V_{6,3} \approx \mathbb{Z}_2$ ) определен однозначно. В самом деле, в силу гомотопической тривиальности «ручки» на  $H$  имеется единственный гомотопический класс 4-реперных полей. Сужение такого поля на  $S$  и дает единственный «продолжаемый» класс на сфере. Таким образом, остается определить, какой из двух гомотопических классов — «тривиальный» или «нетривиальный» — получается таким способом.

Варьировав на некоторое время к «кватернионным» обозначениям раздела 4. Мы отождествляем  $\mathbb{R}^4$  с множеством кватернионов

$$\mathbb{H} = \{a + xi + yj + zk\},$$

шар  $D^4$  — с множеством  $\{|q| \leq 1\} \subset \mathbb{H}$ . На сфере  $S^3 = \{|q| = 1\}$  рассматриваем левоинвариантное семейство касательных базисов  $(t_1, t_2, t_3)$ , определенное в каждой точке  $q$  формулами

$$t_1 = qi, t_2 = qj, t_3 = qk.$$

Пусть  $t_0$  — постоянный единичный вектор, направленный вдоль вещественной оси. Обозначим через  $\mathfrak{n}$  еще одно левоинвариантное поле на  $S^3$ , состоящее из «радиальных» единичных векторов (заметим, что при приклеивании ручки вектор  $\mathfrak{n}$  отождествляется с вектором  $\nu$ ). Рассматривая координату  $a = \Re(q)$  и радиус  $r = |q|$  как функции на  $\mathbb{H}$ , мы можем написать  $t_0 = \text{grad } a$  и  $\mathfrak{n} = \text{grad } r$ . Наконец, через  $(e_1, e_2, e_3)$  обозначаем стандартный базис пространства  $\mathbb{R}^3$ . Возвращаясь к «ручке»  $\mathbb{H}$ , имеем, таким образом, ортонормированный базис касательно-го расслоения

$$(t_1, t_2, t_3, e_1, e_2, e_3, \mathfrak{n}), \quad (11)$$

определенный на подмножестве  $H_0 = S^3 \times D^3$ , и реперное поле  $(t_0, e_1, e_2, e_3)$ , определенное всюду на  $H$ .

Теперь мы хотим продеформировать наше реперное поле в окрестности  $H_0$  так, чтобы последним его вектором оказался  $\mathfrak{n}$ . Нетрудно проверить, что вектор  $t_0(q) = \text{grad } \Re(q)$  имеет следующее представление в базисе (11):

$$t_0(q) = a\mathfrak{n} - xt_1 - yt_2 - zt_3$$

для всех  $q = a + xi + yj + zk \in S^3$  (соответствующие коэффициенты — не что иное как производные функции  $\Re(q)$  по базисным векторам). Можно считать, что такое же представление имеется и при  $\alpha \leq |q| \leq 1$  для некоторого  $\alpha < 1$  (технические тривиальности опускаем). Рассмотрим поворот в плоскости  $(e_3, \mathfrak{n})$ , переводящий  $e_3$  в  $\mathfrak{n}$  и  $\mathfrak{n}$  в  $-e_3$ . Представляя себе этот поворот как деформацию, начинающуюся при

$|q| = \alpha$  и заканчивающуюся при  $|q| = 1$ , получаем в результате новое реперное поле на  $H$ , имеющее на  $H_0$  представление

$$(-ae_3 - xt_1 - yt_2 - zt_3, e_1, e_2, \mathfrak{n}).$$

В «пересечении» с  $M$  (т.е. просто отбрасывая вектор  $\mathfrak{n}$ ) получаем:

$$(-ae_3 - xt_1 - yt_2 - zt_3, e_1, e_2).$$

Принимая во внимание лемму 5, видим, что данное поле *негомотопно* нормальному полю  $(e_3, e_1, e_2)$  и, значит, нетривиально относительно  $S$ .

Предположим наконец, что поле  $v$  нетривиально относительно всех сфер  $S_1, S_2, \dots, S_k$ . Приклеив, как описано выше, ручки к цилиндру  $W_0$  по всем этим сферам и продолжив на эти ручки поле  $\bar{v} = (v, \nu)$ , получаем спинорное 7-мерное многообразие  $W$  с  $\partial W = M \cup \tilde{M}$  (где  $\tilde{M}$  — результат перестройки многообразия  $M$ , «убивающей» группу  $\text{Tors}_2 H_3(M)$ ), и с 4-реперным полем  $w$ , продолжающим  $\bar{v}$ . Мы имеем диаграмму

$$H^4(M) \xleftarrow{\varphi} H^4(W) \xrightarrow{\psi} H^4(\tilde{M}),$$

индуцированную соответствующими вложениями. Гомотопически многообразие  $W$  получается из  $M$  приклеиванием нескольких 4-мерных клеток, а из  $\tilde{M}$  — приклеиванием нескольких 3-мерных клеток. Из последнего легко следует, что  $\psi$  в этой диаграмме — изоморфизм. Кроме того, по построению,

$$\text{Tors}_2 H^4(\tilde{M}) = \text{Tors}_2 H_3(\tilde{M}) = 0.$$

Положим  $\Phi = \varphi \circ \psi^{-1}$ . В соответствии с результатами работы [1] имеет место равенство

$$\bar{\gamma}(M) = \Phi\left(\frac{1}{4}p_1(\tilde{M})\right) \quad (12)$$

(см. «подготовительную лемму» на стр. 842, которая, собственно, и представляет собой первоначальное определение инварианта  $\gamma$ ).\*

С другой стороны, в силу естественности, выполнены равенства

$$o_4(M, w) = \varphi(o_4(W, w)),$$

$$o_4(\tilde{M}, w) = \psi(o_4(W, w)),$$

откуда

$$o_4(M, w) = \Phi(o_4(\tilde{M}, w)) = \Phi\left(\frac{1}{4}p_1(\tilde{M})\right), \quad (13)$$

(где последнее равенство — это просто эквивалентная запись, ввиду отсутствия 2-кручений, соотношения(6)). Сопоставляя равенства (12) и (13), мы и получаем доказываемое утверждение.  $\square$

\* Следует заметить, что равенства (12) именно в таком виде в работе [1] нет — там другие обозначения, и вообще речь там идет о классах гомологий, а не когомологий. Хуже того, «экзотический» инвариант в [1] представляет собой гомоморфизм, определенный на группе спинорных бордизмов некоторого пространства Эйленберга-Маклейна. Все эти сложности в работе [1] связаны, конечно, с доказательством существования инварианта.

## 6. Несколько заключительных замечаний

Как представляется автору, изложенная в этой работе конструкция представляет инвариант  $\gamma$  в менее, если так можно сказать, «призрачном» свете, чем первоначальное определение в работе [1]. С другой стороны, имеется ряд вопросов, на которые у автора пока нет ответа. Кроме изложенной в разделе 3 гипотезы относительно связи между 3-мерным различающим классом двух реперных полей и разностью соответствующих 4-мерных препятствий к тривиализации, можно сформулировать еще несколько нерешенных проблем.

1. Можно ли условие нетривиальности реперного поля раздела 3 сформулировать в более «гомотопических» терминах? Можно заметить, что 3-реперное поле на многообразии  $M$ , вместе с гомотопическим классом отображений  $S^3 \rightarrow M$ , определяют класс регулярных гомотопий погружений сферы  $S^3$  в  $M$ . Нет ли связи между свойствами соответствующих погружений (числом точек самопересечения) и свойством «нетривиальности» данного реперного поля?

2. Корректность приведенной здесь конструкции «экзотического» инварианта (т. е. независимость от выбора набора вложенных сфер, реализующих базис группы  $\text{Tors}_2 H_3(M)$ ) следует из ее соответствия первоначальному определению инварианта (теорема 1). Было бы очень интересно получить

независимое доказательство корректности — без ссылки на первоначальное определение.

## Литература

1. *Жубр А.В.* Классификация односвязных шестимерных спинорных многообразий // Изв. АН СССР (сер.мат.). 1975. Т. 39. С. 839–859.
2. *Жубр А.В.* Классификация односвязных 6-мерных многообразий // Докл. АН СССР. 1980. Т. 255. С. 1312–1315.
3. *Zhubr A.V.* Classification of simply connected topological 6-manifolds // Lecture Notes in Math. 1988. Vol. 1346. P. 325–339.
4. *Жубр А.В.* Замкнутые односвязные шестимерные многообразия: доказательства классификационных теорем // Алгебра и анализ. 2000. Т. 12. С. 126–230.
5. *Жубр А.В.* Экзотический инвариант для 6-мерных многообразий: прямая конструкция // Алгебра и анализ. 2009. Т. 21. С. 144–163.
6. *Wu W.-T.* On Pontrjagin classes III // Acta Math. Sinica. 1954. Vol. 4. P. 323–347.
7. *Kervaire M.A.* A note on obstructions and characteristic classes // Amer. J. Math. 1959. Vol. 81. P. 773–784.
8. *Wall C.T.C.* On certain 6-manifolds // Inv. Math. 1966. Vol. 1. P. 355–374.

Статья поступила в редакцию 15.04.2013.

УДК 537.622.4

**ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ И ШИРИНУ ЛИНИИ ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА (ФМР) КОМПОЗИТНЫХ ПЛЁНОК** $(CO_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_y$ 

Л.Н. КОТОВ\*, В.А. УСТЮГОВ\*, В.С. ВЛАСОВ\*, В.К. ТУРКОВ\*, Ф.Ф. АСАДУЛЛИН\*\*, Е.А. ГОЛУБЕВ\*\*\*

\*Сыктывкарский государственный университет, г. Сыктывкар

\*\*Сыктывкарский лесной институт, г. Сыктывкар

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

kotovln@mail.ru

Проведено исследование микроструктуры аморфных композитных плёнок методом атомно-силовой микроскопии. Построены распределения эффективного размера металлических гранул для различных концентраций металлической фазы и различных температур отжига. На основе полученных данных определены СВЧ магнитные характеристики композитных плёнок.

**Ключевые слова:** композитные плёнки, ферромагнитный резонанс, атомно-силовая микроскопия

L.N. KOTOV, V.A. USTYUGOV, V.S. VLASOV, V.K. TURKOV, F.F. ASADULLIN, E.A. GOLUBEV. ANNEALING INFLUENCE ON STRUCTURE AND FMR LINEWIDTH OF COMPOSITE FILMS  $(CO_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_y$

Microstructure of amorphous composite films was investigated by the atomic force microscopy. Effective size distribution of the metal granules was built for different concentrations of the metal phase and different annealing temperatures. On the basis of the obtained data the microwave magnetic properties of the composite films were defined.

**Key words:** composite films, ferromagnetic resonance, atomic force microscopy

**1. Введение**

В настоящее время интенсивно исследуются СВЧ свойства магнитных композитных материалов [1–3]. Интерес к композитным структурам (в частности, к плёнкам) вызван наличием у них таких свойств, как гигантское магнетосопротивление, аномальный эффект Холла и др.

Композитные плёнки имеют сильно неоднородную структуру, определяемую соотношением концентрации металла и диэлектрика. Это обстоятельство затрудняет теоретическое описание их магнитных характеристик. Однако определение структурных и магнитных параметров составляющих плёнку гранул даёт возможность построения теоретических моделей, описывающих магнитные характеристики композитных структур.

Исследуемые в работе аморфные плёнки составов  $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_y$ ,  $0.26 < x < 0.63$ ,  $0.37 < y < 0.74$ , были изготовлены методом ионно-лучевого напыления на подложки из ситалла (поликристаллического стекла) в атмосфере аргона [4].

Химический состав и толщины плёнок определены с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6400, обеспечивающего необходимую точность измерений [5]. Толщина исследуемых плё-

нок изменяется в зависимости от концентрации металлической фазы в пределах от 1 до 6 мкм. Кривые намагничивания данных плёнок указывают на наличие столбчатой структуры металлических гранул [4, 6]. При этом металлические гранулы расположены в один слой и представляют собой сильно вытянутые в направлении роста толщины плёнки эллипсоиды вращения [4, 6].

Для определения влияния отжига на структуру и СВЧ магнитные характеристики плёнки были подвергнуты отжигу при температурах от 300 до 800 К с шагом 50 К в течение 40 мин.

**2. Исследование структуры плёнок**

Сканирование поверхности композитных плёнок проведено на атомно-силовом микроскопе ARIS-3500. Рассмотрим особенности полученных изображений атомно-силовой микроскопии (АСМ). Характерный вид поверхности плёнок, подвергнутых и не подвергнутых отжигу, представлен на рис. 1, из которого можно видеть, что плёнки имеют неоднородную шероховатую поверхность. Размер неоднородностей увеличивается с ростом толщины плёнок, при этом изменяется форма магнитных гранул, которая влечёт за собой изменение величин размагничивающих полей и магнитных характеристик плёнок.

С помощью программного обеспечения Gwyd-

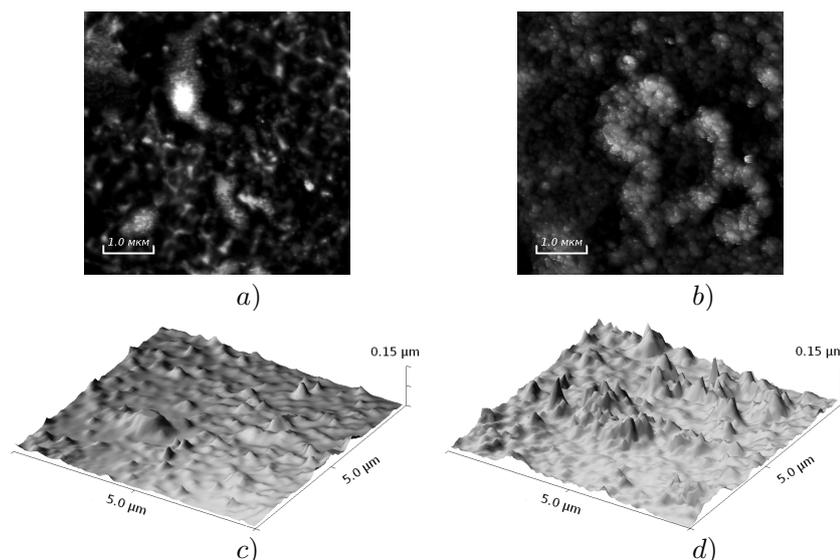


Рис. 1. Изображение топографии поверхности плёнок при  $x = 0.57$  до отжига (*a, c*) и после отжига (*b, d*).

дип) были построены распределения металлических гранул по эффективному размеру при различных концентрациях металлической фазы. Под эффективным размером понимается радиус сечения эллипсоида плоскостью плёнки (гранулы аппроксимированы эллипсоидами вращения). Распределения гранул по эффективному размеру представлены на рис. 2. По оси абсцисс отложен размер гранул, полученный из фазовых изображений АСМ, по оси ординат — их относительная концентрация. Можно видеть, что в плёнках присутствуют частицы различных размеров, количество мелких частиц значительно превышает количество крупных. Эту особенность можно связать с процессом напыления, в ходе которого материал испаряемой мишени хаотическим образом летит и осаждаётся на подложке. Максимальный размер наблюдаемых металлических частиц на поверхности плёнки увеличивается с ростом концентрации металлической фазы.

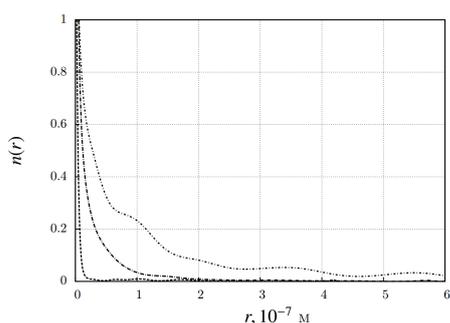


Рис. 2. Зависимость концентрации гранул в плёнке от эффективного радиуса при  $x = 0.51$  (----- — до отжига, ..... — отжиг при  $550^\circ\text{C}$ , - · - · - · - отжиг при  $750^\circ\text{C}$ ).

Отжиг композитных плёнок приводит к уменьшению количества дефектов на поверхности, а также сплавлению мелких гранул металла и диэлектрика в более крупные образования. При этом увеличивается относительная доля частиц с большим эффективным размером (рис. 2). Образуются частицы с размерами, превышающими максимальный на-

блюдаемый размер частиц в плёнках, не подвергавшихся отжигу. За счёт диффузии возникает отчётливо выделяемая металл-диэлектрическая гранулированная структура, что проявляется также в виде более гладкой зависимости концентрации частиц от эффективного размера, показанной на рис. 2. При длительном отжиге происходит объединение мелких металлических гранул и дальнейшее увеличение количества крупных образований с чёткими границами.

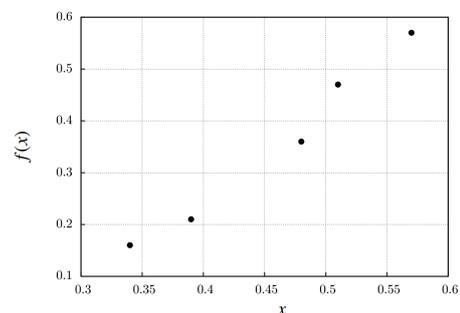


Рис. 3. Зависимость объёмной концентрации металлической фазы от атомной концентрации.

По изображениям фазового контраста плёнок была определена экспериментальная зависимость объёмной концентрации металлической фазы

$$f = \frac{V_m}{V_m + V_d},$$

(где  $V_d$  — объём диэлектрика,  $V_m$  — объём металла в плёнке) от атомной концентрации (рис. 3). Можно видеть, что зависимость является практически линейной.

### 3. Ширина линии ФМР композитных плёнок

Для исследований магнитных характеристик плёнки были разрезаны вдоль градиента концентрации металлической фазы на образцы размером  $2.5 \times 5$  мм. Магнитные характеристики образцов определены с помощью спектрометра РЭ 1306 на частоте переменного поля  $f_0 = 9.4$  ГГц.

График концентрационной зависимости ширины линии резонансного поглощения по полю приведён на рис. 4. Можно видеть, что ширина резонансной линии увеличивается при концентрации магнитной фазы  $f = 0.09 \div 0.12$ , затем монотонно уменьшается. Увеличение ширины линии до порога перколяции связано со случайным распределением гранул по объёму плёнки и разбросом гранул по размерам, приводящим к наличию различных локальных размагничивающих полей. Первый вклад можно оценить согласно работе [7]:

$$\Delta H_{por} = 1.5(4\pi M_s) \left( \frac{1-f}{f} \right), \quad (1)$$

где  $M_s$  — средняя намагниченность насыщения плёнки,  $f$  — объёмная концентрация металлической фазы.

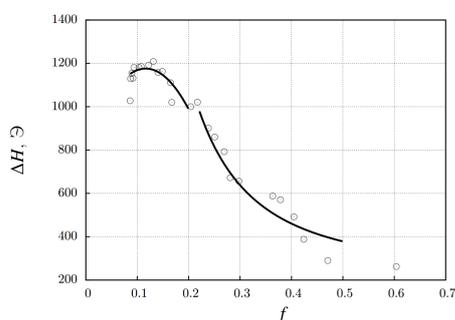


Рис. 4. Зависимость ширины линии ФМР от объёмной концентрации металлической фазы  $f$ .

Вклад (1) показан на рис. 4 кривой в области низких концентраций. Видно, что данная зависимость качественно согласуется с экспериментальными результатами. Аналогичные результаты получают для плёнок с низким содержанием магнитной фазы различных составов (напр., [8]).

Уменьшение ширины резонансной линии при концентрациях металлической фазы, превышающих порог перколяции, можно объяснить «обменным сужением» [9]. Так, в работе [10] в качестве критерия оценки ширины резонансной линии выбран её коэффициент эксцесса  $E_x$ . Для образца сферической формы степень остроты резонансного пика пропорциональна квадрату намагниченности:

$$E_x \simeq 0.12 \left( \frac{4\pi M_s}{H_{an}} \right)^2 - 3, \quad (2)$$

где  $M_s$  — намагниченность образца,  $H_{an}$  — поле наведённой анизотропии.

Можно видеть, что при  $4\pi M_s \gg H_{an}$ , т. е. при высоких концентрациях магнитной фазы имеет место сужение линии. Для учёта обменного взаимодействия необходимо добавить к правой части выражения (2) слагаемое, пропорциональное

$$\frac{1}{r_0} \left( \frac{\omega_{ex}}{\gamma H_{an}} \right)^2, \quad (3)$$

где  $r_0$  — средний размер зерна,  $\omega_{ex} = 2E_{ex}/\hbar$  — обменная частота,  $E_{ex}$  — энергия обменного взаимодействия.

Для расчёта ширины линии можно воспользоваться экспериментальной зависимостью ширины линии ФМР от удельного сопротивления и намагниченности плёнки, предложенной в работе [11]:

$$\Delta H \sim \frac{\rho_c}{M_s}, \quad (4)$$

где  $\rho_c$  — удельное сопротивление плёнки. График концентрационной зависимости ширины линии ФМР, рассчитанной данным методом изображён на рис. 4 кривой в области высоких концентраций.

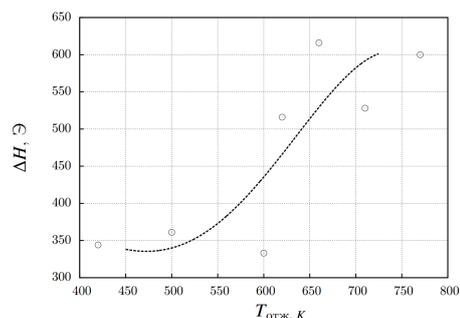


Рис. 5. Зависимость ширины линии ФМР от температуры отжига.

Была получена зависимость ширины резонансной линии от температуры отжига (рис. 5). Можно видеть, что при некоторой критической температуре ширина резонансной линии резко увеличивается. Это можно связать как со сплавлением частиц в крупные образования, при котором в объёме плёнки возникают частицы различной формы и с различными размагничивающими факторами, так и с кристаллизацией отдельных гранул. Наличие гранул с магнитокристаллической анизотропией в аморфных плёнках может оказывать сильное влияние на магнитные характеристики этих плёнок.

#### 4. Положение резонанса

Для теоретического расчёта резонансных полей используем модель Дубовика [12]. Пусть плоскость композитной плёнки совпадает с плоскостью  $x - y$ , подмагничивающее поле направлено вдоль оси  $z$  (рис. 6). Частицы, включённые в диэлектрическую матрицу, аппроксимируем эллипсоидами вращения с размагничивающими факторами  $\frac{N_x}{4\pi} = \frac{N_y}{4\pi} = N_{||}$  и  $\frac{N_z}{4\pi} = N_{\perp}$ . Значения размагничивающих факторов определяются по известным формулам Осборна [13] и данным, полученным из изображений АСМ плёнок.

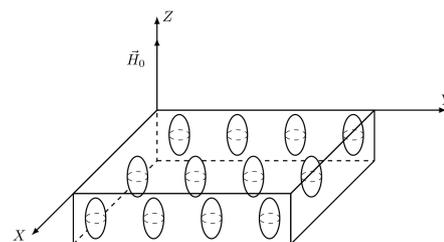


Рис. 6. Геометрия задачи.

Запишем свободную энергию ансамбля частиц в виде:

$$w = -\mathbf{M} \cdot \mathbf{H}_0 + \frac{1}{2} f^2 \mathbf{M} \mathbf{N}_{film} \mathbf{M} + \frac{1}{2} f(1-f) \mathbf{M} \mathbf{N}_{part} \mathbf{M}. \quad (5)$$

Для нахождения уравнения ферромагнитного резонанса для описанной геометрии задачи выберем в качестве полярной оси ось  $x$ . В этом случае свободную энергию ансамбля можно записать в виде:

$$w = -H_0 M_s f \sin \varphi \sin \vartheta + \frac{1}{2} M_s^2 f^2 \sin^2 \varphi \sin^2 \vartheta + \frac{1}{2} M_s^2 f(1-f) (N_{\parallel} (\sin^2 \vartheta \cos^2 \varphi + \cos^2 \vartheta) + N_{\perp} \sin^2 \varphi \sin^2 \vartheta). \quad (6)$$

Введём обозначение  $Q = (f - (1-f)(N_{\parallel} - N_{\perp}))$ , где  $f$  — объёмная концентрация металлической фазы в композите. Тогда условия равновесия вектора намагниченности запишутся следующим образом:

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}, \quad \sin \vartheta_0 = \frac{H_0}{4\pi M_s Q}, \quad (7)$$

если  $H_0 < 4\pi M_s Q$  и

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}, \quad \vartheta_0 = 0 \quad (8)$$

при  $H_0 \geq 4\pi M_s Q$ . По формуле Смита-Бельерса запишем уравнение резонанса:

$$\left(\frac{\omega_{res}}{\gamma}\right)^2 = H_0^2 (2f^2 + 3f + 1) - (4\pi M_s)^2 Q^2 (f^2 + f). \quad (9)$$

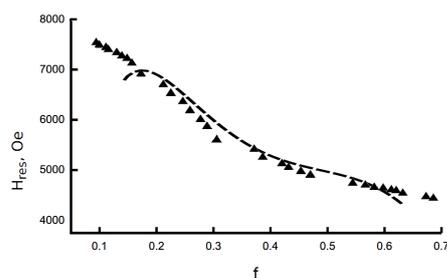


Рис. 7. Зависимость положения резонансной линии от объёмной концентрации металлической фазы  $f$ .

Сопоставим полученный теоретический результат с экспериментальными данными. Из рис. 7 можно видеть, что данная модель даёт удовлетворительный результат в диапазоне концентраций  $f = 0.2 \div 0.6$ . Расхождение теории и эксперимента в области низких концентраций связано с ограничением области применения модели, состоящим в том, что зависимость (5) адекватно описывает ансамбли одинаковых и регулярно расположенных частиц. В

реальных плёнках при низких концентрациях металла наблюдается значительный разброс размеров и формы частиц, а также случайное их расположение в объёме плёнок. При высоких концентрациях металла возможно образование сростков частиц сложной формы, что также остаётся за рамками описания данной модели.

## 5. Заключение

Методика применения данных о структуре аморфных плёнок для теоретического расчёта их высокочастотных магнитных характеристик может быть полезна для разработки способов получения композитных плёнок с заданными магнитными характеристиками.

Авторы выражают благодарность за предоставление композитных плёнок профессору Ю. Е. Калинин и д.ф.-м.н. А. В. Ситникову (Воронежский государственный технический университет), а также В. Н. Филиппову (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН) за определение химического состава и толщин плёнок.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-02-01401а).

## Литература

1. Kotov L.N., Turkov V.K., Vlasov V.S. et al. // JMMM. 2007. Vol. 316. No.2. P. e20.
2. Kotov L.N., Efimets Yu.Yu., Vlasov V.S. et al. // Advanced Materials Research. 2008. Vol. 47–50. P. 706.
3. Kotov L.N., Vlasov V.S., Turkov V.K. et al. // J. Nanoscience and Nanotechnology. 2012. Vol. 12. No. 2. P. 1696.
4. Ситников А.В. Электрические и магнитные свойства наногетерогенных систем металл-диэлектрик. Дис. докт. физ.-мат. наук. Воронеж: ВГТУ, 2010.
5. Kotov L.N., Turkov V.K., Vlasov V.S. et al. // Material Science and Engineering. 2006. Vol. 442. No. 1-2. P. 352.
6. Груднев С.А., Калинин Ю.Е., Ситников А.В., Стогней О.В. Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 352 с.
7. Buffler C.R. // J. Appl. Phys. 1959. Vol. 30. No. 4.
8. Guskos N. // J. Achiev. Materials Manufacturing Engineering. 2012. Vol. 54. No. 1.
9. Anderson P.W., Weiss P.R. // Rev. Mod. Phys. 1953. Vol. 25. No. 1.
10. Журавлёв В., Котюков Ю., Корогодов В. // Изв. ВУЗов. 1979. № 7.
11. Волошинский А.Н., Рыжанова Н.В., Туров Е.А. // Письма ЖЭТФ. 1976. Т. 23. № 5.
12. Dubowik J. // Phys. Rev. B. 1996. Vol. 54. No. 2.
13. Osborn J.A. // Phys. Rev. B. 1945. Vol. 67.

Статья поступила в редакцию 06.08.2013.

УДК 632.936.2+547.573

## **2-УНДЕЦИЛОКСИЭТАНОЛ-1 – АГРЕГАЦИОННЫЙ ФЕРОМОН ЧЕРНЫХ СОСНОВЫХ УСАЧЕЙ РОДА *MONOCHAMUS*: СИНТЕЗ И ИСПЫТАНИЯ**

Л.Л. ФРОЛОВА\*, Ю.А. КУКОЛЬЩИКОВА\*, А.В. КУЧИН\*, Н.В. ВЕНДИЛО\*\*

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

\*\*ФГУП Всесоюзный научно-исследовательский институт химических средств защиты растений (ВНИИХСЗР), г. Москва  
[frolova-ll@chemi.komisc.ru](mailto:frolova-ll@chemi.komisc.ru)

По реакции Вильямсона синтезирован 2-ундецилоксиэтанол-1 – агрегационный феромон жуков усачей рода *Monochamus*. Первые полевые испытания для привлечения черных сосновых усачей в ловушки, проведенные в Оренбургской области в национальном парке «Бузулукский бор» в 2012г., прошли успешно.

**Ключевые слова:** феромоны, сосновые усачи, 2-ундецилоксиэтанол-1, синтез, ловушки, мониторинг, испытания

L.L. FROLOVA, YU.A. KUKOL'SHCHIKOVA, A.V. KUTCHIN, N.V. VENDILO.  
**2-UNDECYLOXYETHANOL-1 - AGGREGATION PHEROMONE OF BLACK PINE BEETLES OF GENUS MONOCHAMUS: SYNTHESIS AND TESTING**

2-Undecyloxyethanol-1 - the aggregation pheromone of longhorn beetle of genus *Monochamus* - was synthesized by Williamson's reaction. First field tests to attract black pine beetles in the traps carried out in the national park "Buzuluksky Forest" of Orenburg region in 2012 were successful.

**Key words:** pheromones, pine longhorn, 2-undecyloxyethanol-1 synthesis, traps, monitoring, testing

Массовое размножение вредных насекомых ежегодно приводит к повреждению лесов и ослаблению насаждений. В итоге – снижение их продуктивности, нарушение целевых функций, порча древесины и нежелательные экологические последствия [1]. Эффективная защита леса от вредителей, локализация и ликвидация очагов их размножения возможны лишь при своевременном выявлении повреждений. Это определяется результативностью лесопатологического мониторинга, которая существенно повышается при использовании синтетических феромонов, или аттрактантов как аналогов природных веществ, привлекающих насекомых. Помещенные в специальные ловушки феромоны позволяют своевременно определить начало роста численности вредителя, что особенно важно для применения лесозащитных мер. Феромоны, применяемые в микродозах, экологически безопасны, так как являются природными веществами, которые быстро испаряются и не загрязняют окружающую среду. Кроме того, они не фитотоксичны и безопасны для всех объектов флоры и фауны. Ограничений к их применению нет. Как правило, феромоны воздействуют из-

бирательно на насекомых именно того вида, за которым осуществляется надзор.

Усачи, или дровосеки – разнообразное, широко распространенное и в практическом отношении важное семейство жесткокрылых, насчитывающее в мировой фауне более 20 тыс. видов. На территории бывшего Советского Союза известно около 890 видов, в фауне европейского Северо-Востока России – 69 [2]. В лесах России наиболее распространенными являются большой черный пихтовый (хвойный) усач (*Monochamus urusovi* Fisch.) и большой черный сосновый усач (*Monochamus galloprovincialis* Germ.) [3]. Первый наибольший вред приносит в лесах Сибири, Алтая и на Дальнем Востоке, размножаясь в огромных количествах в очагах сибирского шелкопряда и пихтовой пяденицы, на горях, а также на лесных складах и в местах лесозаготовок. В европейской части России этот вид широко распространен в северной части лесной зоны и сравнительно малочислен в ее южной части. В очагах сибирского шелкопряда большой усач в первую очередь заселяет пихту, затем ель, лиственницу и кедр. Большой хвойный черный

усач не только разрушает древесину, но и является очень опасным вредителем растущего леса. Первоначально жук-усач размножается в насаждениях, поврежденных сибирским шелкопрядом. После того, как популяция насекомых достигает высокой численности, усачи устремляются для дополнительного питания в соседние здоровые массивы леса и ослабляют их, подгрызая большую часть ветвей, которые усыхают. Поврежденные жуками насаждения теряют свою ценность для эксплуатации.

Черный сосновый усач (см. фото) является вредителем сосновых лесов в южной части лесной зоны, лесостепи и степной зоны европейской части России, ленточных боров Западной Сибири. Он размножается в очагах корневой губки, на гарях, на очагах хвоегрызущих насекомых, подкорного клопа, в ослабленных засухой сосняках, в местах лесозаготовок и на складах древесины, где заселяет лесоматериалы и крупные порубочные остатки. Жуки соснового усача светолюбивы и предпочитают изреженные, хорошо прогреваемые насаждения. Их лет начинается в середине июня и продолжается до сентября. Жуки дополнительно питаются тонкой корой веточек и побегов, что часто приводит к их высыханию.



Фото. Черный сосновый усач рода *Monochamus galloprovincialis* Germ.

Ранее было показано, что для мониторинга усачей можно использовать летучие вещества дерева-хозяина ( $\alpha$ - и  $\beta$ -пинены, 3-карен, терпинолен, мирцен) и компоненты феромонной композиции жуков рода *Ips* – ипсенол, ипсдиенол, 2-метил-3-бутен-2-ол, *цис*-вербенол (рисунок) [4, 5].

Совсем недавно было установлено, что 2-ундецилоксиэтанол-1 является продуцируемым зрелыми самцами агрегационным феромоном нескольких видов усачей рода *Monochamus* [6, 7]. Авторы показали, что синтетический 2-ундецилоксиэтанол-1 в сочетании с другими компонентами, представленными на рис. 1, можно использовать не только для контроля за численностью этих насекомых-вредителей, но и в условиях вспышки их массового размножения для отлова и уничтожения.

### Материал и методы

ГЖХ анализ (газо-жидкостная хроматография) проводили на хроматографе: SHUMADZU GC-2010AF, колонка HP1, детектор – пламенно-ионизационный, газ-носитель – гелий. ИК-спектры снимали в тонком слое на приборе “IR Prestige 21” фирмы Shimadzu. ЯМР-спектры регистрировали на приборе Bruker AVANCE-II-300, рабочая частота 300 МГц ( $^1\text{H}$ ) и 75 МГц ( $^{13}\text{C}$ ) в  $\text{CDCl}_3$  и  $\text{DMSO-d}_6$  с использованием стандартных импульсных программ фирмы Bruker для одно- и двумерных экспериментов.

Для колоночной хроматографии использовали силикагель 60 (70-230 меш) фирмы Alfa-Aesar. ТСХ (тонкослойная хроматография) выполняли на пластинках Сорбфил, элюенты: гексан, петролейный эфир-диэтиловый эфир, проявитель – 10%-ный раствор фосфорномолибденовой кислоты в этаноле.

**Синтез 2-ундецилоксиэтанола-1.** В трехгорлую колбу на 250 мл, снабженную холодильником, термометром, капельной воронкой, помещали раствор этиленгликоля (9.3 г или 8.4 мл, 0.15 моль) в 50 мл сухого диметилформамида (ДМФА). При перемешивании в токе инертного газа небольшими порциями в течение 30 мин добавляли 1.8 г (0.075 моль) гидрида натрия (NaH). Затем температуру повышали до 55-60 °С, при этом смесь превращалась в гелеобразную массу. После её охлаждения до комнатной температуры по каплям вводили ундецилбромид (7.05 г, 0.03 моль), далее температуру реакции повышали до 63-65 °С и перемешивали

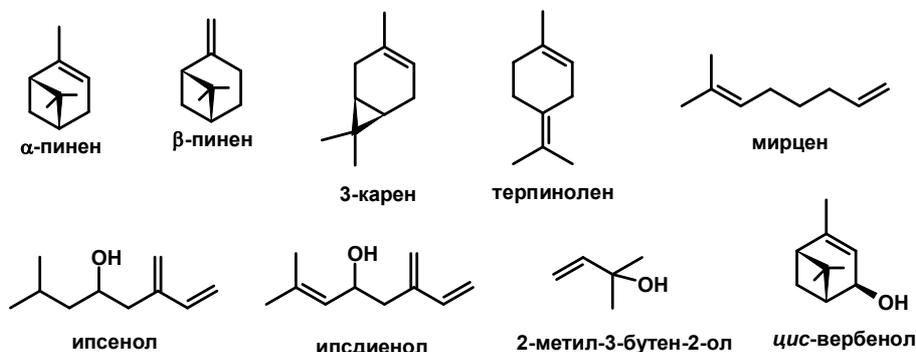


Рис.

5 ч (табл. 1, строка 3). После охлаждения смесь экстрагировали этилацетатом, промывали насыщенным раствором NaCl и сушили над MgSO<sub>4</sub>. После удаления растворителя выход продукта составил 6.68 г. Содержание веществ в смеси определяли методом ГЖХ. Колоночной хроматографией на SiO<sub>2</sub> сначала выделяли ундекан, непревращенный ундецилбромид (петролейный эфир), затем диэфир, производные диметилформамида, ундеканол и в последнюю очередь целевой продукт – 2-ундецидоксиэтанол-1, препаративный выход которого составил 38 %.

### Результаты исследований

Одним из методов синтеза простых эфиров является дегидратация спиртов в присутствии кислотных катализаторов, однако обычно таким образом получают симметричные эфиры [8]. Синтез простых эфиров можно осуществить раскрытием эпоксидов спиртами или алколюлят-ионами в присутствии кислотных или основных катализаторов или оксида алюминия [9]. Но наилучшим общим методом получения как симметричных, так и несимметричных эфиров до сих пор остается реакция

Таблица 1

Результаты синтеза 2-ундецилоксиэтанола-1

№	Мольное соотношение C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> Br:C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> :NaH	Т, °С	Время, ч	Конверсия, %	Содержание по ГЖХ, %				Селективность 1, %
					1	5	6	7	
1	1:2:0.7	65-66	4	60	29	8	13	3	48
2	1:5:2.5	61-63	6	90	35	33	10	2.5	39
3	1:5:2.5	63-65	5	90	41	29	10	2	45
4	1:5:3	69-70	7	88	43	25	14	3	49
5	1:7:3.5	69-71	4	80	41	13	19	3	51
6	1:5:2.5	20-25	7	76	45	11	< 5	3	59

Вильямсона, открытая в 1850 г. [10]. Этот метод заключается в обработке алкилгалогенида алколюлят-ионами, полученными из спирта. Для получения алколюлятов чаще всего используют металлический натрий или гидрид натрия. Синтез эфиров можно осуществить взаимодействием галогенида

**2-Ундецилоксиэтанол-1 (1):** ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3423 (ОН), 2924, 2854, 1462, 1371, 1360, 1122 (С-О-С), 1066 (С-О-С), 891, 721. ЯМР <sup>1</sup>H (300 МГц,  $\delta$ ): 0.87 (т, CH<sub>3</sub>), 1.26 (16H, м), 1.49 (м, CH<sub>2</sub>), 3.38 (4H, м, O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O), 3.49 (2H, к, CH<sub>2</sub>-O), 4.56 (т, ОН). ЯМР <sup>13</sup>C (75 МГц,  $\delta$ ): 72.5 (C1), 70.8 (C2), 60.7 (C1), 31.9 (C2), 29.8 (C3), 29.5, 29.5, 29.4, 29.2, 29.1 (C4-C8), 26.1 (C9), 22.6 (C10), 14.4 (C11).

**Ундециловый спирт (6):** ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3336 (ОН), 2924, 2854, 1462, 1377, 1057, 721. ЯМР <sup>1</sup>H (300 МГц,  $\delta$ ): 0.91 (т, CH<sub>3</sub>), 1.29 (16H, м), 1.6 (2H, м), 3.66 (т, CH<sub>2</sub>-ОН). ЯМР <sup>13</sup>C (75 МГц,  $\delta$ ): 63.1 (C11), 32.8 (C10), 31.9 (C9), 29.6-29.3 (C8-C4), 25,75 (C3), 22.7 (C2), 14.1 (C1).

**Ундекан (7):** ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 2954, 2924, 2854, 1460, 1375, 908.

**N,N-Диундецилформамид (8):** ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 2926, 2854, 1730(C=O), 1462, 1176, 1120(C-O-C), 723. ЯМР <sup>1</sup>H (300 МГц,  $\delta$ ): 0.85 (т, CH<sub>3</sub>, 6.5 Гц), 1.24 (32H, м), 1.58 (4H, м), 4.08 (т, CH<sub>2</sub>, 6.5 Гц), 8.2 (с). ЯМР <sup>13</sup>C (75 МГц,  $\delta$ ): 162.7 (C14), 63.9 (C11), 31.7-28.5 (C4-C10), 25.7 (C3), 22.5 (C2), 14.4 (C1).

**N,N-Бис-(2-ундецилоксиэтил)-формамид (9):** ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 2926, 2854, 1730(C=O), 1460, 1379, 1355, 1180, 1126(C-O-C), 837, 723. ЯМР <sup>1</sup>H (300 МГц,  $\delta$ ): 0.85 (т, CH<sub>3</sub>, 6.5 Гц), 1.23 (32H, м), 1.45 (4H, м), 3.38 (т, CH<sub>2</sub>, 6.5 Гц), 3.56 (т, CH<sub>2</sub>, 5 Гц), 4.2 (т, CH<sub>2</sub>, 5 Гц), 8.2 (с). ЯМР <sup>13</sup>C (75 МГц,  $\delta$ ): 162.7 (C14), 70.7 (C11), 68.2 (C12), 63.3 (C13), 31.7 (C9), 29.5-29.1 (C4-C8,C10), 26 (C3), 22.5 (C2), 14.4 (C1).

да и спирта с твердым КОН в диметилсульфоксиде, а также при использовании межфазного катализа [11]. Так, в работе [12] предложено использование 50%-ного водного раствора гидроксида натрия и тетрабутиламмоний бисульфата (ТВАВ) в качестве катализатора межфазного переноса для получения простых эфиров с выходом выше 90%. Авторами работы показано [13], что несимметричные простые эфиры олигоэтиленгликолей с выходом 70-90% можно синтезировать взаимодействием алкилхлоридов или алкилбромидов с 5-10-кратным избытком соответствующего гликоля в 50%-ном водном растворе NaOH при температуре 100 °С в течение 24 ч.

Синтез гидроксиэфира (1) проводили двумя методами: а) взаимодействием ундеканола-1 (2) с этиленгликолем (3) при кипячении в толуоле в присутствии пара-толуолсульфокислоты (pTsOH) [14], но реакция не прошла ни за 3, ни за 10 ч. (схема 1); б) по реакции Вильямсона – взаимодействием 1-бромундекана (4) с алколюлятом, полученным из этиленгликоля (3) и NaH в среде ДМФА в различных условиях. Результаты экспериментов приведены в табл. 1. Основными продуктами реакции являются моно- (1) и диэфир этиленгликоля (5), ундеканол-1 (6), образующийся, вероятно, в результате гидролиза исходного бромида. В качестве побочных минорных продуктов обнаружены унде-

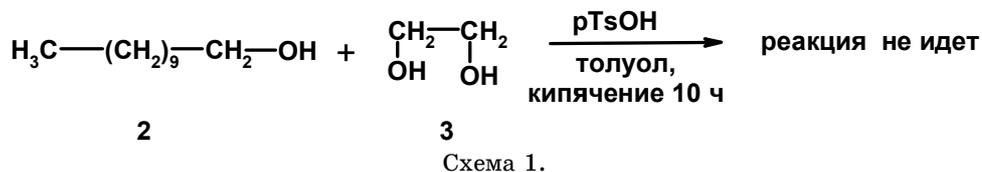


Схема 1.



вым усачом, а также свежего сухостоя и усыхающих деревьев сосны, заселенных этим вредителем. Испытания проводились с 21.06.2012 по 22.08.2012 г. Лёт черного соснового усача на момент установки ловушек уже начался, пик лёта пришелся на конец июня. В 2012 г. в связи со вспышкой массового размножения лёта усача был очень интенсивный практически в течение всего лета. Учеты имаго черного соснового усача и прочих видов насекомых, попавших в ловушки в первое время, проводили два раза в неделю, с середины июля – один раз в неделю. На каждом участке вывешено по 20 пластиковых ловушек. В стаканы для сбора жуков помещена инсектицидная пластина. Черный сосновый усач привлекался в феромонные ловушки в больших количествах: всего 14 790 особей (табл. 2).

### Заключение

Результаты исследований и изучения возможности применения веществ, привлекающих усачей рода *Monochamus*, указывают на перспективы использования смеси 2-ундецилоксиэтанола-1 с компонентами феромонов короедов рода *Ips* и с летучими веществами дерева-хозяина для мониторинга усачей и массового вылова их в ловушки. Испытания сезона 2013 г. будут проведены в других регионах России и направлены на уменьшение количества диспенсеров в ловушке с целью облегчения практического применения феромонных ловушек для мониторинга черного соснового усача.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ОХНМ РАН №5, грант 12-Т-3-1004.*

Таблица 2

**Результаты отлова соснового усача в феромонные ловушки на двух участках испытаний по датам учета**

№ УПН	Количество черного соснового усача по датам учёта, шт.													Всего
	22.06	25.06	28.06	02.07	05.07	09.07	13.07	19.07	25.07	01.08	08.08	15.08	22.08	
1	426	400	1405	479	415	650	366	836	563	544	496	399	480	7459
2	-	555	1439	360	424	552	383	767	564	573	594	570	550	7331
1+2	426	955	2844	839	839	1202	749	1603	1127	1117	1090	969	1030	14790

Таблица 3

**Результаты испытания разных вариантов привлекающих смесей в национальном парке «Бузулукский бор»**

Варианты Участки	№ 1.			№ 2.			№ 3.			№ 4.		
	№ 1	№ 2	Всего									
Кол-во жуков, шт.	1369	1206	2576	2348	2114	4462	1413	1568	2981	2329	2443	4772
Самцы, шт.	350	317	667	704	605	1309	370	455	825	669	693	1362
Самки, шт.	1019	890	1909	1644	1509	3153	1043	1113	2156	1660	1750	3410
Среднее, шт./лов.			257			446			298			477

Были испытаны в разных комбинациях четыре варианта смесей, состоящих из α-пинена, 2-метил-3-бутен-2-ола, аналога ипсдиенола, цис-вербенола, ипсенола, этанола и 2-ундецилоксиэтанола. Все варианты составов показали хорошие результаты (табл. 3). Наиболее эффективными были варианты №4 и №2, которые привлекали усачей приблизительно в 1,5-2 раза эффективнее, чем варианты №1 и №3. Количество самок соснового усача в ловушках практически всегда превышало количество самцов. Соотношение это не имеет какой-то постоянной величины. Вероятно, самки более чувствительны к испытанным аттрактивным смесям.

### Литература

1. *Методические рекомендации по применению новых феромонов вредителей леса для ведения лесопатологического мониторинга* Утверждены приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 04.05.2010 №177, г. Москва 2010.
2. *Татарина А.Ф., Никитский Н.Б., Долгин М.М.* Усачи, или Дровосеки (*Coleoptera, Cerambycidae*). Фауна европейского Северо-Востока России. Усачи. Т. VIII, ч.2. СПб.: Наука, 2007. 301 с.
3. *Исаев А.С., Рожков А.С., Киселев В.В.* Черный пихтовый усач *Monochamus urusovi* (Fish.). Новосибирск: Наука, 1988. 270 с.

4. *Fan J., Kang L., Sun J.* Role of host volatiles in mate location by the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) // Environ. Entomol. 2007. Vol. 36. P. 58–63.
5. *Allison J.D., Borden J.H., McIntosh R.L., et al.* Kairomonal response by four *Monochamus* species (Coleoptera: Cerambycidae) to bark beetle pheromones // J. Chem. Ecol., 2001. Vol. 27. P. 633–646.
6. *Pajares J., Blvarez G., Ibeas F., et al.* Identification and Field Activity of a Male-Produced Aggregation Pheromone in the Pine Sawyer Beetle, *Monochamus galloprovincialis* // J. Chem. Ecol., 2010. Vol. 36. №6. P. 570–583.
7. *Macias-Samano J.E., Wakarchuk D., Millar J.G., Hanks L.M.* 2-Undecyloxy-1-ethanol in combination with other semiochemicals attracts three *Monochamus* species (Coleoptera: Cerambycidae) in British Columbia, Canada // Canad. Entomol., 2012. Vol. 144, № 6. P. 764–768.
8. *Дж. Марч* Органическая химия. Т. 2. М.: Мир, 1987. С. 123.
9. *Posner G., Rogers D.* Organic reactions at alumina surfaces. Mild and selective opening of epoxides by alcohols, thiols, benzeneselenol, amines, and acetic acid // J. Am. Chem. Soc., 1977. Vol. 99, №25. P. 8208–8214.
10. *Химическая энциклопедия.* Т. 1. М.: Советская энциклопедия, 1988. С. 367–368.
11. *Johnstone R., Rose M.* A rapid, simple, and mild procedure for alkylation of phenols, alcohols, amides and acids // Tetrahedron, 1979. Vol. 35. №18. P. 2169–2173.
12. *Freedman H.H., Dubois R.A.* An improved Williamson ether synthesis using phase transfer catalysis // Tetrahedron Letters, 1975. Vol. 16. №38. P. 3251–3254.
13. *Gibson T.* Phase-transfer synthesis of monoalkyl ethers of oligoethylene glycols // J. Org. Chem., 1980. Vol. 45, 6. P. 1095–1098.
14. *Gonnissen P., Voorspoels M.* Fosfluconazole derivatives, synthesis, and use in long acting formulations//WO2010105910 A1, 23/09/2010.
15. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Бузулукский бор](http://ru.wikipedia.org/wiki/Бузулукский_бор)
16. <http://www.buzulukskiybor.ru/>

Статья поступила в редакцию 14.06.2013.

УДК 661.432:541.13

## КИНЕТИКА РЕАКЦИИ ДИОКСИДА ХЛОРА С ОСТАТОЧНЫМ ЛИГНИНОМ ЛИСТВЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

И.В. ЛИПИН, В.А. ДЕМИН\*

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

*\*Сыктывкарский лесной институт, г. Сыктывкар*

*[Lipin001@mail.ru](mailto:Lipin001@mail.ru)*

Определены кинетические параметры реакции диоксида хлора с остаточным лигнином различных целлюлоз после обработки на производстве – константы скоростей расщепления  $\text{ClO}_2$  в водной суспензии сульфатной целлюлозы по реакциям первого и второго порядков. Установлено, что по мере делигнификации лиственной сульфатной целлюлозы реакционная способность остаточного лигнина по отношению к  $\text{ClO}_2$  уменьшается.

**Ключевые слова:** потенциометрия, окислительно-восстановительный потенциал, сульфатная целлюлоза, остаточный лигнин, диоксид хлора, кинетика реакции

### I.V. LIPIN, V.A. DEMIN. KINETICS OF REACTION OF CHLORINE DIOXIDE WITH RESIDUAL LIGNIN OF HARDWOOD SULPHATE PULP

The kinetic parameters of the reaction of chlorine dioxide with residual lignin pulps after industrial processing -  $\text{ClO}_2$  flow rate constants in aqueous suspension of sulphate cellulose on reactions of the first and second order – are defined. It is established that with delignification of hardwood kraft pulp lignin the reactivity of residual lignin against  $\text{ClO}_2$  decreases.

**Key words:** potentiometry, redox potential, sulphate pulp, residual lignin, chlorine dioxide, reaction kinetics

Основным методом изучения реакционной способности лигнина, в том числе кинетических параметров процессов варки и отбелки, является метод, основанный на определении содержания лигнина в лигноцеллюлозных материалах после окислительных обработок, проводимый, как правило, по кинетическим моделям первого порядка. При этом собственно определение изменений содержания лигнина при отбелке целлюлозы возможно только косвенными методами с довольно большими погрешностями и допусками.

Представляется интересным и актуальным оценить кинетику процесса делигнификации с использованием современной приборной базы на основе прямых потенциометрических измерений величин, связанных с концентрацией растворов диоксида хлора.

Предлагаемый в данной работе метод потенциометрии позволяет изучать целый комплекс гетерогенных реакций лигнина с кислородными соединениями хлора как на основе их прямой потенциометрии, так и с элементами формально-кинетического подхода для изучения и расчета реакций второго порядка.

**Цель работы.** Оработать методику определения кинетических параметров реакции диоксида хлора с остаточным лигнином – констант скоростей расщепления  $\text{ClO}_2$  в водной суспензии сульфатной целлюлозы по реакциям первого и второго порядков.

### Материал и методы

Исходным сырьем служила лиственная сульфатная небеленая целлюлоза, отобранная после варки, а также после кислородно-щелочной обработки (КЩО) с ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК».

Образцы лиственной сульфатной небеленой целлюлозы были дополнительно промыты и декантированы. Навеску воздушно сухой целлюлозы ( $k_{\text{сух}} = 0,950$ ) массой  $0,1000 \pm 0,5000$  г, взвешенной с точностью до  $\pm 0,0001$  г, смачивали водой, размешивали до однородной массы, помещали в установку с притертой крышкой вместимостью  $150 \text{ см}^3$  и перемешивали суспензию целлюлозы до полного ее роспуска на магнитной мешалке, затем добавляли воду до общего объема  $100 \text{ см}^3$  и закрепляли измерительные электроды. В работе использованы многоканальный прибор «Мультитест ИПЛ-103» и компьютерная программа, позволяющая одновременно накапливать в виртуальном журнале данные по температуре, pH и величине окислительно-восстановительного потенциала (ОВП)  $\phi$  с интервалом в 1 с. [1].

Основные условия опытов I серии и расчетные данные для образца лиственной сульфатной небеленой целлюлозы с жесткостью 15,9 ед. Каппа приведены в табл. 1. Опыты 1 и 2 являются параллельными. Для расчета концентрации остаточного

Таблица 1

Условия опытов I серии и расчетные данные

№ опыта	Масса навески лиственной сульфатной небеленой целлюлозы, г в.с.ц	Расчетная начальная концентрация остаточного лигнина в растворе
1,2	0,1501	$1,86 \cdot 10^{-4}$ М
3	0,2002	$2,47 \cdot 10^{-4}$ М
4	0,2500	$3,07 \cdot 10^{-4}$ М

Примечание: T = 23,0 °C. Перед проведением опытов исходный раствор ClO<sub>2</sub> разбавляли в 10 раз (9:1) и дозировали микропипеткой по 0,60 мл. Концентрация диоксида хлора в растворе для всех опытов составляла  $6,3 \times 10^{-5}$  М.

лигнина использованы следующие принятые в химии древесины допущения: коэффициент перевода числа Каппа в процентное содержание лигнина для сульфатных целлюлоз равен 0,15, среднечисловая молекулярная масса фенолпропановой единицы – 182,5 г/моль [2].

Известно, что с изменением величины pH водных растворов диоксида хлора изменяется величина ОВП (рис. 1) [3].

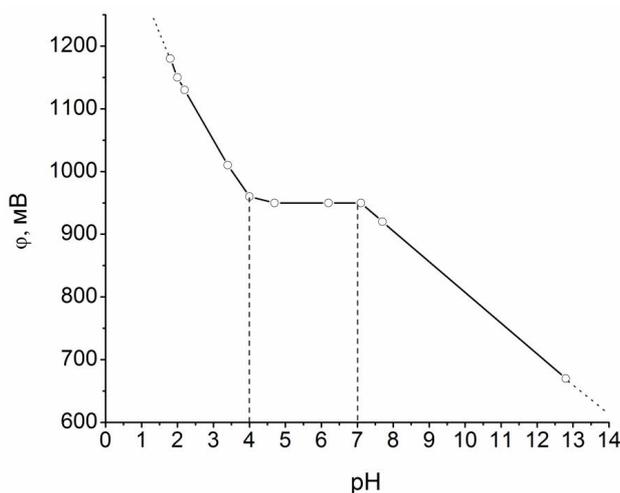


Рис. 1. Зависимость φ от pH в растворе диоксида хлора. Значения потенциала приведены относительно нормального водородного электрода.

Потенциал пары ClO<sub>2</sub>/ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> в интервале pH 4-7 не изменяется (рис. 1), и таким образом, для одноэлектронного перехода уравнение Нернста имеет вид [4]:

$$\varphi = \varphi_{ClO_2 / ClO_2^-}^0 + RT \cdot \ln \frac{a_{ClO_2}}{a_{ClO_2^-}}$$

Следовательно, величина потенциала в данном случае может быть использована для оценки константы скорости реакции первого порядка по тангенсу наклона графика «φ – τ».

**Результаты и обсуждение**

В экспериментальной части работы проведено изучение изменений величины ОВП на платиновом индикаторном электроде относительно хлорсе-

ребряного электрода в процессе обработки лиственной сульфатной небеленой целлюлозы диоксидом хлора.

Общий вид кривой ОВП, снятой при обработке суспензии лиственной сульфатной небеленой целлюлозы диоксидом хлора, приведен на рис. 2. Наблюдаемые в некоторых опытах в начальные мгновения более высокие начальные значения φ можно объяснить наличием в растворе незначительного количества молекулярного хлора, всегда присутствующего в промышленных растворах диоксида хлора. Нормальный потенциал редокс пары Cl<sub>2</sub>/2Cl<sup>-</sup> существенно выше. В силу малого количества примеси молекулярного хлора он расходуется практически сразу же, а диоксид хлора сравнительно медленно, и соответствующие потенциалу пары «диоксид хлора – хлорит-ион» линейные участки легко выделить на экспериментальной кривой в области +680÷740 мВ (отн. хлорсеребряного электрода).

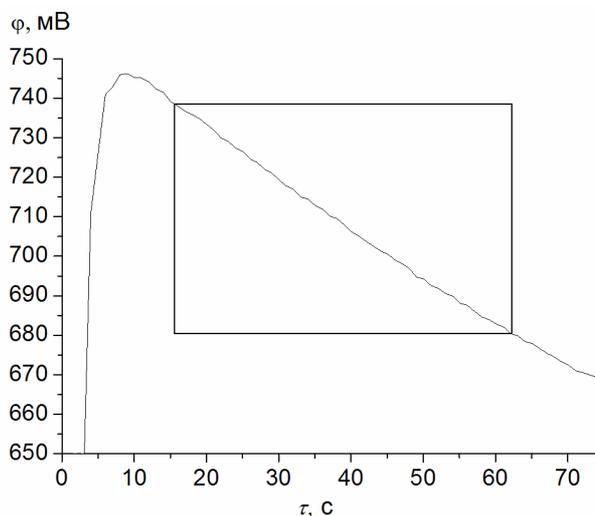


Рис. 2. Общий вид кривой φ, снятой при обработке суспензии лиственной сульфатной целлюлозы диоксидом хлора при 23,0 °C.

Линейный участок зависимости φ от времени – это полулогарифмическая анаморфоза кинетической кривой расходования диоксида хлора, поскольку величина ОВП прямо пропорциональна натуральному логарифму концентрации диоксида хлора. Тангенс угла является константой скорости реакции первого порядка по диоксиду хлора. Аппроксимация участков 740÷660 мВ кривой «φ – τ» уравнением прямой типа Y = A + Bx во всех опытах характеризуется очень высоким коэффициентом корреляции – около 0,999. С помощью метода наименьших квадратов, рассчитываем значения коэффициентов уравнения линеаризации, погрешность: A±ΔA, -B±ΔB, величину k<sub>эфф(1)</sub>, с<sup>-1</sup> (табл. 2). В зависимости от скорости падения ОВП, т.е. скорости расходования диоксида хлора, для статистической обработки взято различное количество точек измерений (рис. 3). Данные, полученные в 1 и 2 опытах, на рис. 3 были усреднены и представлены одной кривой.

Таблица 2

**Результаты статистической обработки  
потенциметрических измерений**

№	Участок линеаризации		A	±ΔA	-B = $k_{эфф(I)}$ $c^{-1}$	±ΔB
	φ <sub>н</sub> , мВ	φ <sub>к</sub> , мВ				
1	720	680	720,1	0,1	0,35	0,01
2	721	693	721,1	0,1	0,36	0,01
3	726	669	726,3	0,2	0,98	0,01
4	725	662	725,4	0,3	1,82	0,01

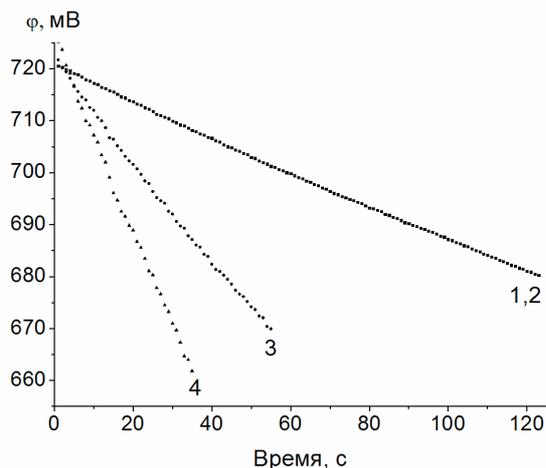


Рис. 3. Экспериментальные точки на линейных участках кривой φ (до статистической обработки). Номера 1-4 – в соответствии с табл. 1.

Как видно из табл. 2, значения эффективных констант скорости первого порядка  $k_{эфф(I)}$  находятся в диапазоне от 0,33 до 1,82  $c^{-1}$ .

Уравнение скорости реакции диоксида хлора с лигнином L:

$$V = k_{эфф(II)} \cdot [ClO_2] \cdot [L],$$

где  $k_{эфф(II)}$  – константа скорости реакции второго порядка.

В этом уравнении два реагента и предварительная литературная и экспериментальная информация позволяют считать, что реакция имеет второй порядок, поскольку процесс делигнификации в отдельности по лигнину и диоксиду хлора протекает по первому порядку, что суммарно по двум компонентам дает второй порядок [5].

При изучении кинетики реакций второго порядка один из реагентов берут в большом избытке и экспериментально получают значения эффективных констант первого порядка  $k_{эфф(I)}$  [6]. При этом в константу  $k_{эфф(I)}$  входит начальная концентрация избыточного реагента  $[L_0]$ :

$$k_{эфф(I)} = k_{эфф(II)} \cdot [L_0].$$

Путем варьирования этой начальной концентрации остаточного лигнина (за счет изменения концентрации суспензии небеленой сульфатной целлюлозы) была найдена зависимость  $k_{эфф(I)}$  от  $[L_0]$  и по тангенсу угла наклона рассчитано значение константы второго порядка (рис. 4).

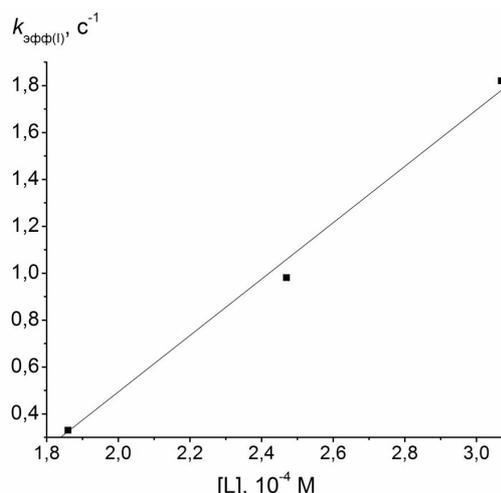


Рис. 4. Зависимость эффективной константы первого порядка  $k_{эфф(I)}$  от концентрации остаточного лигнина  $[L]$  в суспензии целлюлозы.

$$k_{эфф(I)} = A_0 + k_{эфф(II)} \cdot [L] = -(2,0 \pm 0,2) + (12270,9 \pm \pm 656,0) c^{-1}$$

$$k_{эфф(II)} \approx 12250 \pm 650 M^{-1}c^{-1}.$$

Аналогичным образом была проведена статистическая обработка экспериментальных данных, полученных при поглощении диоксида хлора остаточным лигнином сульфатных целлюлоз после варки жесткостью 14,6 и 17,0 ед. K, а также сульфатной целлюлозы после КЩО жесткостью 8,5 ед. K (табл. 3).

Таблица 3

**Значения константы скорости второго порядка для разных образцов целлюлозы**

№	Жесткость лиственной сульфатной целлюлозы, ед. K	$k_{эфф(II)}, M^{-1}c^{-1}$	R
I	15,9	12250 ± 650	0,997
II	17,0	12700 ± 450	0,997
III	14,6	10350 ± 300	0,998
IV	8,5	7250 ± 350	0,998

Примечание: образцы 1-3 – после варки, 4 – после КЩО

На рис. 5 представлены зависимости эффективной константы первого порядка  $k_{эфф(I)}$  от концентрации остаточного лигнина в суспензии целлюлозы для всех обработанных образцов.

На основании проведенных исследований можно заключить следующее. Установлено, что по мере уменьшения содержания остаточного лигнина в лиственной сульфатной целлюлозе его реакционная способность по отношению к  $ClO_2$  снижается. Путем варьирования концентрации остаточного лигнина, взятого в большом избытке относительно диоксида хлора, по значениям эффективных констант первого порядка определены значения констант второго порядка  $v = k_{эфф(II)} \cdot [L]$ , которые для

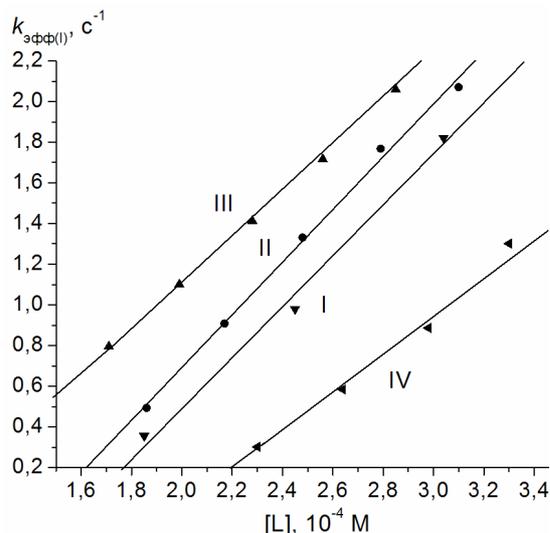


Рис. 5. Зависимости эффективной константы первого порядка  $k_{\text{эфф(I)}}$  от концентрации остаточного лигнина в суспензии целлюлозы для обработанных образцов (номера соотв. табл.3)

реакции  $\text{ClO}_2$  с остаточным лигнином целлюлозы, отобранной после сульфатной варки, находятся в пределах  $10350 \pm 12700 \pm 650 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  и существенно убывают по мере снижения содержания лигнина в небеленой целлюлозе, после КЩО до  $7250 \pm 350 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ .

### Выводы

1. Исследование изменений величины потенциала окислительно-восстановительной пары  $\text{ClO}_2/\text{ClO}_2^-$  позволяет определить значения частной константы скорости первого порядка (по диоксиду хлора) для процесса окисления остаточного лигнина, т.е. количественно охарактеризовать реакционную способность остаточного лигнина сульфатной целлюлозы.
2. Определены значения констант второго порядка для реакции  $\text{ClO}_2$  с остаточным лигнином целлюлозы после сульфатной варки и после КЩО.
3. Установлено, что по мере делигнификации лиственной сульфатной целлюлозы реакционная способность остаточного лигнина по отношению к  $\text{ClO}_2$  уменьшается.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН «Создание и совершенствование методов химического анализа и исследования структуры веществ и материалов» (проект №12-П-3-1024).

### Литература

1. *Липин И.В.* Кинетика гипохлоритного окисления остаточного лигнина // Лесной журнал. 2012. №1. С. 103–106.
2. *Карманов А.П.* Самоорганизация и структурная организация лигнина. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 269 с.
3. *Туманова Т.А.* Физико-химические основы отбелки целлюлозы. М.: Лесн. пром., 1984. 216 с.
4. *Флис И.Е.* Электрохимия окислительно-восстановительных процессов в отбельных растворах и в некоторых других системах // Труды ЛТИ ЦБП. Ленинград: ЛТИ ЦБП, 1964. Вып. XII. С. 50–64.
5. *Удоротина Е.В., Демин В.А.* Исследование полихронной кинетики процесса делигнификации сульфатной целлюлозы в среде водного диоксана // Тез. докл. 21-го Всероссийского симпозиума молодых ученых по химической кинетике. М.: МГУ, 2003. С.25.
6. *Горбачев С.В.* Практикум по физической химии. М.: Высшая школа. 1974. 496 с.

Статья поступила в редакцию 21.10.2013.

УДК 582.931: 631.529 (470.13)

## **ИНТРОДУКЦИЯ ВИДОВ РОДА СИРЕНЬ (SYRINGA L.) В УСЛОВИЯХ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

**Л.Г. МАРТЫНОВ**

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

Дана оценка успешности интродукции семи видов и двух гибридных форм сиреней в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра УрО РАН, уточнена их ботаническая принадлежность. Выявлены особенности роста и развития корнесобственных сортов сирени обыкновенной.

**Ключевые слова:** интродукция, ботанический сад, виды сирени, сорта сирени обыкновенной, фенологические фазы

### **L.G. MARTYNOV. INTRODUCTION OF SPECIES OF SYRINGA L. GENUS IN THE BOTANICAL GARDEN (MIDDLE TAIGA SUBZONE)**

Introduction of seven species and two hybrid forms of *Syringa* genus were estimated in the Botanical Garden of the Institute of Biology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS. Their botanical properties were specified. The peculiarities of growth and development of *Syringa vulgaris* cultivars were revealed.

**Key words:** introduction, Botanical Garden, lilac species, varieties of *Syringa vulgaris*, phenological phases

Местная флора не отличается богатством видового разнообразия древесных растений и не может обеспечить в Республике Коми зеленое строительство высокодекоративными видами. За всю историю интродукционной деятельности Ботанического сада Института биологии с 1936 г. в озеленение населенных мест в широком масштабе удалось внедрить из других флор не более 10 видов древесных растений. Установлено, что растения, обладающие высокими декоративными качествами, как правило, более требовательны к условиям культуры. К числу самых распространенных в озеленении видов относится сирень венгерская родом из Западной Европы. Благодаря исключительной зимостойкости, красоте цветения и легкости размножения, сирень венгерская успешно культивируется в районах Крайнего Севера.

Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН расположен в подзоне средней тайги близ Сыктывкара, где наиболее благоприятные условия для произрастания многих видов древесных растений инорайонной флоры [1]. В настоящее время в коллекции сада насчитывается около 700 таксонов древесных растений. Основу коллекции составляют растения порядка 300 наименований, возраст которых исчисляется десятками лет. Сбор таксонов основной коллекции был проведен ученым-ботаником М.М. Чарочкиным. Среди растений основной коллекции особое место занимает род *Syringa* L.,

насчитывающий после ботанической проверки шесть видов. За последние 15 лет род был пополнен еще рядом таксонов, однако достоверность многих из них вызывает сомнение. В течение длительного периода наблюдений за видами сирени выявлены особенности их роста и развития, наиболее устойчивые рекомендованы для практического использования [2–6].

#### **Материалы наблюдений**

При изучении сиреней особые трудности вызывают определение и уточнение ботанической принадлежности видов и устойчивых гибридов, относящихся к секции «Волосистые сирени»: сирени венгерская, Вольфа, Комарова, волосистая, Звегинцова, Генри, Престон. Известно, что близкие по родству сирени легко гибридизируются между собой. Присылаемые по делектусам семена уже оказываются «не чистосортными» и выращенные из таких семян растения получают гибридными. При уточнении видовой принадлежности сиреней этой секции нами использованы источники [7–12]. Результаты интродукции приведены для девяти видов и форм, а также некоторых сортов сирени обыкновенной, прошедших длительный (более 30 лет) и сравнительно небольшой (не менее восьми лет) сроки изучения. Оценка роста, развития и зимостойкости видов и сортов сирени проведены по общепринятым методам, используемых в ботанических садах при изучении древесных растений [13].

## Результаты наблюдений

**Сирень амурская** (*Syringa amurensis* Rupr.). Относится к секции «Трескуны». Старое название – трескун амурский. Родина – Дальний Восток, Восточная Азия. Дерево до 20 м высотой. В ботаническом саду представлена тремя образцами. Впервые сирень амурская в количестве двух экземпляров была выращена в 1939 г. из семян, полученных из Владивостока, затем с помощью корневой поросли размножена. За 25 лет высота дерева этого образца составила 3,1 м, у одного растения отмечалось цветение, но оно было слабым (по два соцветия) и не ежегодным [4]. Впервые массовое цветение у сирени амурской наблюдалось в 1977 г. после того, когда растение было освобождено от стоящих рядом деревьев и стало получать достаточное освещение. Отмечалась низкая завязываемость плодов. В 40 лет растение имело высоту 4,5 м, ширину кроны 3,0 м и диаметр ствола 12 см. Сирень амурская начинает вегетировать в очень ранние сроки – 1.V (22.IV–8.V) (здесь и далее приведены средние даты наступления фазы, в скобках – крайние даты ее наступления). Рост побегов наблюдается с 5.V (28.IV–12.V) по 20.VI (15.VI–28.VI), продолжительность роста в среднем составляет 45 дней. Длина прироста побегов может колебаться от 16 до 36 см. Окончание вегетации проходит также в ранние сроки – с конца сентября по первую половину октября. При этом листья опадают быстро, имея лимонно-желтую окраску. В ботаническом саду сирень амурская оказалась исключительно выносливым дальневосточным видом, практически без повреждений выносит морозы до минус 52°C. Существенным недостатком вида является подверженность растений низким температурам в весенний период из-за раннего его развития. В последние 10–15 лет у сирени амурской весной почти ежегодно наблюдается обмерзание однолетних приростов, отдельные годы (весна 2010 г.) и более старых побегов; растения в высоту развиваются медленно. Так, в возрасте 60 лет дерево исходного образца имеет высоту 3,2 м, т.е. за последние годы высота растения не увеличилась, а несколько снизилась. По этой причине цветение данного вида происходит редко, последний раз оно наблюдалось в 2005 г. Сирень амурская отличается поздними сроками цветения – с 28.VI (22.VI–8.VII) по 8.VII (3.VII–15.VII), что выделяет ее среди других видов. Продолжительность цветения составляет в среднем 10 дней. Цветки мелкие, 5–8 мм в диаметре, белокремовой окраски с тончайшим ароматом, собраны они в широкие разветвленные метелки длиной до 28 см (фото 1). В период цветения растения ис-

ключительно декоративны. Плодоношение отмечается в сентябре. У данного образца плоды по неизвестным причинам завязываются слабо. На одном соцветии насчитывается не более 10 шт. плодов. Длина плода-коробочки равна 1,45 см, ширина – 0,4 см. В каждой коробочке образуется по два семени. Семена имеют низкую всхожесть, не более 10% [14].

Другой образец сирени амурской, поступивший в ботанический сад в 1978 г. саженцами из Барнаула (НИИ садоводства Сибири), отличается более крупными размерами растений и их частей. Например, размеры плодов в 1,3 раза превышают размеры плодов растений предыдущего образца. Завязываемость плодов очень высокая. Семена имеют почти 100%-ную всхожесть. Однако цветение и плодоношение обоих образцов происходит не каждый год по причине гибели во время похолодания генеративных почек в фазе набухания. Семенами местной репродукции удалось вырастить большое количество саженцев (третий образец) и распространить в культуру. Сроки прохождения фенологических фаз и зимостойкость растений всех трех образцов полностью совпадают. Биологической особенностью вида является свойство образовывать в большом количестве корневую поросль на далеком расстоянии от маточного куста, что затрудняет уход за растениями.

**Сирень венгерская** (*Syringa josikaea* Jacq. ex Rheb.). В естественном виде встречается в Западной Европе. Крупный кустарник или небольшое дерево высотой до 5 м. В дендрарии представлена большим количеством экземпляров. Первые посадки были осуществлены в 1946 г. саженцами, завезенными из Лесостепной опытно-селекционной станции (ЛОСС, Липецкая обл.). Установлено, что сирень венгерская обладает ранними сроками прохождения фенологических фаз, что сближает ее с местными древесными видами: начало вегетации 3.V (25.IV–12.V), окончание 2.X (22.IX–12.X), про-



Фото 1. Сирень амурская.

должительность 148 дней; начало роста побегов 12.V (2.V–16.V), окончание 3.VII (28.VI–20.VII), продолжительность 52 дня; начало цветения 12.VI (26.V–24.VI), окончание 25.VI (10.VI–6.VII), продолжительность 14 дней. Массовое созревание плодов отмечается в середине октября. В условиях интродукции сирень венгерская оказалась самым зимостойким видом. Отличается быстрым ростом. В 25 лет при благоприятных условиях растения достигают высоты 5,2 м, а в 60 лет – 6,5–7,0 м. Толщина главных скелетных ветвей у растений возраста 60 лет на высоте 1,3 м составляет в среднем 20 см, у основания корневой шейки может достигать подобно деревьям 32 см. В этом возрасте происходит постепенное старение основных скелетных ветвей. В саду регулярно проводится омолаживающая обрезка старых кустов, заключающаяся в полном спиливании всей надземной части. Длина прироста побегов возобновления после спиливания в первый год может достигать 1,2–1,8 м. Через три–пять лет растения приобретают форму молодого куста, цветут и плодоносят. Хорошее состояние деревьев в ботаническом саду в возрасте более 60 лет свидетельствует о долговечности сирени венгерской. Долговечна она и в городских условиях. У сирени венгерской через каждые два–три года отмечается весьма обильное цветение и плодоношение. В условиях ботанического сада образует массовый самосев под пологом растений и в достаточно большом количестве на далеком расстоянии. Расселению семян способствуют птицы. Количество семян под пологом может достигать 160 шт. на 1 кв. м.

Сирень венгерская представлена в саду, главным образом, гибридными формами, различающимися между собой строением, размерами соцветий и цветков, их окраской и другими признаками. По нашим данным, чистого вида в коллекции нет. Имеются образцы, приближающиеся по морфологическому описанию к основному виду. Сирень венгерская имеет темно-зеленые, блестящие листья, голые снизу и сверху, осенью они приобретают буро-фиолетовую окраску. Соцветия на концах побегов одиночные, прямостоячие, широкопирамидальные, длиной до 18 см, с длинными нижними разветвлениями (до 10 см) и более короткими в средней части. Цветки диаметром 8–10 мм, лилово-фиолетовые, с сильным специфическим ароматом. Парные разветвления расположены редко, в несколько ясно выраженных ярусов, что характерно для сирени венгерской. Как отмечает В.К. Горб [11], оси соцветий у сирени венгерской серо-зеленого цвета, но не пурпурно-фиолетового, как у других близких ей видов. С 1978 г. в коллекции растет садовая форма сирени венгерской с фиолетово-синей окраской цветков. Кусты этой формы декоративны также за счет темно-коричнево-фиолетовой коры и блестящей кожистой листвы. Получена она саженцами из НИИ садоводства Сибири.

**Сирень волосистая, или мохнатая** (*Syringa villosa* Vahl). Происходит из Китая и Северной Кореи. Крупный кустарник высотой до 4 м. В коллекцию впервые поступила в 1946 г. саженцами из

ЛОСС, затем в 1964 г. из Главного ботанического сада (г. Москва). Выращивается семенами разных образцов. Всего в коллекции насчитывается более 10 экземпляров растений разного возраста. В 25 лет достигает максимальных размеров – высоту 6 м с шириной кроны 4,5 м, что несколько выше размеров в природных местах обитания. Стволы у основания достигают диаметра 20 см. В отличие от других видов своей секции она выделяется толстыми пряморастущими ветвями и крупными широко эллиптическими листьями. Сверху листья темно-зеленые, матовые, глубоко морщинистые, снизу серо-зеленые, сильно волосистые вдоль жилок. Цветет сирень волосистая светло-розовыми цветками, собранными в широкие плотные метелки. В ботаническом саду зацветает на два–три дня позднее сирени венгерской. Это, пожалуй, единственный вид, который легко можно отличить от других видов секции «Волосистые сирени». Вид зимостойкий. Впервые обмерзание многолетних побегов произошло в очень суровую зиму 1978–1979 гг. В посадках г. Сыктывкара имеет хорошее состояние.

**Сирень Вольфа** (*Syringa wolfii* C. K. Schneid.). Встречается на Дальнем Востоке, в Кореи, Северо-Восточном Китае. Представляет собой крупный кустарник до 5 м высотой. В дендрарии неоднократно выращивалась семенами. Имеется довольно большое количество растений, но они по морфологическому описанию не соответствуют природному виду. В 1976 г. семенами, полученными из Риги (Латвия), было выращено несколько экземпляров растений, достоверность которых в отношении видовой принадлежности не вызывала сомнений. В настоящее время в коллекции сохранилось одно растение. За 25 лет оно имело высоту 3 м, ширину кроны – 4 м, диаметр ствола – 16 см. Растет довольно медленно, так как куст расположен близко к дереву тополя. От сирени венгерской отличается фазой цветения, которая наступает на два–четыре дня раньше – с 6.VI (28.V–10.VI) по 18.VI (10.VI–26.VI). Побеги начинают рост 15.V (5.V–28.V) и завершают 28.VI (16.VI–3.VII), продолжительность роста составляет 35–45 дней. Раннее завершение роста позволяет растению хорошо подготовиться к перезимовке. За период наблюдений оно ни разу не обмерзло. Цветение и плодоношение наблюдается ежегодно, обильное цветение, как правило, бывает через два года. От других близких ей видов отличается узкопирамидальными, почти цилиндрическими соцветиями, 14–18 см длины и 5–8 см ширины, цветки светло-лиловые, душистые, располагаются пучками на центральной оси (фото 2). В декоративном отношении уступает сирени венгерской.

**Сирень Генри** (*Syringa x henryi* C. K. Schneid.). Гибрид между сиренями венгерской и волосистой. Кустарник высотой до 4 м. В ботанический сад интродуцирована в 1964 г. Саженцы получены из Москвы в количестве 3 экз. В настоящее время в саду произрастает порядка 30 экз. гибридных форм. Кусты внешне напоминают сирень венгерскую. Однако по описанию они выглядят все по-разному. Из гибридных форм, похожих на типичную



Фото 2. Сирень Вольфа.

сирень Генри, можно отобрать лишь четыре образца. По морфологическому описанию сирень Генри отличается более узкими метелками соцветий и густым расположением цветков на них, оси соцветий короче, чем у сиреней венгерской и волосистой [7,11,12]. Отличается более скученным габитусом. В условиях ботанического сада этот гибрид сирени зацветает на один–два дня позднее сирени венгерской. Цветки бледно-розово-сиреневые, однако окраска их может варьировать. Во время цветения сирень Генри выделяется оригинальным расположением соцветий, которые словно «свечи» возвышаются по всей кроне растения. Отличительным признаком сирени Генри от других видов и форм является также окраска листьев, которая в период цветения как бы блекнет и приобретает беловатый оттенок. По сравнению с сиренью венгерской, другие фенологические фазы развития данного гибрида запаздывают на один–два дня. В условиях ботанического сада образует массовый самосев. Типичную форму сирени Генри следует размножать только вегетативным способом. Является абсолютно зимостойким гибридом. Рекомендуется для озеленения в районах Крайнего Севера. Чтобы добиться наиболее декоративного эффекта, в группах ее следует размещать клоновыми растениями.

**Сирень Звегинцова** (*Syringa sweginzowii* Koenne). Происходит из Китая. Кустарник до 4,5 м высотой. Вид неоднократно выращивался семенами, полученными из ботанических садов. В Ботсаду Коми НЦ УрО РАН нами выделено два образца, имеющих по морфологическому описанию сходство с типичным видом. От других видов сирень Звегинцова отличается прямостоячими, тонкими, ровными, изящными ветвями [8, 12]. Имеет крупные, широко пирамидальные, рыхлые соцветия из коротких

боковых осей длиной до 30 см и шириной до 15 см. Снизу соцветий имеется одна пара узких листьев, которые присутствуют почти в каждом соцветии. Окраска цветков розовато-белая. Зацветает на два–три дня позднее сирени венгерской. Продолжительность цветения в среднем 12–14 дней. Кусты отличаются невысокими размерами. Вид имеет некоторое сходство с сиренью Вольфа, однако от нее отличается более вытянутыми и ажурными соцветиями. Во время массового цветения цветки розовеют, что придает кустам более красочный вид. Дает самосев. Плоды долгое время не растрескиваются. Окончательное созревание семян происходит зимой, о чем свидетельствует мас-

совое их поедание птицами. Недостаточная зимостойкость – отличительная биологическая особенность сирени Звегинцова от других видов.

**Сирень Комарова** (*Syringa komarowii* С.К. Schneid.). Родиной вида является Китай. Впервые растения были завезены в ботанический сад в 1964 г. из Москвы. В настоящее время они представляют крупные кусты высотой до 4,5 м и шириной кроны до 4,0 м. В результате ботанической проверки растения этого образца оказались гибридными. С целью выявления достоверного вида в саду продолжается выращивание сирени Комарова из семян, поступающих из разных ботанических садов. В 1976 г. из московских семян было выращено несколько растений. Из них отобрано одно, похожее по описанию на исходный вид. В возрасте пяти лет оно имеет высоту 1,8 м, в 15 лет – 2,2 м. В 30 лет высота достигла 2,8 м, ширина кроны 4,2 м. Цветет и плодоносит ежегодно. Окраска цветков в отличие от других близких ей видов пурпурно-бледно-розовая. Цветки довольно мелкие, диаметром 0,6–0,8 см, имеют специфический запах. Соцветия представляют узкую плотную метелку 8–13 см длиной и 4–5 см шириной. Фаза цветения наступает на три–четыре дня позднее сирени венгерской. Отличительным признаком сирени Комарова является наличие мелких трещин на стволах [8]. Этот признак присущ и нашему образцу. В условиях ботанического сада вид зимостойкий. Обмерзаний за период наблюдений не отмечалось.

**Сирень обыкновенная** (*Syringa vulgaris* L.). Карпаты, Трансильванские Альпы, Балканский полуостров. Крупный кустарник высотой 5–7 м. Относится к секции «Обыкновенные сирени». В коллекции сада с 1938 г. [4]. Из старых посадок часть их сохранилась. За период многолетних наблюдений

установлено, что в последние годы у сирени обыкновенной повысилась зимостойкость, растения достигли более высоких размеров. Если 20–25 лет тому назад она представляла собой широкие кусты диаметром до 3 м и высотой не более 1,5 м, то сейчас – это кусты высотой до 2,5–3,0 м. Если раньше значительное цветение сирени происходило примерно один раз в четыре года, то сейчас она цветет почти ежегодно и довольно обильно. Успешное развитие сирени обыкновенной, а также всех других видов древесных растений коллекции связывается нами с потеплением климата в Республике Коми [1]. В озеленении г. Сыктывкара сирень обыкновенная появилась в послевоенные годы. Отмечено, что в условиях города состояние растений на южной стороне придомовых территорий и зданий намного лучше, чем в ботаническом саду. Высота растений в таких условиях равняется 3 м и выше. Изредка вид встречается в озеленении более северных от Сыктывкара городов – Ухта и Печора. Состояние растений здесь значительно хуже. Хотя они цветут и плодоносят, но имеют невысокие размеры – до 1,5 м.

Сирень обыкновенная характеризуется ранним распусканием листьев, но поздними сроками их опадания. Листья начинают опадать при наступлении минусовых температур, сохраняясь обычно зелеными. Вид отличается ранним началом роста побегов сразу же вслед за распусканием листьев – 8.V (22.IV–18.V) и ранним его завершением – 28.VI (18.VI–8.VII), продолжительность роста побегов равна 50 дням. Вторичный рост побегов у видовой сирени в многолетнем возрасте обычно не отмечается. Цветет с 4.VI (26.V–10.VI) по 16.VI (10.VI–22.VI) в течение двух недель. Окраска цветков у основного вида сиреневая с переходными оттенками голубых, розовых и лиловых тонов. Имеется садовая форма с белой окраской цветков – *S. vulgaris 'Alba'*. От исходного вида практически не отличается по фенологии развития и зимостойкости. Среди любителей декоративного садоводства белоцветковая форма имеет большую популярность. Созревание плодов-коробочек у сирени происходит поздно осенью – в конце октября – ноябре. Обычно плоды держатся на растении до весны. В отличие от сиреней секции «Волосистые сирени», у которых плоды при созревании становятся коричневыми и растрескиваются, у сирени обыкновенной они желтеют и сохраняются закрытыми. Даже после просушивания плодов семена из коробочек не высыпаются. Извлечение семян из коробочек вручную – трудоемкий процесс. При посеве сирени непосредственно плодами образуются редкие всходы. По нашему мнению, это одно из препятствий быстрого и широкого распространения ценного вида в озеленении. В ботаническом саду сирень обыкновенная выращивается из семян местной репродукции. Всхожесть семян может достигать 75%.

На Севере сирень обыкновенная является долговечной культурой. Кусты, высаженные еще в 40-е гг. прошлого столетия, как в условиях ботанического сада, так и города, без пересадки находятся в хорошем состоянии, сохраняя высокую зимостойкость. После значительного обмерзания они

быстро восстанавливаются и через три–четыре года репродуцируют. Однако в первые годы после перезимовки у высаженных растений часто наблюдается гибель. Сохранение саженцев сирени в первые два года после посадки – основная задача при ее культивировании на Севере. По истечении двух–трех лет, когда растения хорошо укоренились и несколько разрослись, гибель им уже не угрожает. Практика показывает, что наиболее уязвимы посадки сирени, проводимые осенью и даже задолго до наступления минусовых температур. Вторым условием для сохранности кустов сирени должна быть рыхлая, богатая питательными веществами почва. Тогда растения за вегетационный период успевают разрастись, окрепнуть и лучше подготовиться к перезимовке. Необходимо помнить о том, что молодые посадки сирени не выносят затопляемости, даже кратковременной. Для быстрого развития и обильного цветения систематически требуется внесение органики. Такие условия особенно необходимо создавать для сортовой сирени.

Впервые сортовая сирень была завезена в ботанический сад в виде укорененных отводков в 1978 г. из НИИ садоводства Сибири. Наиболее устойчивый для Алтайского края посадочный материал в количестве 17 сортов нам передан З.И. Лучник. Сорта были представлены зарубежной и отечественной селекцией, в том числе выведенные на Алтае три сорта. Это сорта '*Алтайская Розовая*', '*Кружевница*' и '*Фиолетовая Барнаульская*'.

По мнению З.И. Лучник [15], разведение садовых сортов сирени обыкновенной на собственных корнях является в Алтайском крае наиболее приемлемым и надежным способом. Первые результаты испытания сортов сирени на собственных корнях в Республике Коми также показали целесообразность их выращивания, несмотря на то, что в течение шести лет большинство их из коллекции выпало. Причина гибели растений заключалась не только в степени зимостойкости самого сорта, но и в недостаточном уходе за ними, тем более, что растения были размещены на тяжелой глинистой почве. Более устойчивые сорта выделались уже в первые годы наблюдений. Это сорта '*Монблан*', '*Кондорсе*', '*Красавица Москвы*' и три сорта, выведенные на Алтае. Через два года после посадки у растений было отмечено первое незначительное цветение. В пять лет высота кустов достигла 0,6–1,2 м. В это время многие сорта начали выпадать из коллекции. Для сохранения устойчивых сортов количество экземпляров удалось увеличить методом отсадки образующейся вокруг растений корневой поросли. Сохранившиеся сорта цвели почти ежегодно, количество соцветий было незначительным. Растения имели невысокие до 1,2 м размеры, так как основные побеги, дающие соцветия через три–четыре года, отмирали и заменялись новыми. Завезенные в 1978 г. многие сорта сирени обыкновенной в местных условиях оказались недолговечными: их срок жизни составил шесть–восемь лет. Самыми долговечными оказались сорт '*Монблан*' с продолжительностью жизни 32 года и сорт '*Кондорсе*', растения которого и сей-



Фото 3. Сирень обыкновенная, сорт 'Кондорсе'.

час представлены в коллекции в удовлетворительном состоянии (фото 3). Таким образом, для сохранения сорта необходимо через каждые пять–восемь лет проводить размножение растений либо отсадой корневой поросли, либо черенкованием.

Улучшение во всей коллекции общего состояния древесных растений в связи с потеплением климата заставило вновь прибегнуть к изучению сортов сирени обыкновенной. В течение последних 10 лет из городов – Барнаула, Йошкар-Олы, Перми и С.-Петербурга – в сад было завезено в виде укорененных черенков еще 17 сортов. Состояние растений в питомнике оценивалось как хорошее. Однако после пересадки их на постоянное место половина сортов из коллекции выпала. Наиболее устойчивыми оказались сорта 'Мари Легре', 'Франц Вильгельм Пфитцер', 'Мадам Жюль Фингер' и 'Комсомолка'.

**Сирень Престон** (*Syringa x prestoniae* McKelvey). Гибрид между сиренями волосистой и пониклой (*S. reflexa* Schneid.). Представляет высокие кусты до 4 м. Получена в 1998 г. саженцем из Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Заметно отличается от других видов и гибридных форм. Из-за частых пересадок растение в 12 лет достигло высоты лишь 0,8 м. За последние два года рост заметно усилился. В 2010 г. отмечалось первое незначительное цветение, в 2011 г. цветение сирени Престон было более обильным. Соцветия представляют собой узкие, с густым расположением цветков метелки, поникающие на вершине, внешне очень похожие по описанию на сирень пониклую. Цветки серебристо-лилово-малиновые диаметром до 1 см со специфическим ароматом. Цветет в течение 14 дней на два–пять дней позднее сирени венгерской. Плоды созревают в начале октября, завязываемость их высокая. Гибрид перспективен для выращивания.

## Заключение

В коллекции Ботанического сада Института биологии род Сирень насчитывает семь видов, две гибридные формы, а также 10 садовых форм и сортов живых растений. Среди сиреней секции «Волосистые сирени» самое широкое распространение в культуре получили сирень венгерская и ее гибриды. Сирень обыкновенная (секция «Обыкновенные сирени») имеет ограниченное распространение. Встречается она в основном на территории г. Сыктывкара в небольшом количестве экземпляров. Оба вида сирени являются долговечными культурами. Изучение в условиях ботанического сада некоторых сортов сирени обыкновенной на собственных корнях показало перспективность их выращивания. Корнесобственные

сорта, хотя и не достигают высоких размеров (до 1,8 м), но благодаря исключительно красивому цветению они в первую очередь могут быть использованы в декоративном садоводстве Республики Коми.

## Литература

1. Мартынов Л.Г. О зимостойкости древесных интродуцентов в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра // Проблемы современной дендрологии: науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. чл.-корр. АН СССР П.И. Лапина. М., 2009. С.220–222.
2. Чарочкин М.М. Зеленые насаждения // Природа Сыктывкара и окрестностей. Сыктывкар, 1972. С.129–140.
3. Моисеев К.А., Волкова Г.А., Мартынов Л.Г. Декоративные растения на Севере. Сыктывкар, 1984. 120 с.
4. Чарочкин М.М., Волкова Г.А. Интродукция и акклиматизация перспективных полезных растений (древесные, кустарниковые и травянистые орнаментальные растения) / Научный отчет за 1966 – 1970 гг. Сыктывкар, 1971. Т.4. 100 с. (Ф.3. Оп.2. Ед. хр. 222).
5. Мартынов Л.Г. Декоративные деревья и кустарники на садовом участке. Сыктывкар, 1992. 104 с.
6. Скупченко Л.А. Опыт интродукции древесных декоративных растений в Ботаническом саду Института биологии // Вопросы изучения, охраны и мобилизации полезных растений в ботанических садах г. Сыктывкара: сборник научных статей. Сыктывкар, 2007. С. 22–32.
7. Вехов Н.К. Сирень. М., 1953. 152 с.
8. Деревья и кустарники СССР / Под ред. С.Я.Соколова. М.; Л., 1960. Т. V. 544 с.
9. Колесников А.И. Декоративная дендрология. М., 1974. 704 с.

10. *Былов В.Н., Штанько И.И., Михайлов Н.Л.* Сирень. Краткие итоги интродукции. М., 1974. 120 с.
11. *Горб В.К.* Сирени на Украине. Киев, 1989. 160 с.
12. *Лунева З.С., Михайлов Н.Л., Судакова Е.А.* Сирень. М., 1989. 256 с.
13. *Методика* фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М., 1975. 27 с.
14. *Мартынов Л.Г.* Сирень амурская на Севере // Цветоводство. М., 1979. № 4. С. 10.
15. *Лучник З.И.* Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. М., 1970. 656 с.

*Статья поступила в редакцию 23.04.2012.*

УДК: 591.52:574.91 (470)

## МИГРАЦИИ ГУМЕННИКА (*ANSER FABALIS*) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

Ю.Н. МИНЕЕВ, О.Ю. МИНЕЕВ

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
mineev@ib.komisc.ru*

На основе длительных наблюдений в восточноевропейских тундрах и таежной зоне Республики Коми изучены основные миграционные пути гуменника. Выявлены три самостоятельных пролетных путей гуменника на европейском Северо-Востоке России. Миграционные потоки обусловлены пролетом гусей разных географических популяций. Автономность пролетных путей подтверждает высказанные ранее предположения о наличии «северного» и «южного» путей пролета гуменника.

**Ключевые слова:** гуменник, миграции, направление пролета, места остановок

### YU. N. MINEEV, O.YU. MINEEV. MIGRATION OF BEAN GOOSE (*ANSER FABALIS*) IN THE EUROPEAN NORTHEAST OF RUSSIA

On the basis of long-term observations in the East-European tundra and taiga zone of the Komi Republic the main migration routes of Bean Geese were investigated. As a result three independent flyways of the Bean Goose in the European northeast of Russia were discovered. Migration streams are determined by migration of geese of different geographical populations. Autonomy of migratory geese verifies earlier suppositions on the existence of “northern” and “southern” flyways of the Bean Goose.

**Key words:** Bean Goose, migration, direction of flyways, stop-over sites

Миграции гуменника (*Anser fabalis fabalis* в широком понимании), гнездящегося на Европейском севере России, относительно хорошо изучены [1]. Особенности пролета были предметом исследований в устьевой области Северной Двины [2]. На северо-восточном участке миграционного пути, прежде всего в Республике Коми [3,4] и восточно-европейских тундрах [5], миграции гуменника наименее изучены. На европейском Северо-Востоке России гнездятся таежный подвид *Anser f. fabalis* и тундровый – *Anser f. rossicus*, которые мигрируют на зимовку разными путями. Таежный подвид гуменника летит западными районами Белого моря и Кольского п-ова, через Скандинавский п-ов, юг Швеции, Балтийское побережье Польши и Германии. Тундровый гуменник мигрирует в направлении Онежского озера – Эстонии – юго-востока Финляндии – запада Польши и Паннонской низменности. В Беломорско-Балтийском регионе пути таежного и тундрового подвидов гуменника совпадают, но в районы зимовок они прибывают в разное время, занимая неодинаковые места обитания [6,7]. В этой связи представляют интерес сезонные миграции гуменника, их интенсивность и пути пролета птиц по территории европейского Северо-Востока России.

#### Районы работ и методы исследований

Наблюдения за миграциями гуменников осуществляли в утренне-вечерние часы суток с посто-

янных пунктов в Ненецком автономном округе и Республике Коми. В Малоземельской тундре они проведены: на побережье Баренцева моря (Сенгейский пролив) в мае – первой декаде июня 1978 г.; в междуречье Сойма-Сула (оз. Урдюжское) во второй половине августа – первой половине октября 1979 и 1982 гг.; на побережье Коровинской губы в августе – сентябре 1992 г. В Большеземельской тундре миграции гусей изучали в бассейнах рек Большая Роговая, Черная, Море-Ю, окрестностях г. Воркута (май, август 1973–1979 гг.) и на побережье Хайпудырской губы (сентябрь–октябрь 1978 г.). На Югорском п-ове наблюдения проведены на побережье Баренцева моря (мыс Чайка) в сентябре – октябре 1981 г., в районе оз. Сабуто (август – первая декада сентября 1983 г.) и на побережье Карской губы (май–июнь 1982–1983 гг.). В бассейне нижней Печоры (Усть-Цилемский р-н, Республика Коми) миграцию гусей изучали в мае–первой декаде июня и сентябре (1970–1972, 2005 гг.). Кратковременные весенние и осенние учёты в течение 16 лет (с 1975 г.) осуществлены в бассейне р. Вычегда (окрестности г. Сыктывкар).

В восточноевропейских тундрах отлетающих на линьку гусей учитывали на стационарах и маршрутах длиной не менее 5 км. Для выявления массовых скоплений птиц проведены авиавизуальные наблюдения в июне, августе – сентябре 1973–1979, 1983, 1985–1986, 1991–1992, 1995–1996 и 1999 гг. с

самолёта АН-2, вертолётов МИ-2, МИ-4 и Ми-8. Обследованы прибрежные территории Баренцева и Карского морей от Мезенской губы до Байдарачкой (Ямал) включительно, материковые тундры Ненецкого автономного округа, бассейны рек Печора, Уса, Вычегда и Сысола (Республика Коми).

### Результаты

**Весенние миграции.** В Республику Коми гуменники прилетают преимущественно из бассейна р. Северная Двина, частично – из бассейна Кама-Вятка. Пролётные трассы гусей на север пролегают вдоль речных долин рек Вымь, Мезень, Вычегда, Сысола, Печора и их притоков. Первые одиночные особи и небольшие группы птиц (до 10 особей) в бассейне р. Вычегда появляются при оттепелях и наличии первых проталин, нередко еще по сплошному снегу. В окрестностях г. Сыктывкара они отмечены 2 апреля–8 мая, в среднем ( $n=16$ ) 25 апреля. Интервал между прибытием первых особей и началом массового пролёта гусей зависит от хода весны, в период наблюдений он варьировал в пределах от 5 до 20 дней. В некоторые годы массовая миграция гусей происходила в сжатые сроки (несколько дней), в другие – продолжалась около 15–20 суток. Под г. Сыктывкаром гуменники в массе мигрировали на Север в период с 22 апреля по 23 мая, в среднем с 4 мая. Последнюю волну мигрантов наблюдали 7–21 мая, в среднем она завершалась 16 мая. В места размножения птицы мигрируют небольшими группами и стаями до 300 особей (табл.1) в светлые и ночные часы суток.

Таблица 1

*Стайность гуменника, мигрирующего весной в Республике Коми (по группам), %*

Район	1–10 особей	11–25 особей	26–40 особей	41–50 особей	51–100 особей	150–300 особей
Бассейн рек Вычегда–Сысола	8,7	10,8	27,0	16,2	29,8	8,1

В междуречье Вашка–Мезень (Удорский р-н, Республика Коми) весной гуси пролетают в значительном количестве, задерживаясь на некоторое время на лесных речках и болотах [8]. В верховьях р. Вымь (Тиманская гряда) многочисленные стаи гусей (по 100–150 особей) мигрируют на север в третьей декаде мая (Р.Н. Воронин, устные данные).

В бассейне верхней Печоры первые гуменники зарегистрированы 15 апреля – 15 мая, в среднем 19 апреля, интенсивная миграция гусей продолжалась с 23 апреля до середины мая [3,4,9]. В последнее десятилетие в Печоро-Ильчском заповеднике гуси мигрируют между 7 апреля и 5 мая [10].

В низовьях Печоры (Усть-Цилемский р-н) гуменники появляются между 15 апреля и 14 мая, в среднем 19 апреля. Пролет гусей скоротечен и длится с 10 по 31, в среднем ( $n=6$ ) 12–23 мая, его окончание приходится в среднем на 2 июня. Они группами (до 10) и стаями (12–180 особей) летят на север и северо-восток.

Мигрирующие птицы останавливаются для отдыха и кормежки на сельскохозяйственных угодьях,

болотах и низменных участках речных пойм. Наиболее важные места стоянок гусей (стаи по 100–1000 особей) расположены среди болот, а также в пойменных местообитаниях бассейнов рек Вычегда, Вымь, Сысола, средней и нижней Печоры.

В восточноевропейских тундрах появление гуменника напрямую связано с погодными условиями каждого конкретного года, прежде всего сходом снега и наличием пресной воды. В Малоземельскую тундру гуси прибывают с запада, мигрируя вдоль побережья Баренцева моря, и из бассейна р. Печора. На побережье Баренцева моря (Тиманский берег) в устье р. Вельт передовые гуси зарегистрированы 23 апреля, 5 мая появились стаи по 3–4 особей [11]. С 9 по 18 мая происходил массовый пролёт птиц, 19 мая он ослабел и 29 мая закончился полностью [11,12]. Интенсивную миграцию гуменника в этом районе наблюдали 21–25 мая 1991–1993 гг., 27 мая 1996 г., 23–24 мая 1998 г. и 2 июня 1999 г. Пик миграции в среднем приходится на 25 мая [13]. На побережье Сенгейского пролива первые гуменники появились 25 мая 1974 и 1977 гг., 2 мая 1978 г., массовый пролёт гусей шел 23–27 мая. Отмечено два пика интенсивной миграции гусей. Первая волна, приостановленная похолоданиями, сильным северным и восточным ветрами, длилась с 15 по 18 мая, вторая – наиболее интенсивная – продолжалась с 24 по 27 мая. Последовавшие с 27 мая снегопады, метели и сильные ветра прервали миграцию, которая практически на этом и завершилась [14]. В районе Колоколковой и Кузнецкой губ (побережье Баренцева моря) гуменник летел с 14 по 24 мая. В междуречье Сула–Щучья (северная лесотундра) стаи (по 15-60 особей) гуменника мигрировали на север и северо-запад 17–18 мая [15]. Таким образом, передовые гуси в Малоземельскую тундру прибывают 23 апреля – 25 мая, в среднем 16 мая. Их массовый пролет длится 9–21 мая, окончание миграции приходится на 24 мая – 9 июня. В Малоземельской тундре основное направление миграции гуменника идет на север и северо-восток.

Массовые остановки мигрантов разной продолжительности обычны на приморских лайдах Колоколковой и Кузнецкой губ, Сенгейского пролива и одноименного острова, в устьях рек Вельт и Черная. В большом количестве гуси останавливаются на болотах междуречий Сула–Инди́га–Сойма и Хабуйка–Белузейяха (Захарьин берег Печорской губы).

В Большеземельскую тундру гуменник прибывает двумя путями. Один миграционный поток движется с запада на восток вдоль побережья Баренцева моря. Другой транзитный поток идет из бассейнов Северной Двины и Камы широким фронтом через Республику Коми, с повышенной интенсивностью вдоль речных долин Вымь, Мезень и Печора. Поэтому в разных районах Большеземельской тундры даже в один и тот же год гуси появляются не одновременно. Передовых особей и группы гусей регистрировали 1–11 мая, в среднем 8 мая. Интервал между прибытием первых особей и началом массового пролёта может быть растянут до месяца, что определяется ходом весны.

На границе лесотундры и тундры (реки Уса, Большая Роговая, Воркута и Сейда), в центральной части Большеземельской тундры (р. Море-Ю) гуси из бассейна Печоры мигрировали с 25–29 мая по 1–16 июня, в среднем с 25 мая по 7 июня преимущественно в северном направлении. Незначительное количество их пролетает на северо-восток. Активная миграция гуменника на побережье Баренцева моря отмечена с 20 мая по 1 июня, её окончание 29 мая – 16 июня. Многочисленные стаи гусей останавливаются на отдых в районе Болванской, Паханческой и Хайпудырской губ, на лайдах в устьях тундровых рек и прилежащих к дельте Печоры болотистых районах.

На Югорский п-ов гуменники прилетают 9–20 мая, в некоторые годы – значительно раньше. Под пос. Амдерма первых гусей наблюдали 15 апреля 1948 г., в 1957 г. их прилет начался 5–7 мая и закончился 10–11 мая [16]. На северо-западе Югорского п-ова (междуречье Сиртияха–Лымбадаяха) они отмечены 7 мая, в окрестностях пос. Усть-Кара – 9 мая. На побережье Карской губы (1982–1983 гг.) миграция была слабо выраженной. Относительно высокую интенсивность миграции наблюдали с 23–28 мая по 9–14 июня, в среднем 26 мая – 12 июня [17]. В 1982 г. почти все гуси мигрировали с востока на запад, в 1983 г. – на запад (свыше 52 %), остальные – на восток (19 %), север (более 16 %) и юг (11 %). Места массовых стоянок птиц на территории Югорского п-ова не известны. Весной гуменник летит группами и стаями (табл. 2), преимущественно в утренние и вечерние часы суток, при хорошей погоде и ночью.

Таблица 2

*Стайность гуменника, мигрирующего весной в восточноевропейских тундрах (по группам), %*

Район	1–10 особей	11–25 особей	26–40 особей	41–50 особей	51–150 особей	151–200 особей
Малоземельская тундра	39,1	20,3	17,1	11,0	6,9	5,6
Большеземельская тундра	33,4	37,1	14,8	9,4	5,3	-
Югорский п-ов	77,1	10,1	5,7	4,3	2,8	-

**Миграции на линьку.** С началом плотного насживания, неразмножающиеся и неполовозрелые гуменники отлетают на линьку. Отлету предшествуют кочевки одиночек, пар, групп (3–5) и небольших стай (10–30 особей). Летние миграции в Республике Коми не исследованы и места массовой линьки птиц не известны. На юге тундры в июне зарегистрирован пролет птиц с юга на север, поэтому можно предположить, что какая-то часть таежных гуменников линяет в тундровой зоне, остальные (стаи по 15–20 особей) – на глухих таежных водотоках. В восточноевропейских тундрах гуменник линяет в районах гнездования на крупных озёрных комплексах, приморских лугах, в поймах

рек и осоково-злаковых тундровых депрессиях, а также за пределами районов размножения.

В Малоземельской тундре летние миграции гуменника хорошо выражены с 16 июня по 4 июля, в среднем (n=11) с 24 июня, они заканчивались 1–13 июля, в среднем 8 июля. В Большеземельской тундре перемещения гусей происходили 7–22 июня, в среднем (n=9) с 14 июня и продолжались до 19–31 июня, в среднем до 24 июня, а заканчивались 9–19 июля, в среднем (n=6 лет) 14 июня. Наиболее высокая активность перелетов зарегистрирована 11–26 июня, в среднем с 20 июня, они завершались 5–19 июля, в среднем 11 июля.

На Югорском п-ове кочевки гусей происходили позднее и были менее продолжительными. Их начало отмечено 11–22 июня, в среднем (n=6) с 18 июня. В места линьки гуменник в массе отлетал 20–25 июня, в среднем с 22 июня, окончание отлета – 26 июня–24 июля, в среднем с 13 июля. Динамика движения гуменника на линьку в восточноевропейских тундрах приведена в табл. 3.

Таблица 3

*Динамика гуменника, мигрирующего на линьку (по декадам), %*

Район	2-я декада июня	3-я декада июня	1-я декада июля	2-я декада июля
Малоземельская тундра	2,6	61,1	20,4	15,9
Большеземельская тундра	-	42,4	45,7	11,9
Югорский п-ов	-	36,2	51,5	12,3

Гуси в места линьки летели поодиночке, парами, группами по (4–10) и стаями до 150 особей (табл. 4). Среднее число птиц в мигрирующих стаях варьировало от 15 до 20 особей. Среди мигрантов практически всегда присутствовали птицы в начальной стадии линьки (отсутствовали ряд маховых и рулевых перьев).

Таблица 4

*Стайность гуменника, мигрирующего на линьку (по группам), %*

Район	1–10 особей	11–25 особей	26–40 особей	41–50 особей	51–150 особей
Малоземельская тундра	63,4	21,0	9,2	3,1	3,3
Большеземельская тундра	59,6	21,7	11,8	4,1	2,9
Югорский п-ов	58,5	17,5	14,0	3,1	2,1

На линьку гуменник отлетает в разных направлениях, но во всех исследованных районах преобладали западные румбы миграции (Малоземельская тундра – 42%, Большеземельская тундра – 39%, Югорский п-ов – 43,9%). Значительное количество птиц летит на север (Малоземельская тундра – 32,9%, Большеземельская тундра – свыше 17%, Югорский п-ов – 16%), кроме того, в Большеземельской тундре и Югорском п-ове – на восток (соответственно 18% и 13%).

Формирование линников гусей происходит за 1–2 недели до окончания летних миграций. В восточноевропейских тундрах основные районы линьки птиц постоянны. Они приурочены к крупным озёрным комплексам, поймам рек, приморским лугам и осоково-злаковым озёрным депрессиям. Количество птиц в местах линьки по годам значительно варьирует. В Малоземельской тундре наиболее крупные концентрации гуменника размещаются в устьевом районе р. Вельт (оз. Торавэй, до 5 тыс.), низовьях р. Нерута и оз. Подловей-то (4–7 тыс.), на акватории Колоколкиной губы (5–6 тыс.) и прилегающей территории (10–15 тыс.), на севере п-ова Русский Заворот (10–15 тыс. особей).

В Большеземельской тундре гуменник на линьке относительно многочисленнее в поймах рек: Шапкина (4–6 тыс.), Черная (до 20 тыс.), Море-Ю (2–4 тыс.), Коротаиха (до 2 тыс.) и Адзья (1–2 тыс. особей). Для остальных водотоков характерны небольшие (по 100–500 особей) линные группировки. В приморских районах линяющие гуси концентрируются на приморских лугах побережья Болванской губы (3–4 тыс.), п-ова Медынский Заворот (10–20 тыс.) и в верховьях междуречья Черная–Седая (район оз. Синдот). На Югорском п-ове гуменник (скопления от 1 до 2 тыс. особей) линяет на лайдах залива Бельковский, в бассейне р. Васьяха, междуречьях Лымбадаях–Седьяха, Сибирчатояха–Кара и в устьях рек, впадающих в Карское море.

Систематический статус гуменника в местах массовой линьки не изучен. Небольшой объем данных по этому вопросу, собранных в ряде районов восточноевропейских тундр (междуречье Сула-Сойма, бассейны рек Нерута, Шапкина, Черная, Море-Ю, Большая Роговая, Кузнецкая и Колоколкиной губы), свидетельствует, что большинство линных скоплений состоит из *Anser f. rossicus*. В ряде случаев линные образования гусей были представлены как *Anser f. fabalis*, так и смешанными скоплениями (*Anser f. fabalis* и *Anser f. rossicus*). На Колоколкиной губе и побережье Хайпудырской губы, в низовьях р. Нерута в смешанных скоплениях встречались в небольшом числе *Anser f. brachyrhynchus*. На островах Вайгач, Новая Земля и севере Югорского п-ова во время линьки около 42% особей относятся к *Anser f. fabalis*, что свидетельствует о прилете гусей этой формы из других районов [18].

**Осенние миграции.** Предотлетные кочевки гуменника в восточноевропейских тундрах формируются во второй декаде августа, вскоре после окончания линьки и подъема на крыло выводков. В это время пары, выводки, группы (до 5) и стаи (10–50 особей) совершают интенсивные кормовые перелёты по осочникам и по ягодникам (при урожае ягод). В местах произрастания осок (*Carex aquatilis*, *C. chorodonrhiza* и *C. stans*) гуси совершают настоящие опустошения, поверхность дернины бывает устлана ворохами осок с отъеденными корневищами. Многочисленные небольшие группировки перед отлетом объединяются в крупные стаи, концентрируясь в устьях рек, на приморских лугах и озерных низинах.

На побережье Баренцева моря Югорского п-ова (мыс Чайка) и в тундре (район оз. Сабуто) миграция гуменника начиналась в разное время. Первые отлетающие гуси зарегистрированы 18 августа 1983 г. (оз. Сабуто) и 15 сентября 1981 г. (мыс Чайка). В 1983 г. отмечено три миграционных потока: первый – 18–27 августа (78.9%), второй – 29–31 августа (4.9%) и третий – 2–9 сентября (16.2% мигрантов). Гуси мигрировали преимущественно в южном (58.7%) и западном (22.4%) направлениях. В 1981 г. начало миграции характеризовалось интенсивным пролетом птиц, который отмечен 16–25 сентября (22.6%). Вторая волна миграции (86.9% учтенных птиц в дневное время), с различной степенью интенсивности по суткам, длилась с 11 по 14 октября. Гуси летели группами и стаями (табл. 5) в основном на юго-юго-запад и юг (свыше 89%). Значительное количество гусей мигрировало в ночные часы суток, при этом количество птиц и интенсивность миграции определить не представлялось возможным.

Таблица 5

**Стайность гуменника, мигрирующего осенью в восточноевропейских тундрах (по группам), %**

Район	1–10 особей	11–20 особей	21–50 особей	51–100 особей	101–300 особей
Югорский п-ов	38,1	20,7	24,4	24,4	2,5
Большеземельская тундра	50,1	21,5	16,7	7,8	3,9
Малоземельская тундра	31,0	21,4	33,2	11,3	3,1

На Югорском п-ове гуменник осенью летит с востока (со стороны Ямала) вдоль побережья Карского моря и лишь небольшое количество мигрирует по матерiku. Основные места осенних стоянок гусей расположены на приморских лайдах междуречий Талота–Бельковская, Талота–Хутояха, Юрибей Сале–Хэндото и в эстуариях рек Лауряха, Русановка, Кара.

Осенние миграции гуменника и их продолжительность в Большеземельской тундре во многом определяются погодными условиями. Они отмечены с третьей декады августа и продолжались до 5 октября. В бассейне р. Большая Роговая интенсивная миграция птиц на юг и юго-запад происходила 1–10 сентября, последние отлетающие гуси зарегистрированы 28 сентября 1976 г.; в 1975 г. – соответственно 1–3 октября и 5 октября.

На приморских лайдах и лугах побережья Хайпудырской губы многочисленные выводки, отдельные пары, группы (до 4 особей) и редкие стаи (до 20 птиц) оставались до 14 сентября 1978 г. Ночью 15 сентября наблюдались небольшие заморозки на почве и сильный юго-юго-восточный ветер. Вероятно, погодные условия стимулировали небольшую миграцию гусей в западном направлении, которая началась в 4 ч утра. Хорошо выраженный пролет происходил с 16 сентября до 3 октября, они особенно интенсивно летели 17, 18, 24, 26 сентября и 1 октября. В эти дни на морском побережье,

лайдах и приморских низинах постоянно регистрировали скопления (500-3000 особей) гуменника, которые после отдыха отлетали, а освободившуюся территорию занимали новые стаи. Значительное количество птиц прилетало также в вечерние и ночные часы, занимая эти же местообитания, а также концентрируясь на мелководных зарастающих озерах и в пойме рек. Интенсивная ночная миграция гусей происходила 21, 23 и 24 сентября. На побережье Хайпудырской губы гуменник мигрировал группами и стаями (табл. 5) на запад (52.2%), юг (24.7%) и юго-запад (13.5%).

По материалам авианаблюдений, осенью массовые стоянки гусей отмечены на лайдах всего побережья Баренцева моря. Наиболее крупные концентрации птиц характерны для побережий Перевозной и Хайпудырской губ, озерной низменности Мединского п-ова (район озер Песчанкато-Пильня-Тобой), о-ва Песяков и побережья Паханческой губы, устья р. Черная и Болванской губы. В материковой тундре массовые стоянки мигрантов располагаются в районе Вашуткиных и Падимейских озерных систем, озер Ватьяр-то, Порч-то, Белуга-ты и др. В бассейне Печоры многочисленные стоянки гуменника обычны в устьевом районе р. Колва, междуречье Уса-Лемва и на болоте Усванюр.

В Малоземельской тундре осенью гуменник мигрирует 9–23 сентября, в среднем с 16 сентября до конца первой декады октября. Миграция прекращается обычно за двое-трое суток до появления заморозков на почве. В междуречье Сойма-Сула (оз. Урдюжское) интенсивный пролет гусей происходил 9–12 (свыше 11%), 18–23 сентября (около 24%) и 25 сентября – 5 октября (свыше 65% мигрантов). На побережье Сенгейского пролива (Баренцево море) массовая миграция птиц отмечена в разные сроки. В 1975 г. интенсивный пролет гуменников зарегистрирован 1–3 октября, последние из них отмечены 5 октября; в 1976 г. пик миграции пришелся на 1 сентября, последних птиц наблюдали 28 сентября. Гуси мигрировали группами и стаями (табл. 5) с различной степенью интенсивности в светлое время суток преимущественно на запад и юго-запад (около 67% мигрантов).

На побережье Сенгейского пролива гуси мигрируют вдоль побережья Баренцева моря к Белому морю, Двинскому и Онежскому заливам. На Захарьином берегу (Печорская губа) и в районе оз. Урдюжское птицы летят на юго-запад в направлении Косминских и Варшских озерных систем. Дальнейший их пролет, идет, вероятно, на юго-запад Архангельской области, где имеются крупные останочные пункты гусей [19,20].

На побережье Баренцева моря основные осенние скопления гусей отмечены на лайдах Кузнецкой и Колоколковой губ, Сенгейского пролива и одноименного острова, в устье р. Вельт. На морском побережье к западу от р. Вельт до р. Индига скопления гусей небольшие и очень редки. От р. Индига до п-ова Канин обычны небольшие стайки птиц на побережье Чешской губы (междуречье Лямчина – Великая, губа Васькина – р. Снопа – р. Ома) и на п-ове Канин (междуречье Чеша – Кия).

На нижней Печоре (Усть-Цилемский р-н, Республика Коми) гуменник мигрирует с 6 сентября по 3 октября, в среднем ( $n=6$ ) с 19 сентября на запад, юго-запад и юг. Гуси летят в светлое и ночное время суток стаями по 10–100, преимущественно по 20–50 особей (50%) широким фронтом в направлении рек Тобыш, Ижма, Вымь и Мезень. Пролет завершается 25 сентября – 5 октября, в среднем 30 сентября. Основные осенние места стоянок гусей расположены на болотах в районе населенных пунктов Якишино и Бугаево и на островах Печоры. В верховьях р. Вымь осенний пролет проходит транзитом. Многочисленные стаи гуменника (преобладают стаи по 50 – 100 особей, свыше 50%) пролетают 24 сентября – 6 октября по 24 сентября – 22 октября, в среднем ( $n=4$ ) 26 сентября – 1 октября на юг и юго-запад. В междуречье Вашка-Мезень стаи (по 10–80 особей) летят без остановок с конца сентября до 20 октября, последние гуси отмечены в конце октября.

В низовьях р. Колва и бассейне Усы (р. Лемва) стаи (от 15–80 до 200 особей) гуменника пролетают 12 сентября – 10 октября на юг. В среднем течении Большая Сыня гуменник мигрирует 26 августа – 30 сентября, на Приполярном Урале – 24 сентября, в верховьях Печоры – 29 августа–29 октября [9]. В конце 50-х гг. XX в. миграция гуменника в Печоро-Илычском заповеднике проходила 7 сентября – 4 октября, в среднем за 17 лет – с 25 сентября [3]. В 1960-х гг. гуси пролетали позднее – 27 сентября – 10 октября, а продолжительность осеннего пролёта составила в среднем 12 дней. Транзитные стаи по 50–100 особей мигрировали на юго-запад [4].

В окрестностях г. Сыктывкара первых мигрантов наблюдали 1 сентября – 8 октября, в среднем ( $n=6$ ) с 23 сентября, интенсивный пролет зарегистрирован с 19 сентября по 17 октября. Последние пролетные стаи гуменника отмечены 26 сентября – 19 октября, в среднем ( $n=6$ ) 9 октября. Стаи до 300 особей, преобладают группировки по 20–50 (40.4%) и 50–100 особей (33.2%), на высоте 150–300 м в светлые и ночные часы суток транзитом летят на юг и юго-запад.

### Обсуждение результатов

Гуси, населяющие европейский Северо-Восток России, зимуют в Голландии, Германии и Дании [21]. Птицы, окольцованные в этих странах, добыты весной в Республике Коми и Ненецком автономном округе [22,23,1,10]. Весенний пролет гуменника проходит через западные районы России, часть их летит на север Архангельской области и далее вдоль побережья Баренцева моря на восток и северо-восток. Вероятно, вдоль побережья Баренцева моря на север и северо-восток мигрирует преимущественно тундровый гуменник (*Anser f. rossicus*), гнездящийся на островах Колгуев, Вайгач, Новая Земля, севере Ямала и в типичных тундрах.

Другая часть мигрантов следует в бассейны Камы-Вятки и Северной Двины, далее через территорию Республики Коми летит в восточноевропейские тундры и за Урал. Массовый прилёт гусей в лесотундру и южные кустарниковые тундры проис-

ходит с недельным запозданием, по сравнению с «северным» потоком, совпадая по времени с пролётом в верховьях Печоры. Можно предположить, что «южным» путем мигрируют *Anser f. fabalis* и частично *Anser f. rossicus*, из них часть птиц летит в Большеземельскую тундру и на Югорский п-ов, другая – движется вдоль Уральского хребта, вливаясь в Обскую миграционную ветвь. Известно, что к основному потоку гусей, летящих на север поймой р. Обь, присоединяются мигранты с запада, переваливающие Урал по руслам рек Сосьва, Сыня, Войкар и Сось [24]. В районе Карской губы миграция проходила с 26 мая по 12 июня, совпадая по времени с пролётом в бассейне р. Обь [25,24, 26].

Осенняя миграция гуменника из восточноевропейских тундр начинается в конце августа и завершается в начале второй декады октября. Большая часть гусей летит вдоль побережья Баренцева моря в направлении Белого моря (западное направление миграции), где отмечен массовый пролёт гусей [27]. Второй поток мигрантов (юго-запад) пролетает в направлении Косминских и Варшских озёрных систем на юг Архангельской области – района с крупными остановочными пунктами гусей [19, 20]. Южная ветвь мигрантов широким фронтом (Печора, Тобыш, Ижма, Вымь, Сысола, Вычегда) движется в направлении Северной Двины. Миграция гусей на востоке Югорского п-ова (Карская губа) совпадает по срокам с пролётом в бассейне верхней Печоры (21 сентября – 11 октября). Возможно, вдоль западных склонов Уральского хребта мигрируют гуменники из Западной Сибири, поскольку в сентябре многочисленные стаи отмечены по всему побережью Байдарской губы и на островах Левдней и Торосовой до горла Карской губы (материалы осенних авиаучётов).

Таким образом, результаты многолетних исследований выявили на европейском Северо-Востоке наличие трёх самостоятельных пролётных путей гуменников, которые обусловлены наличием в миграционных потоках популяций гусей, гнездящихся и линяющих в разных географических зонах. Отмеченная автономность пролётных путей подтверждает высказанные ранее предположения о наличие «северного» и «южного» путей пролета гуменника [23,1,7].

#### Литература

1. *Миграции птиц* Восточной Европы и Северной Азии. Аистообразные-пластинчатоклювые. М.: Наука, 1979. 123 с.
2. *Андреев В.А.* Экологические особенности миграций гусеобразных в устьевой области Северной Двины: Автореф. дис... канд. биол. наук. М., 2005. 17 с.
3. *Теплова Е.Н.* Птицы района Печоро-Ильчского заповедника // Тр. Печоро-Ильчского государственного заповедника Сыктывкар, 1957. Вып. 6. С. 5–115.
4. *Сокольский С.М.* Пролёт водоплавающих птиц в верховьях Печоры (итоги наблюдений в 1956-1960 гг.) // Тр. Печоро-Ильчского заповедника. Сыктывкар, 1964. Вып. 11. С. 83–124.
5. *Минеев Ю.Н.* Осенний пролет гусей на европейском Северо-Востоке России // Миграции животных на европейском Северо-Востоке России. Сыктывкар, 2004. С. 20–39. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 175).
6. *Van Impe Jacques.* Ecologie et Ethologie des oies des moissons, *Anser fabalis fabalis* et *Anser fabalis rossicus* // Le Gerfaut, 1980. № 70. P. 499–558.
7. *Van Impe Jacques.* La migration d'automne, les quartiers d'hivernage et de reproduction de *Anser fabalis fabalis* et de *Anser fabalis rossicus* en relation avec la loi de Bergmann // Le Gerfaut, 1987. № 77. P. 63–88.
8. *Корсаков А.М.* Некоторые данные к обзору охотпромыслового состояния Удорского района Коми АССР // Природа и соц. хоз-во. 1941. Т. 8. Вып. 2. С. 311–320.
9. *Естафьев А.А.* Сроки прилёта, размножения и отлёта гнездящихся птиц таежной зоны бассейна реки Печора // Фауна Урала и прилегающих территорий. Свердловск, 1982. С.25–34.
10. *Теплов В.В.* Гуменник (*Anser fabalis Lath.*) в районе Печоро-Ильчского заповедника // Проблемы особо охраняемых природных территорий европейского Севера (к 10-летию национального парка «Югыд ва»): Материалы научно-практической конференции (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 25–29 октября 2004 г.). Сыктывкар, 2004. С. 211.
11. *Гладков Н.А.* Птицы Тиманской тундры // Сб. тр. Гос. зоол. музея МГУ. М., 1951. Т. 7. С. 15–89.
12. *Михеев А.В.* Материалы к изучению перелетов птиц в СССР // Уч. зап. Моск. гос. педагог. ин-та. 1953. Т. LXXIV. Вып.4. С.113-146.
13. *Минеев Ю.Н., Минеев О.Ю.* Птицы Малоземельской тундры и дельты Печоры. СПб.: Наука, 2009. 263 с.
14. *Минеев Ю.Н.* Численность и характер пролёта птиц весной 1978 г. на побережье Баренцева моря // Размещение и численность животных на европейском Северо-Востоке СССР. Сыктывкар, 1986. С. 30-37. (Тр. Коми филиала АН СССР; № 74).
15. *Семенов Б.Т.* Промысловые птицы Тиманской тундры // Изв. гос. географ. об-ва. М., 1939. Т. 71. Вып. 4. С. 569–579.
16. *Успенский С.М.* Птицы востока Большеземельской тундры, Югорского полуострова и острова Вайгач // Тр. Ин-та биологии, УФ АН СССР. Свердловск, 1965. Вып. 38. С. 65–102.
17. *Минеев Ю.Н.* Водоплавающие птицы Югорского полуострова. Сыктывкар, 1994. 103 с.
18. *Сыроечковский Е.В., Калякин В.Н.* Систематический статус гуменника *Anser fabalis* (Latham, 1787) Югорского полуострова, острова Вайгач и Новой Земли // Казарка. М., 1996. Т. 2. С. 168–183.
19. *Скокова Н.Н.* Водоплавающие птицы озёр Кубенского, Воже и Лача // Современное состояние ресурсов водоплавающих птиц: (Тез. Всесоюзного семинара, 20-23 октября 1984). М., 1984. С. 24–26.

20. Кузнецов Е.А., Анзигитова Н.В., Клепиков А.З. О пролёте гусей в Каргопольском районе Архангельской области и значение района в системе их миграций // Казарка. 1996. №2. С.244–249.
21. Timmermann A., Mörzer Bruyns M.F., Philippona J. Survey of the winter distribution of Palaearctic Geese in Europe, Western Asia and North Africa // Limosa. 1976. №4. P. 230–292.
22. Венгеров М.П. Перелеты птиц, гнездящихся в Коми АССР, по данным кольцевания // Изв. Коми филиала Всесоюзн. географ. об-ва. 1965. № 10. С. 93–101.
23. Лебедева М.И. Миграции гуменника по данным кольцевания // Миграции животных. Л.: Наука, 1968. Вып.5. С. 24–28.
24. Брауде М.И. Весенне-летние миграции пластинчатоклювых птиц на севере Западной Сибири // Материалы Всесоюзной конференции по миграциям птиц (Москва, 2-5 июня 1975 г.). М., 1975. Ч.1. С.183–185.
25. Антипов А.М. О весеннем пролёте водоплавающей дичи в западной части Ханты-Мансийского района // Материалы Всесоюзной конференции по миграциям птиц (Москва, 2-5 июня 1975 г.). М., 1975. Ч.1. С.176–178.
26. Данилов Н.Н., Рыжановский В.Н., Рябицев В.К. Птицы Ямала. М.: Наука, 1984. 134 с.
27. Бианки В.В., Коханов В.Д., Скокова Н.Н. Осенний пролёт водоплавающих птиц на Белом море // Тр. Кандалакшского государственного заповедника. Мурманск, 1975. Вып.9. С. 3–76.

Статья поступила в редакцию 9.04.2012.

УДК 504.054

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А.В. ПАСТУХОВ, Л.М. НОСКОВА, И.И. ШУКТОМОВА, А.И. КИЧИГИН

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*  
[alpast@mail.ru](mailto:alpast@mail.ru)

В работе обосновывается необходимость реконструкции существующего хранилища радиоактивных отходов (РАО) общей площадью 3 га в пгт Водный, с территории которого происходит вынос радионуклидов поверхностными и грунтовыми водами в р. Ухта. Показано, что хранилище не отвечает современным инженерно-техническим требованиям и оказывает негативное влияние на окружающую среду.

**Ключевые слова:** хранилище, радиоактивные отходы, радий, почва, поверхностные и грунтовые воды

A.V. PASTUKHOV, L.M. NOSKOVA, I.I. SHUKTOMOVA, A.I. KICHIGIN.  
**ENVIRONMENTAL ASPECTS OF RADWASTE TAILING POND RECONSTRUCTION**

The necessity of reconstruction of the existing radwaste tailings with total area of 3 hectares in Vodny urban settlement from which territory radionuclides are carried over by surface and ground water to Ukhta river is substantiated. In addition, it is necessary to carry out environmental monitoring of the radwaste tailings influence on the environment, i.e. air, soil and groundwater. The existing tailing does not meet current engineering requirements and has negative impact on the environment.

**Key words:** radioactive waste, radium, soil, surface and ground water, radwaste tailing

На территории Ухтинского р-на Республики Коми с 1931 по 1957 гг. действовал один из самых крупных заводов по добыче радия из подземных высокоминерализованных вод, а также привозной отработанной урановой руды. Годовой выпуск радионуклида составлял 16,5–17,5 г [3]. По технологии производства радия, помимо отработанной воды, образовывались два типа твердых РАО: «черные отвалы» – при получении радионуклида из пластовых вод на стадии выщелачивания спеков и «красные отвалы» – при выделении радия из урановой руды. Эти отходы в течение 25 лет стихийно сбрасывали на заболоченный берег р. Ухта. К моменту закрытия завода в 1956 г. на хранилище скопилось более 10 тыс. т высокоактивных отходов, содержащих около 10 г радия [2]. В 1962 г. отвалы были дезактивированы насыпным методом. Фактически хранилище находится на пойме и первой надпойменной террасе р. Ухта и представляет собой свалку радиоактивных отходов в непосредственной близости от жилой зоны пос. Водный (рис. 1). Через территорию хранилища протекают два ручья, загрязняя р. Ухта радионуклидами. В 1960 г. активность воды в этих ручьях составляла 111 Бк/л. При этом содержание радия в р. Ухта в районе хранилища увеличилось до 2,85 Бк/л [3], что в 5,8 раз превышает ныне действующие санитарные нормы (НРБ-99/2009) [1].

За прошедшие 50 лет с момента закрытия производства радиоактивность отходов значительно уменьшилась. По данным исследователей, в 1999 г. содержание радия в пробах воды из устьев ручьев составляло всего 0,02 и 0,11, в пробах воды из р. Ухта – 0,04 Бк/кг [4]. За период с 1981 по 2002 гг. произошло снижение запасов  $^{226}\text{Ra}$  в 0-100 см слое почвы от 720 до 320 ГБк [5].

Цель данной работы – природоохранный мониторинг последствий влияния существующего хранилища радиоактивных отходов на окружающую среду.

### Объекты и методы исследований

Хранилище РАО находится на территории пгт Водный, который административно является частью Ухтинского р-на Республики Коми (63°30' с.ш.; 53°25' в.д.). Его площадь составляет примерно 3 га. Данная территория расположена на северо-восточном склоне Тимана. Она представляет собой систему сопряженных элементарных геохимических ландшафтов, включая пойму р. Ухта, подножие и склон первой надпойменной террасы, склон и вторую надпойменную террасу. При проведении дезактивации насыпным методом растительный покров был полностью уничтожен [6]. Однако к настоящему времени значительная часть территории хранилища покрыта сосново-березовым лесом с травянистым покровом.



Рис. 1. Территория свалки РАО (официальный сайт <http://www.google.com/intl/ru/earth/index.html>)

Наши исследования были выполнены в 2009–2010 гг. и включали в себя заложение регулярной сети почвенных прикопок и разрезов с шагом 20 м в пределах ключевого участка хранилища РАО. На основе результатов анализа проведенных полевых исследований и ранее построенной карты плотности загрязнения  $^{226}\text{Ra}$  до глубины 1 м [7] была построена детальная почвенная карта.

Для определения содержания  $^{238}\text{U}$  и  $^{226}\text{Ra}$  на территории хранилища были отобраны образцы почв, а также пробы поверхностных (май–октябрь 2009 г.) и грунтовых вод (август–ноябрь 2009 г., май–ноябрь 2010 г.). Для изучения миграции радионуклидов с поверхностными водами был проведен отбор проб воды из устьев ручьев, протекающих по территории участка и впадающих в р. Ухта, а также в самой реке. С целью определения радионуклидов с грунтовыми водами проводили отбор из семи наблюдательных скважин (СКВ. 1-7) глубиной 2–3 м (рис. 2), скважины СКВ. 3, 6 и 7 находились в месте захоронения радиоактивных отходов. Исследовали также четыре наблюдательные скважины за пределами участка: скважины набл. 1-3 находились выше участка относительно потока грунтовых вод, а скважина набл. 4 – ниже (рис.2). Во время отборов проб измеряли уровень грунтовых вод.

Для изучения потенциальной подвижности радионуклидов в окружающей среде исследовали их формы нахождения в почвах методом последовательных вытяжек: для определения водорастворимой формы использовали  $\text{H}_2\text{O}_{\text{дист.}}$ , обменной –  $1\text{M NH}_4\text{Ac}$ , кислоторастворимой –  $1\text{M HCl}$ .  $^{238}\text{U}$  в пробах определяли люминесцентным [8],  $^{226}\text{Ra}$  – эманионным [9] методами.

### Результаты исследований

Согласно почвенно-географическому районированию, исследуемый ключевой участок относится к Северотаежному Тиманскому району с торфянисто-подзолисто-глееватыми почвами и иллювиально-гумусово-железистыми подзолами, которые развиваются под преимущественно хвойными лесами с долгомошным и долгомошно-сфагновым покровом. Абсолютные высоты колеблются в пределах 140–240 м, наблюдается постепенное поднятие равнины к северо-западу. Коренными являются преимущественно метаморфические породы – в основном глинистые сланцы. Почвообразующие породы – это моренные слабогалечниковые суглинки.

Почвенный покров хранилища представлен болотно-подзолистыми и аллювиальными почвами, не затронутыми хозяйственной деятельностью человека, природными химически загрязненными, а также техногенными почвами, имеющими механическое и химическое загрязнение – эмбриоземами (табл. 1, рис. 3). Радиационный фон на участке в настоящее время достигает 35 мкЗв/ч [11].

Природные почвы на территории хранилища сохранились только на пойме и первой надпойменной террасе, тогда как на второй надпойменной террасе находятся техногенные почвы. За прошедшие 50 лет с момента проведения дезактивационных мероприятий эти почвы имеют слабо развитые горизонты – дерновый, торфянистый, подзолистый.

Рельеф пойменной и первой надпойменной террас весьма неоднороден — представляет собой сочетание гривистых возвышений с межгривными понижениями. Это определяет преобладание мел-

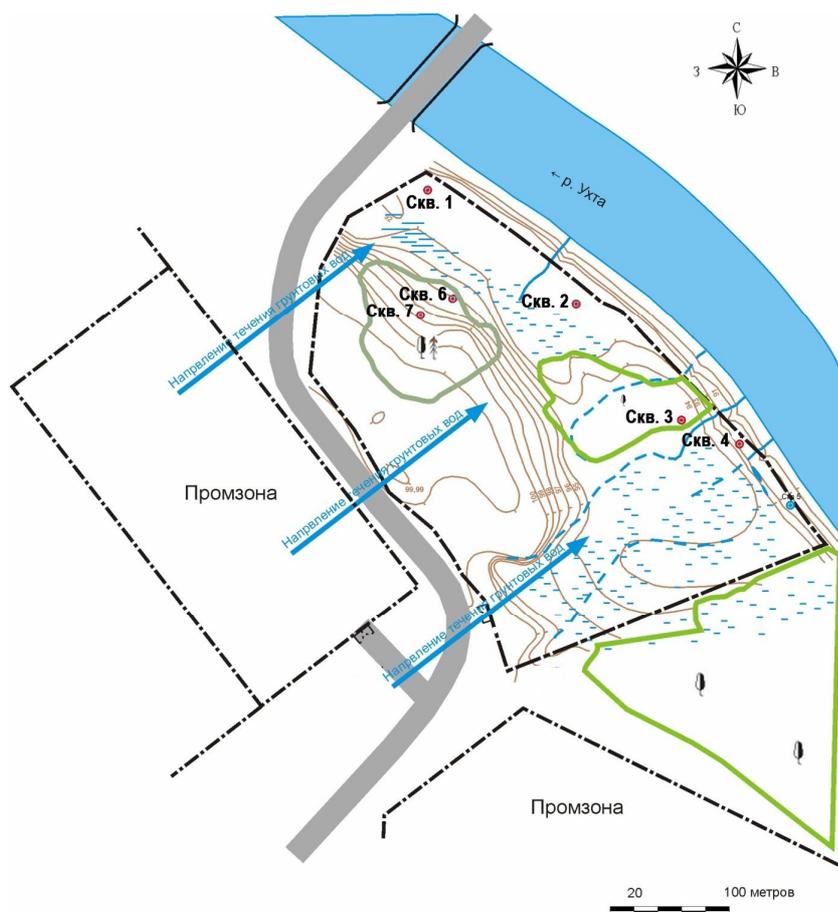


Рис. 2. Схема расположения скважин для отбора проб воды

профилю. В формировании этих почв ведущими процессами являются подзолистый и глеевый. Для торфянисто-подзолисто-глееватой почвы характерен хорошо дифференцированный профиль с устойчивыми диагностическими признаками. Под слаборазложившейся торфянистой подстилкой выделяется довольно мощный подзолистый горизонт серых оттенков, прокрашенный гумусом из подстилки. Пример описания профиля торфянисто-подзолисто-глееватой почвы приведен в табл. 2.

Все описанные природные почвы сформированы на песчаных породах, подстилаемых средними суглинками, обладают низкой емкостью поглощения и слабой устойчивостью к загрязнению различными поллютантами.

На подчиненных участках рельефа – подножие и склон второй надпойменной террасы, а также полосе стока ручьев – почвы в течение более 40 лет подвергались загрязнению отходами радиевого производства, тем более, что основные запасы радиевых отходов сконцентрированы на второй надпойменной террасе. По технологии производства радий в отходах частично оставался в виде растворимого хлорида –  $Ba(Ra)Cl_2$ .

При длительном воздействии атмосферных осадков, ветра, грунтовых и паводковых вод попавшие в окружающую среду отходы радиевого производства

Таблица 1

*Систематический список почв участка хранилища радиевых отходов в пгт Водный*

Группы, типы, подтипы почв	Индекс
<b>Природные почвы:</b>	
Болотно-подзолистые почвы: торфянисто-подзолистые глееватые	Пб <sub>1</sub>
Аллювиальные дерновые	Ад
Аллювиальные дерново-глеевые	Адг
Аллювиальные болотные	Аб
<b>Природные химически загрязненные почвы:</b>	
Аллювиальные дерновые химически загрязненные	Ад <sub>х</sub>
Аллювиальные болотные химически загрязненные	Аб <sub>х</sub>
<b>Молодые почвы на техногенных грунтах – эмбриоземы:</b>	
формируются на нетоксичных природных насыпных минеральных грунтах:	
Эмбриоземы дерновые литостраты	ЭДл
Эмбриоземы торфянистые литостраты (формируются на нетоксичных искусственных материалах промышленного и урбаногенного происхождения)	ЭТл
Эмбриоземы дерновые индустраты (формируются на токсичных природных насыпных минеральных грунтах)	ЭДи
Эмбриоземы дерновые токсилитостраты	ЭДтл
Эмбриоземы торфянистые токсилитостраты	ЭТтл
Эмбриоземы оподзоленные токсилитостраты (формируются на токсичных искусственных материалах промышленного и урбаногенного происхождения)	ЭПтл
Эмбриоземы дерновые токсиндустраты	ЭДти

коконтурных сочетаний аллювиальных почв. Поэтому в зависимости от степени гидроморфизма формируются аллювиальные дерновые, дерново-глеевые и болотные почвы, ведущими почвообразовательными процессами в которых являются дерновый и глеевый. На надпойменных террасах по мере выхода почв из сферы пойменного обводнения в них развивается подзолистый процесс и постепенно стираются признаки дернового почвообразования. Поэтому на территории хранилища, на наименее дренированных участках распространены торфянисто-подзолисто-глееватые почвы (Пб<sub>1</sub>), которые относятся к типу болотно-подзолистых почв и имеют наибольшее распространение и в естественных природных условиях в Северотаежном Тиманском районе. Оглеение может быть выражено по всему

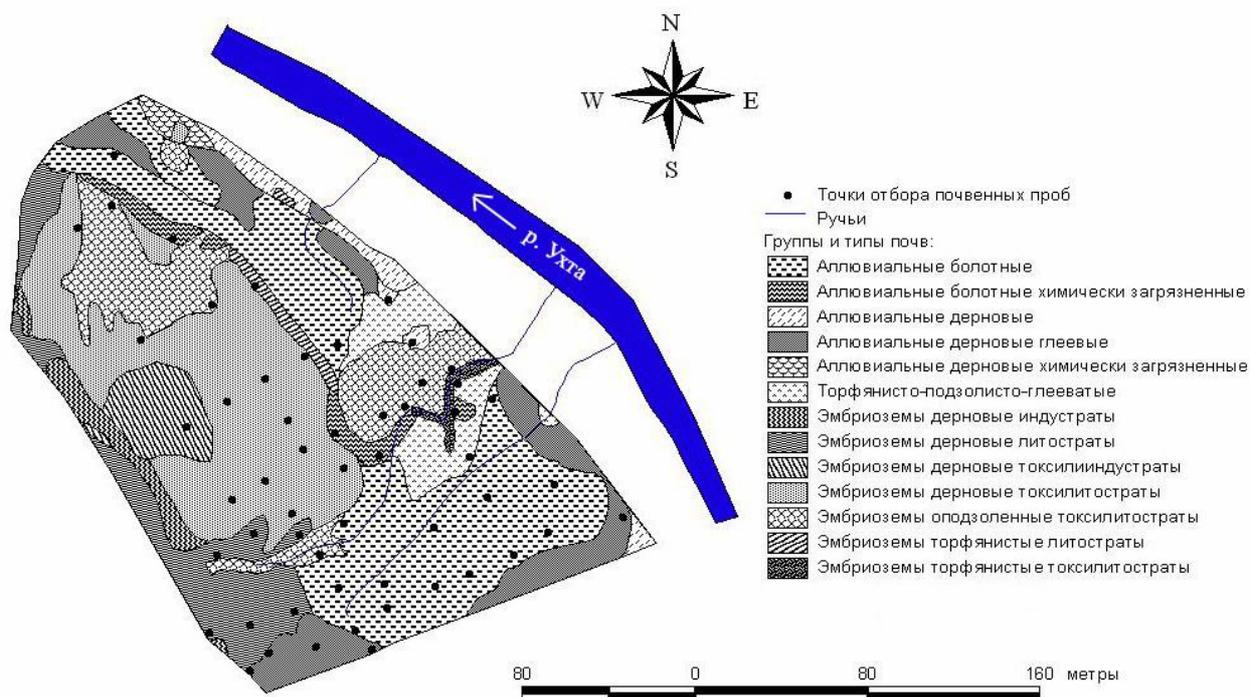


Рис. 3. Почвенная карта территории хранилища РАО.

Таблица 2

*Условия почвообразования и характеристика почв на территории хранилища РАО*

Торфянисто-подзолисто-глееватая почва		
Номер точки	-8 18	
Форма рельефа	Нижняя терраса р. Ухта	
Растительное сообщество	Опушка сосново-березового леса, осоки, травы	
Индекс на карте	Пб <sub>1</sub>	
О	0–10 см	Темно-коричневая торфянистая подстилка
Eg	10–15 см	Белесый песок
BF	15–18 см	Охристо-бурый песок
BC	18–40 см	Светло-бурый песок
Аллювиальная болотная химически загрязненная почва		
Номер точки	8 11	
Форма рельефа	У перегиба склона и нижней террасы р. Ухта	
Растительное сообщество	Осоковое болото, вода с поверхности	
Индекс на карте	Аб <sub>х</sub>	
T	0–15 см	Среднеразложившийся темно-бурый осоковый торф
Tx	15–25> см	Маслянисто-черный осоковый торф, слабодеградировавший, множество корней
Эмбриозем дерновый токсилитострат		
Номер точки	4 7	
Форма рельефа	Верхняя терраса р. Ухта	
Растительное сообщество	Разнотравный луг, кромка соснового леса	
Индекс на карте	ЭДтл	
Wao	0–3 см	Темно-серая неплотная дернина
Vr <sub>1</sub>	3–37 см	Светло-бурый песок с галькой
X <sub>1</sub>	37–70 см	«Черные отвалы»
Vr <sub>2</sub>	70–110 см	Красно-бурый песок со строительным мусором
X <sub>2</sub>	110–460> см	«Черные отвалы»

подвергались физическому и химическому выветриванию. При этом находящийся в форме легко-растворимого хлорида радий мигрировал в более низкие области хранилища [10].

Химически загрязненные почвы – почвы с естественным профилем, но с высокими концентрациями загрязнителя (радионуклидами), степень которого оценивается как чрезвычайно опасная по принятым нормативам. Для диагностики почв применяются методы геоботанической биоиндикации по косвенным признакам, например, изменению проективного покрытия по сравнению с фоновым участком, выпадению отдельных видов, развитию фитопатологических отклонений, изменениям в лесной подстилке и опаде [12]. Диагностика подтверждается аналитическими методами. В нашем случае хорошо видны следы загрязнения «черными отвалами» (табл. 3).

Таблица 3

**Распределение удельной активности Ra в разрезах**

Глубина, см	Разрез 8 18	Разрез 8 11	Разрез 4 7
	Пб <sub>1</sub>	Аб <sub>х</sub>	ЭДтл
-5	0,63	70,5	0,48
-10	0,76	145,82	0,1
-30	0,74	101,64	145,45
-55	1,12	17,4	170,69
-80	0,79	31,45	136,92
-100	0,37	33,82	245,15

Примечание: Минимально значимая удельная активность (МЗУА) <sup>226</sup>Ra = 10 Бк/г [2].

Описание профиля аллювиальной болотной химически загрязненной почвы дается на примере разреза 8 11 в табл. 2.

Радиоактивные отвалы, перекрытые слоем песка и/или строительного мусора, в основном находятся на второй надпойменной террасе. С 1956 г., с момента прекращения производства, данная территория заросла сосново-березовым лесом и луговой растительностью, а почвы прошли начальную стадию почвообразования и к настоящему времени имеют маломощный, но достаточно выраженный профиль, характерный для зональных почв. Формируются аккумулятивные маломощные почвы с профилем О-(Е)-С – эмбриоземы, которые имеют слабо развитый верхний органогенный горизонт (дерновый или торфянистый) мощностью менее 5 см. Под лесной растительностью может выделяться маломощный (1-3 см) подзолистый горизонт. Нижние слои-горизонты представлены в них системой различных насыпных слоев песка, строительного мусора или непосредственно «черным» или «красным» отвалами. Механизмом преобразования породы в эмбриоземы выступает минерализация и трансформация органического вещества микробиологическими процессами, а неполное развитие эмбриозем обусловлено недостаточной продолжительностью педогенного преобразования материнской породы. И хотя процессы синтеза и разрушения органического вещества и его взаимодействия с минеральным субстратом проходят в эмбриозе-

мах в течение короткого времени, техногенные почвенные образования постепенно начинают приобретать вид природных почв. Описание профиля эмбриозема дается на примере разреза 4-7 в табл. 2.

**Миграция <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra с поверхностными и грунтовыми водами.** Известно, что концентрация радионуклидов в воде зависит от их физико-химических свойств, форм нахождения в твердой фазе, химического состава взаимодействующих вод и физико-химических особенностей среды. При благоприятных условиях радионуклиды из мест локализации способны мигрировать на значительные расстояния. Поэтому нами исследованы процессы выноса <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra из зоны захоронения с поверхностными и грунтовыми водами для оценки их роли в загрязнении прилегающих к участку территорий.

Результаты показали, что в настоящее время удельная активность <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra в воде из ручьев, протекающих по территории хранилища, укладывается в нормативы, определяемые нормами радиационной безопасности [1]. Удельная активность <sup>226</sup>Ra достигала уровня вмешательства (УВ) при отборе воды в мае. Во время этого же отбора наблюдали максимальную концентрацию <sup>238</sup>U в воде. В среднем за весь период наблюдений содержание <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra в пробах воды поверхностных водоемов составило 0,17±0,05 и 0,20±0,03 Бк/л.

Для исследования миграции <sup>226</sup>Ra с изучаемого участка было проведено измерение удельной активности <sup>226</sup>Ra в воде и донных осадках р. Ухта. В результате выявлено, что концентрация радионуклида в пробах не превышает значений, определяемых НРБ-99/2009, хотя наблюдалась разница в удельных активностях <sup>226</sup>Ra в пробах воды и донных отложений, отобранных выше и ниже по течению (табл. 4). Таким образом, хранилище РАО оказывает негативное влияние, загрязняя <sup>226</sup>Ra р. Ухта.

Таблица 4

**Содержание <sup>226</sup>Ra в воде (Бк/л) и донных осадках (Бк/г) р. Ухта**

Место отбора	Вода	Донные осадки
Выше по течению	0,04	0,02
Ниже по течению	0,15	0,07

Примечание: УВ (<sup>226</sup>Ra) = 0,49 Бк/л [2].

По результатам анализов повышенная концентрация <sup>226</sup>Ra обнаружена в грунтовых водах скважин СКВ. 3, 6, 7, расположенных в зоне захоронения отвалов (рис. 4). Максимальная концентрация радионуклида зафиксирована в пробах воды, отобранных 15.10.09, 02.11.09 и 23.09.09 соответственно. Второй пик наблюдали в пробе воды из СКВ. 7, отобранной 06.05.10. В скважинах СКВ. 1 и 5 концентрация <sup>226</sup>Ra превышала уровень вмешательства (УВ) 1-2 раза за период наблюдений (15.10.09, 02.11.09), второй пик также отмечали в мае. Концентрация радионуклида в скважинах СКВ. 2 и 4 за период наблюдений ни разу не превышала его УВ. Однако максимальная концентрация радионуклида в воде этих скважин зафиксирована также

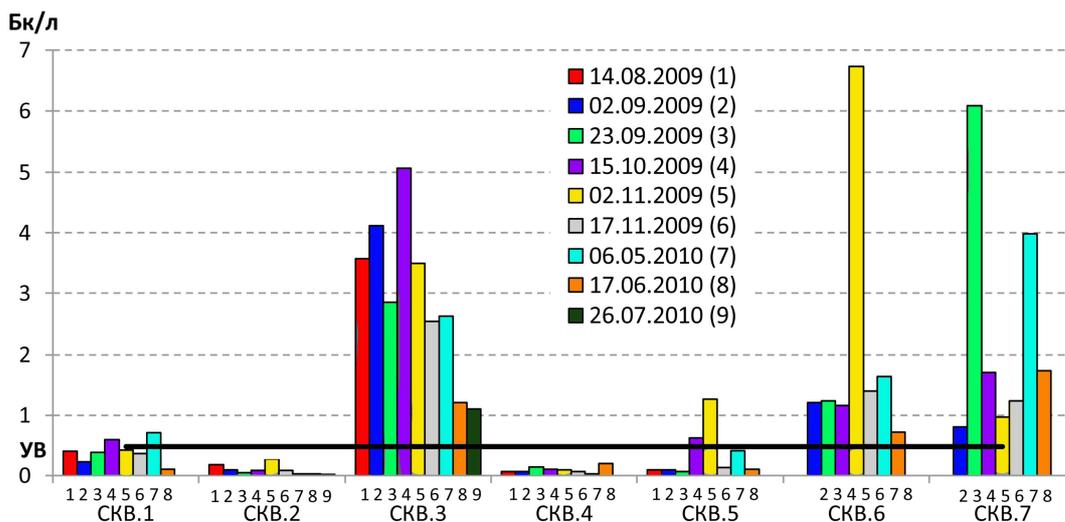


Рис. 4. Содержание  $^{226}\text{Ra}$  в грунтовой воде наблюдательных скважин хранилища.

в осеннее время. В ходе исследований было выявлено, что наиболее высокая концентрация радионуклида приурочена к периодам с максимальным уровнем грунтовых вод.

В воде наблюдательных скважин, находящихся за пределами хранилища и расположенных выше по направлению потока грунтовых вод (СКВ. 1-3), концентрация  $^{226}\text{Ra}$  была значительно ниже его УВ за весь период исследований. В скважине СКВ. 4, расположенной за пределами участка ниже по направлению потока грунтовых вод, зафиксировано повышение концентрации радионуклида во время отборов 15.10.09 и 02.11.09 – 0,46 и 0,65 Бк/л соответственно, что совпадает со временем максимальной концентрации радионуклида в грунтовых водах в пределах территории.

Концентрация  $^{238}\text{U}$  в пробах грунтовых вод за весь период наблюдений ни разу не превысила его УВ (3,0 Бк/л). Так же, как и в предыдущем случае, наиболее высокая концентрация радионуклида была обнаружена в скважинах СКВ. 3, 6 и 7 (рис. 5). Средние значения концентраций  $^{238}\text{U}$  для этих

скважин составили 0,40, 0,73 и 0,05 Бк/л соответственно. Наибольшее содержание  $^{238}\text{U}$  в воде зафиксировано в образцах, отобранных в октябрье. В наблюдательных скважинах СКВ. 1, 2, 4 и 5 концентрация  $^{238}\text{U}$  была намного ниже. Среднее содержание  $^{238}\text{U}$  в грунтовых водах –  $0,18 \pm 0,12$  Бк/л. Как показали результаты, повышенные концентрации урана в грунтовых водах участка не сказываются на его содержании в грунтовых водах за ее пределами. Концентрация радионуклида в скважинах набл.1-4 была намного ниже, чем в пробах воды из скважин СКВ. 1-7, и в среднем составила  $0,02 \pm 0,01$  Бк/л.

Важной миграционной характеристикой радионуклида, определяющей его поступление в грунтовые и поверхностные воды из мест локализации, является его подвижность в окружающей среде. Как показали результаты, в настоящее время  $^{226}\text{Ra}$  в радиоактивных отвалах находится большей частью в фиксированном состоянии. В «черных» отвалах на долю прочносвязанных соединений радионуклида приходится 62–96% его валового содержания, в «красных» отвалах – 72–87%. На

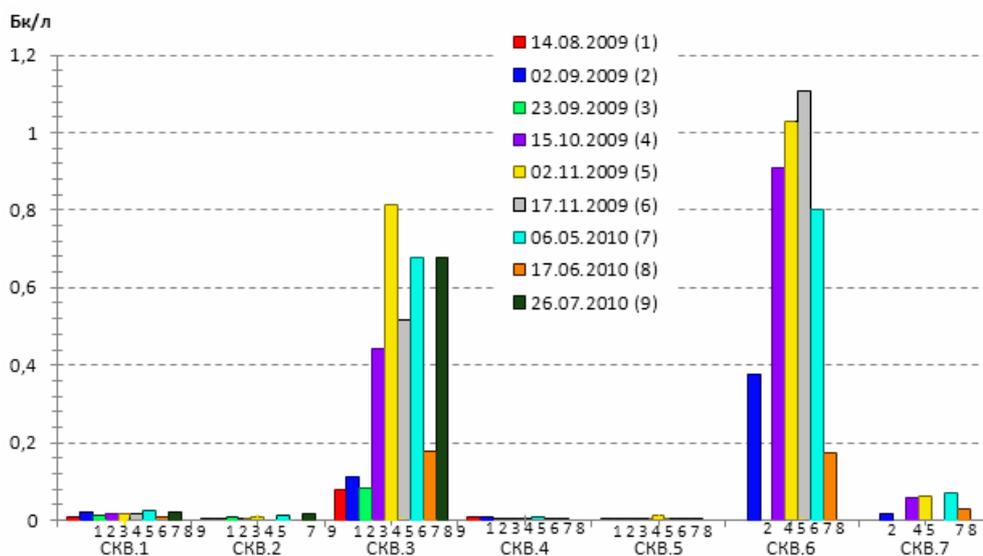


Рис. 5. Содержание  $^{238}\text{U}$  в грунтовой воде наблюдательных скважин хранилища.

Таблица 5

**Вертикальное распределение мобильных форм  $^{226}\text{Ra}$  в отвалах**

Глубина, см	УА <sup>1</sup> $^{226}\text{Ra}$ , Бк/г	Формы, % от валового		
		Водорастворимая	Обменная	Кислоторастворимая
«Черные» отвалы				
0–5	15,9	0,02	0,88	13,8
5–10	16,9	0,03	0,30	38,0
10–15	111	0,002	0,02	6,35
15–20	137	0,002	0,02	12,4
20–25	123	0,004	0,03	4,47
25–30	117	0,003	0,02	7,50
«Красные» отвалы				
0–5	169	0,005	0,02	14,7
5–10	210	0,003	0,03	14,1
10–15	106	0,004	0,04	27,8
15–20	163	0,006	0,36	15,9
20–25	135	0,02	0,60	15,0
25–30	175	0,006	0,71	12,3

<sup>1</sup>УА – удельная активность

водорастворимую и обменную фракции в обоих типах отвалов приходится <1% его общего содержания (табл. 5).

Грунтовые воды в природе представлены двумя фазами: собственно водной и твердой. Радионуклиды перераспределяются между этими фазами путем сорбции на неорганических и органических взвешенных частицах, осаждения и растворения, коагуляции и диспергирования коллоидов и др. Для характеристики сорбционных процессов радионуклидов в почвах также иногда пользуются коэффициентом распределения ( $K_d$ ). Чем выше этот коэффициент, тем более прочно радионуклид поглощен твердой фазой. Рассчитанные нами коэффициенты распределения  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}$  между твердой и жидкой фазами были достаточно высокими, порядка  $10^3$ – $10^4$  л/кг (табл. 6). Как показали результаты, содержание  $^{226}\text{Ra}$  в воде примерно соответствует содержанию его водорастворимых форм в отвалах. Таким образом, грунтовые воды способны вымывать растворимые в воде формы радионуклида и, тем самым, переносить их за пределы мест локализации. Исходя из данных предыдущих лет, содержание урана и радия в целом, а также их подвижных форм в частности, в почвах снизилось [5]. Такие изменения вполне вероятны вследствие водной миграции подвижных форм радионуклидов в течение длительного времени. Кроме того, со временем радионуклиды могут переходить в необменные состояния и более прочно поглощаться почвами, что также ведет к снижению их мобильности.

Таблица 6

**Коэффициенты распределения  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}$  между жидкой и твердой фазами**

№ скважины	$^{226}\text{Ra}$			$^{238}\text{U}$		
	Содержание		$K_d$ , л/кг	Содержание		$K_d$ , л/кг
	в грунте, Бк/кг	в грунтовой воде, Бк/л		в грунте, Бк/г	в грунтовой воде, Бк/л	
СКВ. 1	1660	0,41	4050	13	0,01	1300
СКВ. 3	24900	2,95	8440	710	0,34	2090
СКВ. 6	71100	2,01	35400	3210	0,86	3730
СКВ. 7	93000	1,72	54100	1440	0,05	28800

**Заключение**

Существующее хранилище РАО не удовлетворяет современным инженерно-техническим требованиям и оказывает негативное влияние на окружающую природную среду.

На территории хранилища в настоящее время формируются аккумулятивные маломощные почвы-эмбриоземы, обладающие слабой устойчивостью к загрязнению различными поллютантами.

В ходе исследований зафиксировано повышение концентрации радионуклидов в поверхностных и грунтовых водах хранилища, особенно в период паводков. Полученные результаты в совокупности с данными предыдущих лет о содержании  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}$  в воде и почве свидетельствуют о выносе радионуклидов с территории хранилища РАО и их рассеянии в окружающей среде.

Для исключения негативного воздействия на окружающую среду необходимо создание полигона по захоронению отходов, т.е. специального инженерного сооружения. При этом основной задачей реконструкции существующего хранилища является устройство противофильтрационных многослойных экранов до водоупорного слоя на территории, охватывающей пойму р. Ухта.

*Работа получила целевую поддержку в рамках проекта 12-С-4-1008 «Сравнительный анализ влияния радиоактивного загрязнения воды крупных рек Сибири и Урала на качество питьевой воды населенных пунктов: мониторинг и биоиндикация».*

**Литература**

1. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».
2. Козулин А. Водный // Республика Коми: Энциклопедия. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1997. Т.1. С. 307.
3. Кичигин А.И., Таскаев А.И. Водный промысел: история производства радия в Республике Коми (1931–1956 гг.) // Вопросы истории естествознания и техники. 2004. № 4. С. 3–30.
4. Евсеева Т.И., Таскаев А.И., Кичигин А.И. Водный промысел. Сыктывкар, 2000. 39 с.
5. Носкова Л.М. Динамика миграции урана, радия и тория в компонентах экосистем, нарушенных в результате радиевого производ-

- ства: Автореф. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2010. 23 с.
6. *Таскаев А.И., Кичигин А.И.* История радиационной гигиены и радиационной безопасности СССР на примере Ухтинского радиевого промысла. Сыктывкар, 2006. 36 с.
  7. *Носкова Л.М., Шуктомова И.И.* Оценка запасов радия на территории хвостохранилища бывшего радиевого промысла // Геохимия биосферы: Докл. Междун. науч. конф. (Москва, 15-18 ноября 2006). Смоленск: Ойкумена, 2006. С. 267–270.
  8. *Добролюбская Т.С.* Люминесцентный метод // Аналитическая химия урана. М.: Наука, 1962. С. 143–165.
  9. *Старик И.Е.* Основы радиохимии. Л.: Наука, 1969. 247 с.
  10. *Носкова Л.М., Шуктомова И.И.* Долгосрочное перераспределение  $^{226}\text{Ra}$  в почвах с различным генезисом загрязнения // Современные проблемы загрязнения почв: Матер. II Междунар. науч. конф. М., 2007. Т.1. С. 178–182.
  11. *Шуктомова И.И., Носкова Л.М.* Распределение  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  на территории хранения отходов радиевого производства // Радиохимия. 2006. Т. 48. № 2. С. 533-537.
  12. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие / Под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

Статья поступила в редакцию 21.08.2012.

УДК 636.2:591.470.13

## **ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ СЕВЕРА (К 25-ЛЕТИЮ ИНСТИТУТА ФИЗИОЛОГИИ КОМИ НЦ УрО РАН)**

Т.Ф. ВАСИЛЕНКО\*, Н.А. ЧЕРМНЫХ\*\*, А.Ф. СИМАКОВ\*, Т.И. КОЧАН\*, Н.П. МОНГАЛЁВ\*

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

\*\**Лаборатория сравнительной кардиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

[vasilenko@physiol.komisc.ru](mailto:vasilenko@physiol.komisc.ru), [chermnad@mail.ru](mailto:chermnad@mail.ru)

Подведены основные итоги более полувековых исследований физиологии и биохимии продуктивных животных Севера – одного из научных направлений, которое получило свое дальнейшее развитие в Институте физиологии, организованном в феврале 1988 г. В статье обобщены результаты экспериментальных исследований физиологии пищеварения, обмена веществ и энергии, репродуктивной функции жвачных животных в контексте истории становления и развития физиологической науки в Коми научном центре. Показана специфика физиолого-биохимических адаптаций диких животных к экстремальным условиям Севера.

**Ключевые слова:** физиология, пищеварение, обмен веществ, репродуктивная функция, жвачные животные, факторы Севера

T.F. VASILENKO, N.A. CHERMNYKH, A.F. SIMAKOV, T.I. KOCHAN, N.P. MONGALEV. **BASIC RESULTS OF INVESTIGATIONS IN PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF PRODUCTIVE ANIMALS OF THE NORTH (TO THE 25<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF THE INSTITUTE OF PHYSIOLOGY, KOMI SCIENCE CENTRE, URAL BRANCH, RAS)**

The basic results of more than fifty years of investigations in physiology and biochemistry of productive animals of the North, being one of the scientific directions developed at the Institute of Physiology, organized in February 1988, are summarized. The results of experimental studies in physiology of digestion, metabolism and energy, reproductive function in ruminants in context of history of formation and development of physiological science in the Komi Science Centre are generalized. Peculiarities of physiological and biochemical adaptation of wild animals to the extreme conditions of the North are given.

**Key words:** physiology, digestion, metabolism, reproduction, ruminants, factors of the North

---

Развитие экономики и сельскохозяйственное освоение северных территорий ставит задачи выбора приоритетных направлений в научных программах академических учреждений. В сложных, нередко экстремальных условиях, ограничивающих возможности создания кормовой базы для продуктивных животных, продовольственное обеспечение населения Севера традиционно было основано на развитии молочного животноводства, овцеводства и оленеводства. Северная природно-климатическая специфика определяет особенности сезонной структуры рационов животных, а также зоогигиенические условия их содержания: длительный стойловый период (9–10 месяцев), контрастные изменения температуры среды, дефицит ультрафиолетовой радиации и отсутствие моционов (гиподина-

мия) – факторы, отрицательно влияющие на продуктивность и воспроизводительную способность молочного скота. Производство продуктов северного животноводства может быть успешно решено только на основе изучения физиологических закономерностей формирования продуктивных качеств животных.

В 50-е гг. XX в. в Коми филиале АН СССР проведены исследования по влиянию структуры кормовых рационов на продуктивность и качество молока различных породных групп крупного рогатого скота. На основании анализа лактационных кривых и динамики жирномолочности П.Ф. Рокицким [1, 2] были сделаны выводы о трех основных составляющих получения и развития продуктивных качеств коров. К ним относятся: совершенствование

приемов племенной работы, которое позволяет ускорить темпы эволюционного преобразования имеющихся пород; сбалансированные по качеству кормов рационы и создание оптимальных зоогигиенических условий содержания животных. Были определены и дальнейшие задачи изучения факторов, влияющих на лактацию и качество молока, для понимания общефизиологических закономерностей молокообразования. При исследовании качественного состава молока у коров-помесей местных породных групп с холмогорским скотом Г.М. Ивановой показано изменение качества молока от уровня удоев на протяжении лактационного периода [3]. В работах И.С. Маркова и П.Н. Шубина по изучению продуктивных и породных качеств крупного рогатого скота в Коми АССР сделано заключение, что только улучшение породности без обеспечения кормовой базы не может решить задачу получения и сохранения хозяйственно-полезных качеств животных на Севере [2, 4].

Для решения проблем развития северного животноводства и разработки научно обоснованных, оптимальных условий кормления и содержания сельскохозяйственных животных в 1962 г. в Институте биологии Коми филиала АН СССР под руководством Н.Е. Кочанова была создана лаборатория экологии и физиологии животных.

Предметом исследований физиологов стала сформировавшаяся в ходе эволюции сложная пищеварительная система жвачных животных с многокамерной структурой желудка и участием микрофлоры в **переваривании** больших объемов корма, энергия которого обеспечивает жизнедеятельность организма, воспроизводство и получение молочной или мясной продукции. Изучение физиолого-биохимических процессов переваривания и усвоения питательных веществ корма открывало возможности коррекции и управления этими процессами в организме продуктивных животных.

#### **Физиология питания и пищеварения жвачных животных**

Сотрудниками лаборатории проведена энергетическая оценка [5] и получены характеристики усвояемости кормов растений, впервые интродуцируемых в Коми АССР. Исследовано влияние различных типов кормления на продуктивность крупного рогатого скота в отдельных зонах Коми АССР (районы Заполярья, центральная и южная части республики).

Для более детального изучения трансформации питательных веществ в пищеварительном тракте жвачных животных, процессов всасывания и усвоения нутриентов сотрудниками лаборатории А.Ф. Симаковым и А.Э.Вебером [6] разработаны уникальные хирургические методы временной изоляции преджелудков, наложения двойных анастомозов на кишечник коров, овец, северных оленей. На основании биохимических анализов содержимого всех отделов желудочно-кишечного тракта показана ведущая роль микробальной ферментации в рубце, где происходит расщепление большей части

питательных веществ корма до летучих жирных кислот (ЛЖК), углекислоты и метана, всасывание метаболитов, а также синтез белка.

В преджелудках идет распад белков корма на аминокислоты и аммиак, которые используются микрофлорой для синтеза собственных белков и частично всасываются через стенку рубца. В результате рубцовой ферментации концентрация аминокислот увеличивается по сравнению с их содержанием в кормах. Их количество в химусе тонкого кишечника, где в основном происходит всасывание, характеризует обеспеченность организма аминокислотами и является одним из индикаторов физиологически оптимального кормления для высокопродуктивных животных [7].

Процесс всасывания азотсодержащих веществ из пищеварительного тракта в кровь требует энергетических затрат и в значительной степени зависит от содержания в химусе глюкозы. Растворимые углеводы почти полностью сбраживаются в рубце, и только незначительное их количество, поступающее в кишечник, имеет вторичное микробальное происхождение. Экспериментальное изучение роли различных отделов желудочно-кишечного тракта в усвоении углеводов в зависимости от типа кормления показало, что источником моносахаридов в тонком отделе кишечника являются не только эндогенные, но и экзогенные полисахариды. При высококонцентратном кормлении лактирующих коров усвоение клетчатки, сахарозы и кетоз происходит в тонком и толстом отделах кишечника. Введение в рацион животных противоязвотной добавки увеличивает компенсирующую роль кишечного переваривания углеводов [8].

В экспериментальных исследованиях выявлено, что при сбалансированном рационе гомеостатическая функция ионообмена характеризует его участие в процессах всасывания белковых, углеводных метаболитов и минеральных веществ. Впервые установлено, что основными принципами гомеостаза ионного баланса у полигастричных животных являются два механизма транспорта ионов через стенку рубца-сетки: сопряженное эквивалентное всасывание анионов ЛЖК с минеральными катионами и равноценный обмен анионов на бикарбонаты и хлориды. Н.Е. Кочановым были определены **особенности** кислотно-щелочного гомеостаза в организме жвачных: «кислый» – до начала функционирования преджелудков и «щелочной» – во взрослом состоянии [9–13]. Щелочной характер ионного равновесия в организме животных сохраняется на разных этапах репродуктивного цикла (беременность, лактация, эстральная цикличность) и при изменении кислотно-щелочного баланса и минерального состава крови [13].

При изучении процессов обмена воды и ионов в изолированных преджелудках овец Н.Е. Кочановым и Н.И. Чувьюровой получено подтверждение гипотезы о том, что основная роль в регуляции ионного равновесия принадлежит преджелудкам, особенно рубцово-сетковому отделу [14]. Поддержание гомеостаза среды в пищеварительном тракте является важным механизмом адаптации про-

дуктивных животных к сезонной специфике кормления. В условиях Севера для крупного рогатого скота и овец полуконцентратный тип кормления с высокой долей грубых и сочных кормов в стойловый период является наиболее оптимальным и физиологически полноценным для усвоения питательных веществ в организме жвачных животных. Установленные физиолого-биохимические закономерности усвоения питательных веществ в пищеварительном тракте жвачных животных позволили разработать основы коррекции структуры рациона в зависимости от уровня молочной продуктивности и стадии репродуктивного цикла коров.

### Физиология репродуктивной функции

Репродуктивная функция домашних жвачных животных эволюционировала под влиянием создаваемых для них стационарных условий содержания, кормления, использования приемов искусственного осеменения. При исследовании физиологических механизмов регуляции воспроизводительной функцией выявлена роль метаболического обеспечения восстановления естественной эстральной цикличности у коров в лактационный период. Установлено, что эффективность воспроизводства животных определяется оптимальным уровнем обменных процессов в организме [15–17]. Повышенное содержание общего холестерина в крови коров является необходимым условием активации функции яичников и формирования полноценных циклов в послеродовой лактационный период [18].

Естественная инициация эстральной цикличности у коров после родов зависит от функционального состояния репродуктивной системы, в поддержании которого важная роль принадлежит иммунокомпетентным клеткам крови. Впервые установлено, что в процессе формирования полноценного полового цикла высокое содержание лейкоцитов в крови сосудов репродуктивных органов (физиологический лейкоцитоз) значимо выражено у диких и домашних животных. Физиологический лейкоцитоз обеспечивает избирательное использование функционально разграниченных клеток белой крови (лимфоцитов и нейтрофилов) в зависимости от фазы цикла. Изменение лимфоцито-нейтрофильного отношения является индикатором оптимального взаимодействия иммуноцитов со структурой репродуктивных органов в течение цикла [19, 20].

На основании проведенных исследований предложены клинко-физиологические тесты для определения функциональной активности яичников коров с использованием характеристик морфологического состава покровного эпителия влагалища, цервика-вагинального секрета и уровня обмена веществ. Определены маркеры крови, характеризующие состояние организма животных в период прохождения половых циклов, которые позволяют оценивать результативность осеменения. Для коррекции эстральной цикличности, восстановления полноценных циклов и сокращения периода от родов до оплодотворения получены и апробированы естественные биостимуляторы из животных тканей и

растений, обеспечивающие повышение эффективности воспроизводства коров [21].

### Условия содержания продуктивных животных на Севере

Частичное или полное исключение на Севере пастбищного периода, длительное содержание коров в животноводческих комплексах и отсутствие регулярной двигательной нагрузки (моциона) в стойловый период вызывают серьезные нарушения в работе физиологических функций, изменение интенсивности обмена веществ. Негативные воздействия приводят к сокращению длительности хозяйственного использования животных, ослаблению естественной резистентности организма и снижению молочной продуктивности. В лаборатории проведены эксперименты по влиянию «жестких» условий гиподинамии на формирование функций крови, дыхания, сердечной деятельности у телят в первые месяцы после рождения. Нахождение животных в ограничивающей движения клетке нарушало естественно побуждающие мотивации поведения, необходимые для сохранения высокой реактивности функциональных систем и организма в целом.

Установлено, что у животных в первые 15 дней постнатального онтогенеза заметно снижался уровень гемоглобина крови (физиологическая анемия) в результате разрушения эритроцитов плодного происхождения. Компенсаторное восстановление содержания эритроцитов у телят в условиях гиподинамии было замедлено по сравнению с возрастной динамикой состава крови у животных-аналогов при свободном содержании. У месячных телят при ограничении двигательной активности наблюдалось достоверное уменьшение кислородной емкости крови, снижение эффективности функции внешнего дыхания и газоэнергетического обмена (частоты дыхания, вентиляции легких, потребления кислорода и выделения углекислого газа) [22–24].

Отрицательное влияние гиподинамии в условиях северных животноводческих комплексов необходимо учитывать при разработке современных технологий содержания молочного скота, для направленного выращивания молодняка с высокой молочной продуктивностью и воспроизводительной способностью. Проблема поддержания необходимой двигательной активности животных частично была решена одной из разработанных и рекомендуемых технологий конвейерного обслуживания молочных коров, которая позволяет проводить физиологически обоснованный дозированный моцион в пределах скотного двора [25, 26].

Микроклимат животноводческих помещений существенным образом зависит от природно-климатических условий района, где расположено хозяйство. В зимний стойловый период при среднемесячных температурах наружного воздуха от  $-14^{\circ}$  до  $-20^{\circ}\text{C}$  температура в обследованных помещениях не превышала  $4^{\circ}$ – $10^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности воздуха до 95%. Низкие температуры и высокая влажность воздуха вызывают напряженность адаптивных терморегуляторных реакций, от-

рицательно влияют на общий жизненный тонус организма, уровень продуктивности и продолжительность периода хозяйственного использования животных. Установлено, что вынужденная теплоотдача и теплопотери организма также приводят к нерациональному расходу энергии корма и снижению молочной продуктивности. Во время прогулок в открытом загоне при температуре до  $-25^{\circ}\text{C}$  адаптивные терморегуляторные реакции у коров проявлялись в снижении частоты дыхания (на 10–40%) и уменьшении вентиляции легких, что сокращало связанные с дыханием на холоде теплопотери организма [27].

Установлено, что терморезистентность к высоким температурам среды снижается при увеличении продуктивности коров и высокоэнергетическом уровне кормления. В условиях плохо вентилируемых помещений при температуре выше  $15^{\circ}\text{C}$  вынужденное повышение теплоотдачи с дыханием происходит за счет интенсивной вентиляции легких (корреляция с температурой среды составила  $r = 0,54-0,94$ ) и учащения дыхания ( $r=0,64-0,88$ ). Поддержание температурного гомеостаза организма в условиях некомфортных температур (низких или высоких) зависело от возраста животных, их физиологического состояния, уровня продуктивности, сезонных морфологических изменений шерстного покрова и всего комплекса зоогигиенических условий [27].

### Физиология северного оленя

Северное оленеводство – было одной из основных отраслей сельскохозяйственного производства и являлось источником диетической мясной продукции для населения северных районов Республики Коми. Общее поголовье северных оленей в хозяйствах РК в 1951–1956 гг. составляло около 140 тыс. голов, в 1970–1972 гг. – 120–160 тыс., затем в 1976 г. наблюдалось снижение до 80 тыс. голов. Основным лимитирующим фактором продуктивности в оленеводстве является уменьшение кормовых запасов естественных тундровых пастбищ и при определенных погодных условиях затрудненная доступность корма из-за обледенения снежного покрова. Кроме того, потери продуктивной биомассы северных оленей зависят также от протяженности перегона стада до убойного пункта.

Особую научную ценность имеют полученные в лаборатории результаты исследований физиологических функций диких животных, которые находятся под непосредственным воздействием факторов Севера. Своеобразие среды обитания северных оленей определяет сочетание скудных кормовых ресурсов и суровости погодных условий в период длительного холодного сезона года (низкие температуры, осадки, ветер, влажность), а также резкой смены погоды. Изучение механизмов поддержания энергетического гомеостаза в организме диких животных является одной из актуальных проблем экологической физиологии.

Целостная картина обмена веществ в организме диких жвачных животных впервые была получена в экспериментах с использованием хирургических

методик выведения системы внешних анастомозов и фистул на разных участках желудочно-кишечного тракта, позволяющих проведение биохимического анализа химуса в сочетании с изучением состава биологических сред. Результаты уникальных исследований по физиологии пищеварения северных оленей в экспериментальных и естественных условиях обобщены и опубликованы в серии статей, тематических сборниках и монографиях [9, 13, 28–31].

Одной из особенностей физиологических адаптаций организма жвачных животных являются сезонные изменения интенсивности процессов пищеварения и всасывания в многокамерном желудке за счет специфических сезонных перестроек обмена веществ. Впервые показано, что в зимний период северные олени восполняют лимитированные в кормах азотистые и минеральные вещества посредством усиления их рециркуляции в органах пищеварительного тракта. Низкий уровень протеина в ягельном корме оленей компенсируется за счет усиленного притока в рубец эндогенного азота посредством увеличения румено-гепатической циркуляции азота и резервных белков организма [28, 31]. При снижении выведения мочевины через почки на фоне увеличения аммиачного азота поддерживается гомеостаз внутренней среды организма и сохраняется эндогенный азот. Эта закономерность наиболее отчетливо проявляется у северного оленя в зимний период в условиях низкого уровня кормовых ресурсов.

Гомеостатирование обмена веществ у жвачных животных в избирательном ионообмене и депонировании питательных веществ выполняет отдел пищеварительной системы «рубец-сетка». Всасывание продуктов рубцовой ферментации в пищеварительном тракте северного оленя происходит путем сопряженного эквивалентного транспорта анионов с минеральными катионами и эквивалентного избирательного ионообмена [28–30]. Установлено, что в процессе интегрального механизма ионного равновесия в биологических жидкостях организма диких животных принимают участие метаболиты белкового, углеводного, жирового и минерального обменов.

Основную массу органического вещества грубых кормов (до 80% и более) у полигастрических животных составляют углеводы, которые расщепляются в основном в преджелудках бактериями и простейшими до летучих жирных кислот, метана и углекислого газа [32]. В отличие от моногастрических животных из пищеварительного тракта жвачных всасывается только небольшое количество глюкозы, и поддержание гликемического уровня осуществляется, главным образом, за счет глюконеогенеза. В экспериментах на животных с двойными кишечными анастомозами установлено, что гидролиз полисахаридов кормового и микробияльного происхождения у северного оленя и овцы наиболее интенсивен в проксимальном участке тощей кишки. В этом отделе кишечника количество сахаров сопоставимо с содержанием глюкозы в периферической крови. Следовательно, потребности организма

жвачных в глюкозе обеспечиваются не только за счет активации процесса глюконеогенеза, но и за счет всасывания моносахаридов из тонкой кишки [33–36].

Механизм энергетической адаптации диких жвачных к холодному фактору Севера сводится к экономному расходованию резервных материалов организма и снижению образования воды – конечного продукта аэробного окисления веществ. Это способствует ограничению теплоотдачи и поддержанию температурного гомеостаза в организме северных оленей [37].

В ходе эволюции у диких животных Севера сформировались адаптивные механизмы, в основе которых лежит принцип минимизации энергетических затрат на поддержание температурного гомеостаза в экстремальных условиях. При проявлениях «жесткости» погоды и дефиците кормов совершенство морфофизиологической теплоизоляции северных оленей обеспечивает высокую эффективность адаптации без дополнительного расхода энергии для увеличения внутренней теплопродукции. Низкий уровень обмена веществ и теплопродукции северного оленя в этих условиях свидетельствует о переходе организма на режим энергетически экономного функционирования всех физиологических систем, поддерживающих жизнедеятельность и воспроизводство популяции в условиях Крайнего Севера [37, 38].

### Заключение

К достижениям фундаментальной физиологической науки следует отнести большой объем новой информации, раскрывающей закономерности функционирования пищеварительной, репродуктивной и других систем организма жвачных животных. Результаты многолетних комплексных исследований обмена веществ и усвоения энергии корма были получены с использованием в качестве модельных объектов – продуктивных животных (коров, овец, северных оленей) в специфических природных условиях Севера. Для решения основной проблемы северного животноводства – получения высокой продуктивности при разработке научных основ оптимальной обеспеченности и эффективного использования кормов – были использованы выявленные закономерности белкового, углеводного и минерального обменов при различных по структуре рационах кормления животных.

В лаборатории разработаны уникальные методы временной изоляции рубцово-сеточной зоны желудка и наложения системы двойных анастомозов для изучения биохимических процессов на различных участках пищеварительного тракта жвачных животных. На современном методическом уровне проведения экспериментов были установлены физиолого-биохимические особенности и видовая специфика процессов трансформации метаболитов и энергии корма. Охарактеризованы процессы рубцовой ферментации и скорости всасывания питательных веществ в пищеварительном тракте, описаны механизмы транспорта ионов че-

рез стенку «рубца-сетки» на основе установленного сопряженного эквивалентного ионообмена.

Впервые раскрыты механизмы физиологических адаптаций и биохимического гомеостатирования внутренней среды организма диких жвачных животных в условиях неравномерного сезонного поступления питательных веществ и энергии корма. Выявлена специфика румено-гепатической циркуляции азота и резервных белков в тканях в зависимости от типов корма. Показано, что одной из особенностей адаптации северного оленя к условиям холодного фактора на фоне совершенных механизмов теплоизоляционной защиты является снижение водного обмена и, как следствие, ограничение теплопотерь, что обеспечивает экономное расходование внутренней энергии организма.

На основе изучения различных уровней метаболического обеспечения репродуктивной цикличности установлены варианты оптимальных межфункциональных связей между обменом веществ, репродукцией и лактацией. Это является физиологическим обоснованием разработки технологий для повышения качественных характеристик воспроизводства высокопродуктивных животных.

Результаты исследований физиологии и биохимии продуктивных животных Севера были обобщены и на их основе защищены кандидатские и докторские диссертации: Н.Е. Кочанов, 1959, 1969; Г.М. Иванова, 1959; Л.И. Иржак, 1960; П.Н. Шубин, 1963; А.Ф. Симаков, 1970, 1996; Т.В. Симакова, 1972; Н.И. Чувьорова, 1975; А.Э. Вебер, 1976; Г.В. Тупупов, 1980; Л.П. Бадло, 1984; Т.И. Кочан, 1986; А.В. Чалышев, 1987; М.Ф. Борисенков, 1989; Т.Ф. Василенко, 2008.

Природные ресурсы северных территорий и рациональное освоение их потенциала вселяют надежду на перспективы использования достижений фундаментальной физиологической науки в становлении и развитии сельского хозяйства на Европейском Севере.

### Литература

1. *Рокицкий П.Ф.* Некоторые вопросы повышения продуктивности крупного рогатого скота // Тр. Коми филиала АН СССР. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1956. № 4. С. 60–83.
2. *Рокицкий П.Ф.* Изменения крупного рогатого скота в Коми АССР и некоторые вопросы его дальнейшего преобразования // Тр. Коми филиала АН СССР. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1957. № 5. С. 89–106.
3. *Иванова Г.М.* Состав молока коров-помесей местного скота с холмогорской породой // Тр. Коми филиала АН СССР. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1956. № 4. С. 84–89.
4. *Марков И.С., Шубин П.Н.* Молочный скот в районах Крайнего Севера Коми АССР // Тр. Коми филиала АН СССР. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1960. № 9. С. 3–15.
5. *Чермных Н.А., Поповцева А.А., Роцевский М.П.* Энергетическая оценка кормов из новых силосных растений // Третий симпозиум по новым силосным растениям. Сыктывкар, 1965. С. 145–146.

6. *Симаков А.Ф., Вебер А.Э.* Методика изоляции преджелудков жвачных животных // Кормление и обмен веществ у жвачных животных. Сыктывкар, 1978. С. 103–106. (Тр. Коми филиала АН СССР, № 38).
7. *Симаков А.Ф.* Обмен аминокислот в преджелудках лактирующих коров // Обмен веществ жвачных животных. Сыктывкар, 1989. С. 5–13. (Тр. Коми НЦ УрО АН СССР, № 105).
8. *Кочан Т.И.* Усвоение углеводов в различных отделах пищеварительного тракта коров в зависимости от условий кормления // Физиология пищеварения и репродукция жвачных животных. Сыктывкар, 1994. С. 31–38. (Тр. Коми НЦ УрО РАН, № 137).
9. *Кочанов Н.Е.* Кислотно-щелочное равновесие у жвачных животных. Л.: Наука, 1974. 184 с.
10. *Кочанов Н.Е.* Метаболизм рубца и состояние ионного равновесия в организме жвачных животных. Сыктывкар, 1982. 20 с. (Сер. препринтов «Научные доклады»/Коми филиал АН СССР; Вып. 86).
11. *Кочанов Н.Е.* Роль преджелудков в регуляции кислотно-щелочного равновесия // Ветеринария. 1985. №6. С. 57–60.
12. *Вебер А.Э.* Транспорт ионов в преджелудках жвачных животных. Сыктывкар, 1984. 40 с. (Сер. препринтов «Научные доклады» / Коми филиал АН СССР; Вып.113).
13. *Чалышев А.В.* Обмен ионов в преджелудках жвачных животных / Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2005. 220 с.
14. *Кочанов Н.Е., Чувьорова Н.И.* Процессы обмена воды и ионов в изолированных преджелудках овец // С.-х. биология. 1977. Т. 12, № 3. С. 377– 382.
15. *Василенко Т.Ф.* Закономерности возобновления и метаболического обеспечения эстральных циклов у домашних жвачных животных// Успехи физиол. наук. 2008. Т.39. №1. С. 77–90.
16. *Василенко Т.Ф., Рубцова Л.Ю., Борисенков М.Ф.* Содержание общего белка, холестерина, прогестерона в крови и клеточный состав влагалищных мазков у лосих и коров в пред- и послеродовой периоды // Зоол. журнал. 2000. Т. 79, № 8. С. 1000–1004.
17. *Василенко Т. Ф.* Метаболическое обеспечение формирования эстральных циклов у животных в период полового созревания // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2011. №4. С. 8–11.
18. *Василенко Т.Ф., Роцевский М.П.* Роль общего холестерина в восстановлении эстральных циклов у животных // ДАН. 2008. Т. 418, № 4. С. 562–563. [Vasilenko T.F., Roshchevsky M.P. The role of total cholesterol in restoration of estrous cycles in animals // Docl. Biol. Sci. 2008. Vol. 418, № 4. P. 11-12].
19. *Борисенков М.Ф., Монгалёв Н.П.* Сравнительный анализ функции репродуктивных органов коровы и самки северного оленя. Клеточный состав крови в сосудах репродуктивной системы // Ж. эволюц. биохим. физиол., 2006. Т. 42. № 3. С. 253–256. [Boris-enkov M.F., Mongalev N.P. Comparative analysis of function of reproductive organs of cows and female reindeer. Cellular composition of blood in vessels of reproductive organs // J. Evol. Biochem. Physiol. 2006. Vol. 42, № 3. P. 319–323].
20. *Борисенков М.Ф., Монгалёв Н.П.* Половые гормоны и клеточный состав крови в сосудах репродуктивных органов коров // Физиология пищеварения и репродукции жвачных животных. Сыктывкар, 1994. С. 52–56. (Тр. Коми НЦ УрО РАН, № 137).
21. *Василенко Т.Ф., Монгалёв Н.П., Чувьорова Н.И.* Физиология эстральной цикличности в репродуктивной функции коров. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 176 с.
22. *Монгалёв Н.П., Мартынов С.А., Смирнова Н.В.* Становление красной крови у телят с различным уровнем двигательной активности // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2004. Т.90, № 8. С. 481.
23. *Василенко Т.Ф., Чувьорова Н.И., Мартынов С.А.* Влияние двигательной активности на биохимический состав крови у животных в первый месяц постнатального онтогенеза // Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 2004. Т. 90, № 8. С. 489.
24. *Влияние двигательной активности* разной интенсивности на состав крови и дыхательную функцию у животных в течение первого месяца жизни/ Т.Ф. Василенко, С.А. Мартынов, Н.П.Монгалёв, Н.И.Чувьорова, Л.Ю.Рубцова // Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 2007. Т. 93, № 9. С. 1062–1070.
25. *Двигательная активность* молочного скота при конвейерном обслуживании / М.П.Роцевский, Л.Н.Кормановский, Н.А.Чермных, Э.А.Новожилова, С.А.Мартынов // Вестник с.-х. науки. 1977. № 5. С. 118–122.
26. *Роцевский М.П., Мартынов С.А.* Дозированные мышечные нагрузки и их роль в улучшении физиологического состояния и продуктивность коров // Столетний вклад РАН в становлении и развитии сельского хозяйства на Европейском Севере: перспективы использования достижений физиологической науки. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1999. С. 110–115.
27. *Чермных Н.А., Роцевский М.П., Новожилова Э.А.* Копытные животные в условиях Севера. Газоэнергетический обмен и сердечная деятельность. Л.: Наука, 1980. 173 с.
28. *Кочанов Н.Е., Иванова Г.М., Вебер А.Э., Симаков А.Ф.* Обмен веществ у диких жвачных животных (северные олени и лоси). Л.: Наука, 1981. 192 с.
29. *Усвоение питательных веществ* у жвачных животных. Сыктывкар, 1987. 112 с. (Тр. Коми филиала АН СССР; № 85).
30. *Василенко Т.Ф., Симаков А.Ф., Монгалев Н.П., Рубцова Л.Ю.* Основные итоги исследований физиологии продуктивных животных в условиях Севера // Проблемы биологии продуктивных животных. 2011. №3. С. 12–20.

31. *Симаков А.Ф.* Пищеварение северного оленя. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1993. 104 с.
32. *Кочанов Н.Е., Кочан Т.И.* Сезонные изменения углеводного питания у северных оленей // Экология. 1987. № 1. С. 50–55.
33. *Кочан Т.И.* Усвоение углеводов в различных отделах пищеварительного тракта овец // Усвоение питательных веществ у жвачных животных. Сыктывкар, 1987. С. 52–60. (Тр. Коми филиала АН СССР; № 85).
34. *Кочан Т.И.* Содержание углеводов в энтеральной среде различных отделов пищеварительного тракта северного оленя (*Rangifer tarandus*) зимой // Журн. эволюц. биохим. и физиол., 2006. Т. 42, № 1. С. 26–31. [*Kochan T.I.* Content of Carbohydrates in Enteral Medium of Various Parts of Digestive Tract of the Reindeer (*Rangifer tarandus*) during Winter // J. Evol. Biochem. Physiol., N-Y: Springer. 2006. Vol. 42, № 1. P. 30-37].
35. [*Кочан Т.И.*] *Kochan T.I.* Metabolism of carbohydrate in alimentary tract of reindeer in winter // Integrative Zoology. 2006. Vol. 1, № 2. P. 67-69.
36. *Кочан Т.И.* Механизм энергетической адаптации диких жвачных (лося и северного оленя) к холодному сезону // Materiały VIII Międzynarodowej naukowo-prakucznej konf. “Aktualne problemy nowoczesnych nauk – 2012”. Nauk biol.: Przemysł. Nauka i studia. 2012. Vol. 39. S. 65-69.
37. *Чермных Н.А.* Энергетические связи – основа адаптационного процесса северного оленя // Влияние экологических факторов на продуктивность диких животных в экосистемах Европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар, 1987. С. 115–126. (Тр. Коми НЦ УрО АН СССР, № 89).
38. *Чермных Н.А.* Экологическая физиология северного оленя. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 198 с.

Статья поступила в редакцию 07.02.2013.

УДК 612.015+612.39

## МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ МОЛОДЫХ МУЖЧИН К ПРИРОДНЫМ ФАКТОРАМ СЕВЕРА

Т.И. КОЧАН, **В.Г. ЕВДОКИМОВ**, Т.П. ЛОГИНОВА, Т.В. ЕСЕВА, Е.Р. БОЙКО

*Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
kochan0707@mail.ru*

Годовой мониторинг метаболических показателей у солдат, проходящих срочную службу на Севере, позволил выявить, что основной особенностью обмена веществ обследуемых по сравнению с северянами является проявление признаков гипогликемии не в октябре-ноябре, а в марте. В период весеннего равноденствия, но еще при действии отрицательных температур воздуха, параллельно со снижением уровня глюкозы происходит уменьшение концентраций лактата и триглицеридов, толщины кожно-жировой складки, показателей газообмена до минимальных значений. Это свидетельствует о возникновении у солдат срочной службы состояния значительного напряжения в процессах энергообеспечения организма и усилении роли анаэробного гликолиза в поддержании энергетического гомеостаза.

**Ключевые слова:** обмен веществ, человек, адаптация, Север

T.I. KOCHAN, **V.G. EVDOKIMOV**, T.P. LOGINOVA, T.V. ESEVA, E.R. BOJKO. **METABOLIC ADAPTATION OF YOUNG MEN TO NATURAL FACTORS OF THE NORTH**

The annual monitoring of the metabolic indices of young men doing their compulsory military service in the North, revealed that the basic feature of metabolism in the examined men in comparison with northerners is the development of hypoglycemia signs in March instead of October-November. In period of spring equinox, with the factor of low temperature still active, the decrease of glucose level is accompanied by the reduction of lactate and triglycerides concentrations, thickness of skin-fatty fold, and indices of gas exchange to minimum values. This testifies to considerable tension in the processes of energy supply of an organism and the increasing role of anaerobic glycolysis in maintaining energy homeostasis.

**Key words:** metabolism, human, adaptation, North

---

В настоящее время накоплен значительный фактический материал об изменениях метаболических процессов в организме человека, обусловленных действием природных факторов Севера [1–11]. Известно, что определяющая роль в процессе адаптации теплокровного организма к действию низких температур принадлежит перестройке энергетического обмена в направлении увеличения теплопродукции и поддержания температурного гомеостаза. Однако, как следует из данных литературы [12–14], потребление  $O_2$  и косвенно рассчитываемая по этому показателю теплопродукция у человека в начальный период холдовой адаптации снижаются, что свидетельствует об уменьшении энергообеспечения организма за счет аэробного окисления веществ. В этих условиях, как полагают авторы, существенно повышается энергетическая роль анаэробного гликолиза.

Современная демографическая ситуация на Севере, характеризующаяся ростом приезжего населения, ставит перед экологической физиологией неотложную задачу комплексного изучения стадий

адаптации человека к природным факторам, включающим, прежде всего, сезонные изменения светового режима и длительное действие отрицательных температур воздуха. Поэтому определенный интерес в плане изучения механизма адаптации организма к действию природных факторов представляет проведение исследований на мигрантах с небольшим сроком проживания на Севере. Отличной моделью для подобного исследования являются солдаты срочной службы, так как возраст, питание, социально-бытовые условия и многие другие факторы в такой группе людей не имеют существенных отличий, что позволяет получить более объективную оценку влияния сезонных изменений внешней среды на организм.

Цель настоящего исследования состояла в том, чтобы на основании ежемесячного обследования военнослужащих изучить годовую динамику показателей энергетического обмена и оценить ключевые моменты в адаптации организма к меняющимся условиям Севера.

### Материал и методика исследований

На протяжении года, в начале третьей декады каждого месяца, были обследованы солдаты от 20 до 32 чел. (средний возраст  $19 \pm 0,5$ , 1-я группа здоровья) срочной службы из подразделения учебного полка – комендантской роты военного гарнизона ( $62^\circ$  с.ш.). В отдельные месяцы по служебным причинам не все солдаты из группы наблюдения проходили обследование, но порядок несения службы для всех был однотипным: несение караульной службы на открытом воздухе одни сутки, сутки – повседневная служба. Последняя включала: подготовку строевую – не менее 2 ч. в день; физическую – не менее 4 ч.; специальную – не менее 2 ч., в том числе стрелковую – два раза в неделю, и теоретическую – 4 ч. в неделю по плану части.

Обследование проводили после ознакомления с целью исследования и письменного согласия военнослужащих, а также руководства военной части. Молодые люди преимущественно русской национальности не являлись коренными жителями Республики Коми, стаж их службы к моменту проведения исследований составлял четыре-шесть месяцев. В день обследования (день несения обычной службы) утром натощак (до проведения физзарядки) у солдат из локтевой вены осуществляли забор крови, в которой определяли стандартными унифицированными биохимическими методами концентрацию глюкозы (ГЛ), лактата (ЛК), мочевины (МЧ), триглицеридов (ТГ). Показатели газообмена – потребление кислорода (ПК) и выделение углекислого газа (ВУГ) – изучали в покое лежа (2 мин) с помощью автоматизированной системы сбора и обработки физиологических данных – СОФИД – комплекса приборного и программного обеспечения экспресс-диагностики состояния систем кровооб-

ращения и дыхания человека, созданного В.Г. Евдокимовым [15] на базе микро-ЭВМ линии DEC. Ввод физиологических данных обеспечивался через четырехканальный АЦП 4АЦП-10/30-ЦАП производства фирмы "ТЕКОМ" (Новосибирск).

Оценивали фактическое питание по методу, рекомендованному Институтом питания РАМН. Определяли антропометрические показатели: массу тела и толщину кожно-жировой складки (КЖС) над углом правой лопатки. Систематически учитывали режим погоды. Полученные результаты были обработаны методом вариационной статистики. Наличие статистической значимости сезонных изменений исследуемых показателей определяли с помощью параметрического  $t$ -критерия Стьюдента для оценки выборок с попарно связанными вариантами (в случае нормального) и непараметрического  $W$ -критерия Вилкоксона (в случае асимметричного распределения значений).

### Результаты исследования

Изменение температуры воздуха на протяжении года носило скачкообразный характер, т.е. не было выявлено как плавного понижения, так и плавного ее повышения. Значительные неожиданные перепады температуры отмечались в марте (резкое похолодание, на  $4^\circ\text{C}$  по сравнению с февралем) и в мае (существенное потепление до  $+27^\circ\text{C}$  днем против  $-2^\circ\text{C}$  в апреле). Все это, несомненно, отражалось на состоянии обмена веществ.

Особенностью питания солдат (рис. 1) являлось повышенное во все месяцы обследования потребление углеводов (значительно превышающее норму), а жиров, наоборот, – пониженное. Дефицит жирового компонента рациона в питании военнослужащих отмечался в течение года. Поступление белков с суточным рационом было выше

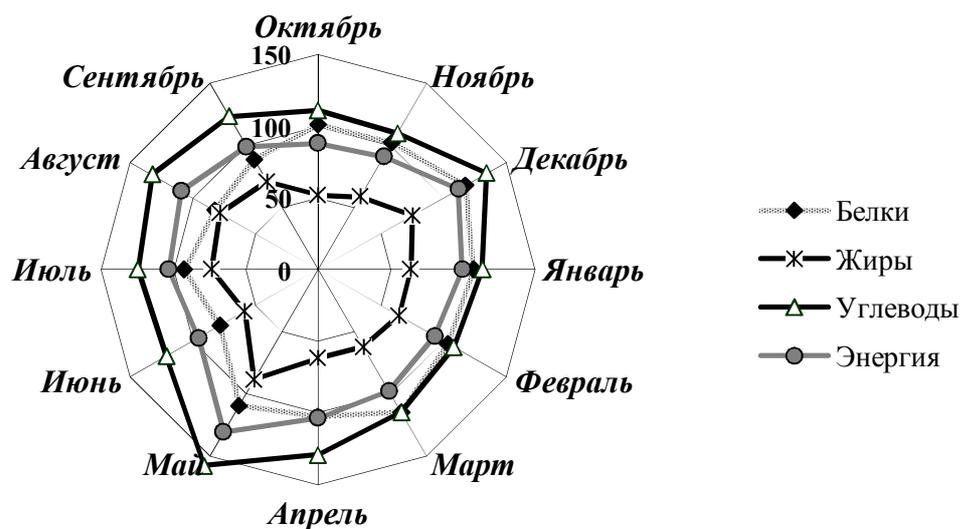


Рис. 1. Годовая динамика потребления солдатами основных пищевых элементов и энергии с суточным рационом (в процентах от нормы).

нормы в осенний, зимний и весенний периоды, тогда как летом оно в значительной степени понижалось, опускаясь в июне и августе ниже нормы. Изменение энергетической ценности суточных рационов находилось в полном соответствии с динамикой потребления углеводов.

Несмотря на дисбалансированное питание в течение года, у испытуемых были выявлены сезонные особенности изменения антропометрических показателей. Годовая динамика массы тела солдат проявлялась в постепенном ее нарастании с  $67 \pm 1,7$  кг в октябре до  $70,5 \pm 2,0$  кг в марте, дальнейшем снижении показателя до  $67,4 \pm 1,6$  кг в июне и обратном увеличении до  $70,6 \pm 1,7$  кг в октябре следующего года. Толщина КЖС (рис. 2) с наступлением холодного времени года также постепенно увеличивалась, достигая максимальной величины в декабре и январе, но, в противоположность изменению массы тела, она уменьшалась в марте, за-

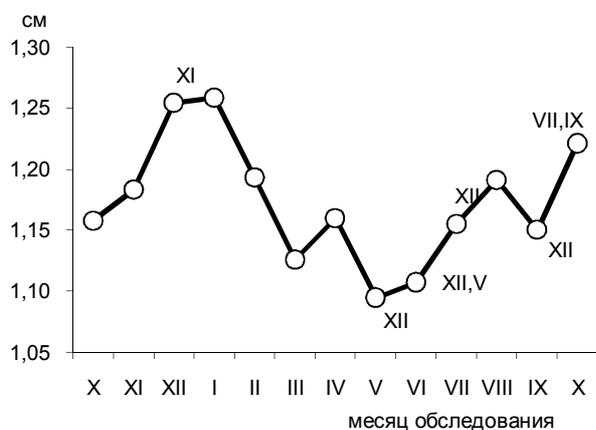


Рис. 2. Изменение толщины кожно-жировой складки (лопатка) солдат в зависимости от месяца обследования.

Примечание: римскими цифрами обозначены месяцы, по отношению к которым изменения достоверны ( $p < 0,05$ ).

тем несколько возрастала в апреле и снова снижалась до минимального значения в мае, когда отмечалось резкое потепление, а солдаты получали наиболее калорийное питание. Интересно отметить, что в летний сезон снова происходило увеличение толщины КЖС.

Динамика показателей газообмена на протяжении года выражалась в том, что ПК и ВУГ достигали максимальных значений в октябре, ноябре и мае, а в январе, марте, июне и августе величины их достоверно снижались (рис. 3), свидетельствуя о некотором торможении аэробного окисления.

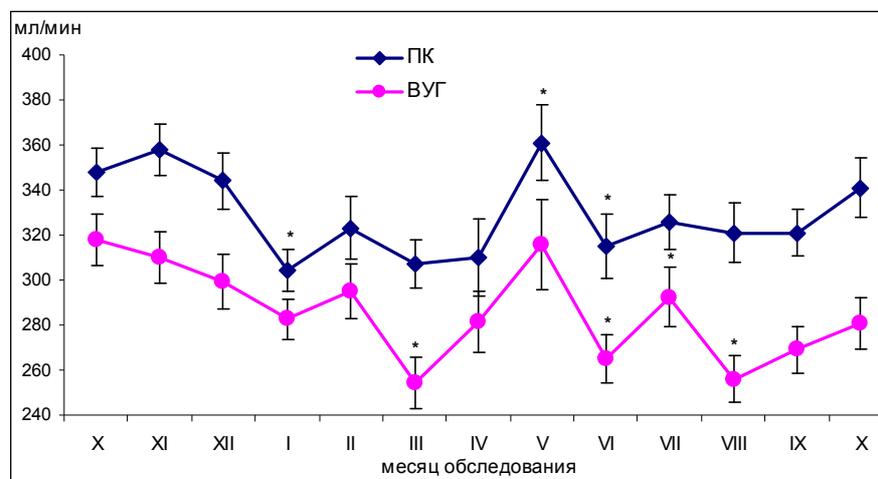


Рис. 3 Динамика потребления кислорода (ПК) и выделения углекислого газа (ВУГ).

Примечание. \* -  $p < 0,05$  – достоверность различий по сравнению с предыдущим месяцем.

Изменение концентраций метаболитов крови также носило сезонный характер. При существенном снижении температуры воздуха в ноябре (до  $-16...-19^{\circ}\text{C}$  в дни обследования) в крови испытуемых высоко достоверно увеличивалась концентрация ТГ (в 1,6 раза,  $p < 0,001$ ), понижался уровень МЧ (на 13%,  $p < 0,01$ ), но практически не изменялось содержание ГЛ и ЛК (см. таблицу).

Отличительной чертой метаболизма у испытуемых в декабре, когда температура воздуха в дни обследования составляла  $-15^{\circ}\text{C}$ ,  $-6^{\circ}\text{C}$ , а долгота дня сокращалась до минимума (5 ч. 09 мин.), наблюдалось увеличение в плазме крови ГЛ до максимальной величины (на 19% по сравнению с ноябрьским показателем,  $p < 0,01$ ) наряду со снижением содержания ТГ (на 60%,  $p < 0,001$ ). Концентрация ЛК сохранялась на высоком уровне.

В январе, при максимальном понижении температуры воздуха ( $-18...-24^{\circ}\text{C}$ ), и в марте, при неожиданном похолодании (до  $-13...-15^{\circ}\text{C}$ ) после потепления в феврале ( $-11...-9^{\circ}\text{C}$ ), гликемический уровень достоверно ( $p < 0,001$ ) снижался до нижнего предела нормы. Однако концентрация плазменного ЛК, как показателя интенсивности анаэробного окисления ГЛ, не нарастала, а также уменьшалась, особенно в марте (на 45% относительно предыдущего месяца,  $p < 0,001$ ), достигая минимального значения. Наряду с этим в марте в крови испытуемых снижалось содержание ТГ (на 24%,  $p < 0,05$ ), и, наоборот, увеличивалась концентрация МЧ (на 12% сравнительно с февральским показателем,  $p < 0,05$ ).

В апреле при увеличении долготы дня на 3 ч. после мартовского равноденствия еще продолжалось действие отрицательных температур ( $-1, -2^{\circ}\text{C}$ ). Метаболические изменения в это время года состояли в том, что достоверно повышались концентрации ГЛ, ЛК и ТГ (на 24, 105 и 54% соответственно,  $p < 0,001$ ), проявлялась тенденция к увеличению МЧ. Максимальное накопление ЛК (до верхнего предела нормы), происходящее на фоне поддержа-

**Концентрация метаболитов в крови молодых мужчин в зависимости от месяца обследования (M±m)**

Месяц обследования	Глюкоза, ммоль/л	Лактат, ммоль/л	Триглицериды, ммоль/л	Мочевина, ммоль/л
Октябрь	4,20±0,13	2,70±0,14	1,00±0,08	5,40±0,12
Ноябрь	4,32±0,25	2,67±0,08	1,58±0,04***	4,72±0,16**
Декабрь	5,13±0,13**	2,71±0,12	0,64±0,05***	4,88±0,12
Январь	3,97±0,11***	2,27±0,10*	-	4,85±0,13
Февраль	4,24±0,10	2,42±0,13	0,78±0,08	4,15±0,16**
Март	3,62±0,12***	1,34±0,09***	0,59±0,06*	4,63±0,11*
Апрель	4,48±0,14***	2,75±0,14***	0,91±0,05***	4,76±0,13
Май	4,43±0,03	2,08±0,02***	0,53±0,09**	5,70±0,01***
Июнь	4,57±0,28	1,94±0,08	0,99±0,11**	5,37±0,18
Июль	4,69±0,19	1,74±0,09	0,75±0,08	3,80±0,15***
Август	4,74±0,26	2,57±0,23***	0,69±0,03	3,42±0,19
Сентябрь	4,57±0,2	1,98±0,05*	0,52±0,05**	3,65±0,22
Октябрь	4,84±0,28	2,24±0,17	0,8±0,07**	4,23±0,17*

Примечание: \* –  $p < 0.05$ ; \*\* –  $p < 0.01$ ; \*\*\* –  $p < 0.001$  – достоверность различий по сравнению с предыдущим месяцем

ния нормального гликемического уровня, являлось свидетельством более высокой скорости его образования по сравнению со степенью утилизации.

В мае при смене действия отрицательных температур воздуха на положительные и более того – резком потеплении (до +15°C утром, +27°C днем) содержание в крови ЛК и ТГ достоверно снижалось сравнительно с апрельскими показателями (на 24 и 42% соответственно). Концентрация ГЛ практически не изменялась. В то же время уровень МЧ повышался до максимальной величины, т.е. на 20% ( $p < 0,001$ ) по сравнению с предыдущим месяцем.

В период полярного лета – июне (+10°C, +17°C), относительно мая более прохладном, содержание в крови ГЛ, ЛК, и МЧ достоверно не изменялось, тогда как концентрация ТГ возрастала на 87% по сравнению с майским показателем ( $p < 0,01$ ). В июле (+7°C, +11°C) метаболические изменения у обследуемых включали: достоверное снижение МЧ (на 29%,  $p < 0,01$ ), а также ТГ и ЛК (на 24 и 10% соответственно). Содержание ГЛ сохранялось на уровне предыдущего месяца. При некотором повышении температуры воздуха в августе (до +15°, +17°C – утром и до +21°...+22°C – днем) в большинстве метаболитов не было выявлено достоверно значимых изменений, за исключением значительного накопления в крови ЛК, на 48% больше чем в июле ( $p < 0,001$ ).

В сентябре, относительно теплом (+6°C, +12°C), содержание ГЛ и МЧ в крови солдат не испытывало достоверных изменений. В то же время значительно понижались концентрации ЛК и ТГ (на 23 и 25%).

Среднемесячная температура воздуха в октябре первого и второго года не имела существенных отличий, она превышала климатическую норму на 2 и 4°C соответственно. При повторном обследовании солдат в октябре, замыкающем цирканнуальный цикл, в крови испытуемых отмечалось по

сравнению с сентябрем повышенное содержание ТГ, ЛК и МЧ. Достоверно увеличивалась толщина КЖС, проявлялась тенденция к приросту ПК и ВУГ, однако показатели газообмена были на более низком уровне, чем в октябре предыдущего года, что свидетельствовало о меньшей интенсивности аэробного окисления веществ, о доминировании липогенеза над липолизом. Следовательно, метаболическая адаптация солдат к наступлению очередного холодного сезона уже носила опережающий характер и выражалась в более раннем резервировании жиров.

**Обсуждение результатов**

Сопоставляя представленные результаты с ранее полученными данными по сезонной динамике метаболических показателей крови у жителей Севера [7–9, 16–18], можно отметить, что у солдат не выявлено характерной для северян осенне-зимней гипогликемии. В октябре и ноябре у молодых мужчин зарегистрировано понижение уровня ГЛ, но в пределах физиологической нормы. Однако концентрация ЛК при этом также, как и у северян, достигает максимально допустимых величин, что, возможно, связано с повышенным участием в поддержании энергетического гомеостаза аминокислот, о чем свидетельствует высокий уровень МЧ, образующейся в результате их дезаминирования. Углеводные скелеты 10 аминокислот включаются в цикл трикарбоновых кислот через стадию превращения их в пируват [19] и, по-видимому, интенсивное образование последнего является, наряду с гликолизом, дополнительным фактором накопления ЛК.

Предположение о большей утилизации аминокислот в энергообмене согласуется с тем, что в это время (октябрь-ноябрь) концентрация ТГ в значительной степени повышается, особенно в ноябре, свидетельствуя об усилении липогенеза, т.е. о резервировании жиров, а не их расходе в качестве источников энергии. Полученные результаты сопоставимы с данными, установленными при изучении метаболизма у женщин, проживающих в условиях Севера, с той лишь разницей, что наибольший уровень ТГ в крови северянок выявлен в декабре [17, 18]. Интересно отметить, что если у женщин запасанию основного энергетического субстрата наряду с повышенной утилизацией ГЛ способствовало большее (август-октябрь) по сравнению с нормой потребление жиров (на 16-28%) в составе суточного рациона [18], то у солдат содержание жиров в рационе во все месяцы обследования было ниже нормы, особенно в октябре, на 40% меньше требуемого количества, и в ноябре – на 32%, тогда как потребление углеводов и белков в этот период превышало установленную норму (в среднем на 30 и 17% соответственно). Несмотря на пониженный уровень жирового питания, толщина КЖС обследуемых в ноябре по сравнению с октябрем проявляла тенденцию к увеличению. Этот факт согласуется со значительным ростом в крови концентрации ТГ.

Сравнение динамики концентрации ТГ в крови солдат на протяжении года (см. таблицу) с изменением толщины КЖС (рис. 2) показывает, что достоверное повышение уровня ТГ в ноябре, апреле,

июне, октябре положительно коррелирует с увеличением толщины складки, так же, как и понижение содержания ТГ в марте, мае, сентябре – с уменьшением величины КЖС. Однако рассогласование антропометрических и биохимических показателей жирового обмена отмечалось в декабре и августе. Возможно, это было связано с повышенным потреблением калорий (на 31 и 27% больше нормы), что способствовало одновременному резервированию и утилизации жиров, о чем свидетельствовали утолщение КЖС при снижении концентрации ТГ.

Выявленные нами особенности метаболической адаптации мигрантов к изменению факторов внешней среды в осенне-зимний период согласуются с данными по газообмену, также отражающими механизм энергообеспечения организма человека. Так, в начальный период снижения температуры воздуха и долготы дня у молодых мужчин отмечается активизация аэробного окисления веществ, а не его торможение, как это было установлено при обследовании северян на первой стадии адаптации к холодному фактору [3, 12–14].

Снижение интенсивности аэробного окисления веществ и усиление роли анаэробного гликолиза в обеспечении энергетических потребностей организма обследуемых наблюдается в январе – самом холодном месяце. Об этом свидетельствуют, с одной стороны, достоверное уменьшение ПК, а с другой – значимое понижение концентрации ГЛ крови. Следовательно, именно в связи с действием очень низких температур воздуха реакция организма молодых мужчин с незначительным сроком проживания на Севере направлена на ограничение полного окисления нутриентов до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , что способствует, во-первых, снижению теплоотдачи с таким конечным продуктом аэробного метаболизма, как вода. Во-вторых, это адаптационное изменение метаболизма направлено на повышение утилизации недоокисленных веществ в анаболических процессах, в частности, в синтезе резервных жиров. В пользу доминирования процесса резервирования жиров над их окислением свидетельствует максимальное увеличение толщины КЖС молодых мужчин.

Некоторая активизация аэробного окисления веществ у испытуемых отмечается в феврале, это подтверждается увеличением показателей газообмена. Что служит основным энергетическим субстратом для поддержания температурного гомеостаза организма, если энергетическая ценность рациона снижается за счет углеводных и белковых компонентов питания, а потребление жиров остается на низком, недостаточном по сравнению с нормой уровне. Поскольку толщина КЖС в феврале по сравнению с январем начинает снижаться и уровень ТГЦ становится вдвое меньшим, чем в ноябре, а концентрация ГЛ повышается, следовательно, в поддержании энергетического гомеостаза увеличивается роль окисления жирных кислот.

Отличительной особенностью обменных процессов в марте, при температуре воздуха более низкой, чем в феврале, является снижение концентрации ГЛ (ниже допустимой нормы) и параллельное с этим уменьшение уровня ЛК и ТГЦ до мини-

мальных значений, что свидетельствует о повышенной утилизации отмеченных метаболитов и возникновении состояния значительного напряжения в процессах энергообеспечения организма. С другой стороны, в этот период достоверно значимо увеличивается в крови концентрация МЧ, которая является результирующим показателем активного участия в обмене веществ аминокислот после их дезаминирования.

Судя по тому, что в марте показатели газообмена (ПК и в большей степени ВУГ) снижаются, можно сделать вывод о переключении механизма энергообеспечения организма на экономный режим, направленный на уменьшение теплопотерь. Дополнительным фактором, обуславливающим такое метаболическое изменение в организме испытуемых, является пониженное потребление жиров с суточным рационом сравнительно с календарными зимними месяцами. Следовательно, макронутриенты в меньшей степени подвергаются аэробному окислению.

Труднообъяснимым явлением метаболизма солдат при обследовании в марте остается то, что при меньшем расходе кислорода и образовании конечных продуктов окисления отмечалось снижение толщины КЖС и концентрации в плазме крови ТГ, свидетельствующее о мобилизации резервных жиров. По-видимому, этот факт следует рассматривать как результат интенсивного использования жирных кислот, образующихся при гидролизе ТГ, не столько для поддержания энергетического гомеостаза, сколько для анаболических процессов. Данное предположение согласуется с тем, что в марте у жителей высоких широт с разным северным стажем обнаруживается максимальное содержание в крови стероидного гормона коры надпочечников – кортизола [9], который, как известно, стимулирует образование и накопление гликогена в печени, усиливает расщепление жиров в мышцах и других тканях. В нашем обследовании повышенная утилизация метаболитов в пластических целях подтверждается нарастанием массы тела молодых мужчин, в среднем на 3,5 кг.

Таким образом, при резком понижении температуры воздуха в марте проявляется краткосрочная адаптивная реакция организма, включающая мобилизацию всех источников энергии, но, судя по снижению ПК и ВУГ сравнительно с предыдущими месяцами, аэробное окисление веществ затормаживается, что позволяет уменьшить теплопотери с таким конечным продуктом окисления, как вода, а интенсивность анаэробного гликолиза и его роль в поддержании энергетического гомеостаза организма увеличиваются.

В апреле при значительном потеплении сравнительно с мартом, но еще при действии отрицательной температуры воздуха, продолжает отмечаться напряжение в обеспечении энергетических потребностей организма, о чем свидетельствуют максимальная концентрация ЛК в крови и накопление МЧ. Так как ПК в апреле практически остается на том же уровне, что и в марте, то можно сделать вывод о сохранении существенной роли анаэроб-

ного гликолиза в механизме поддержания энергетического гомеостаза.

В мае при смене холодного режима погоды на теплый и высоком (на 48% превышающем норму) калорийном питании в значительной степени возрастает интенсивность аэробного окисления веществ, что способствует повышению теплоотдачи и обеспечению энергетического баланса в организме. Об усилении утилизации резервных жиров в это время года свидетельствуют снижение толщины КЖС до минимального значения, а также наиболее существенное понижение в плазме крови концентрации ТГ. Таким образом, в период переходный к летнему сезону отмечается очень высокая активность окислительно-восстановительных процессов.

С наступлением летнего сезона в июне в плазме крови солдат зарегистрировано значительное увеличение концентрации ТГ, которое свидетельствует об усилении липогенеза. Интересно то, что процесс резервирования жиров происходит, несмотря на существенное снижение потребления с суточным рационом, как самих жиров, так углеводов и белков. Вероятно, это связано с уменьшением энергетических затрат организма для поддержания его температурного гомеостаза. Этот факт согласуется с показателями газообмена в организме, а именно, со снижением до минимальных величин ПК и ВУГ, что свидетельствует о торможении интенсивности аэробного окисления веществ до конечных продуктов распада, т.е. об ограничении теплотеря организма, с одной стороны, а с другой – о создании возможности для резервирования жиров.

В августе при повышенном потреблении жиров с рационом, особенно по сравнению с июнем, плазменная концентрация ТГ проявляет некоторую тенденцию к снижению, а толщина КЖС, наоборот, увеличивается, т.е. происходит одновременное использование и запасание жиров. Возможно, их резервирование в жаркое время года (теневая дневная температура в августе периодически достигала +27° и +29°С, а в дни обследования она была значительно ниже) является целесообразным с позиции поддержания теплового баланса организма именно во время существенного возрастания температуры окружающей среды, так как усиление липолиза способствует повышенному образованию эндогенной воды и увеличению теплотеря в виде испарений воды с кожи и с дыханием.

Судя по тому, что концентрация ЛК в крови обследуемых в августе возрастает почти в полтора раза сравнительно с июльским показателем, образование его в значительной степени доминирует над утилизацией. Поскольку гликемический уровень не изменяется, значит, необходимая доля ЛК используется в глюконеогенезе, а существенное повышение его уровня в крови, по-видимому, связано со снижением эффективности утилизации пирувата – предшественника ЛК. Предпосылки к накоплению органических кислот при усилении липолиза, как известно, возникают в результате интенсивного потока ацетил-КоА и одновременно растущего уровня митохондриальных пиридиннуклеотидов, что приводит к блокированию окисления пирувата.

При повышении уровня НАД·Н тормозится пируватдегидрогеназа через образование ее неактивной фосфорилированной формы. Возможно, с более интенсивным протеканием липолиза связано также уменьшение содержания МЧ в плазме крови до минимального значения, что на фоне понижения ВУГ свидетельствует о меньшем участии аминокислот после их дезаминирования и декарбоксилирования в энергообмене.

С наступлением осени при снижении температуры воздуха до 6-12°С достоверно значимое понижение уровней ЛК и ТГ в крови молодых мужчин может говорить как о меньшем образовании обозначенных метаболитов, так и о большей их утилизации в обмене веществ. Поскольку энергетический запрос организма в связи с некоторым похолоданием повышается, но поступление основных энергетических субстратов с пищей является недостаточным, о чем свидетельствует снижение потребления с суточным рационом жиров и углеводов, то, по-видимому, расходование внутренних резервов организма усиливается. Учитывая этот факт и судя по тому, что показатели газообмена сохраняются на уровне августовских значений, а резерв жиров в подкожной клетчатке проявляет тенденцию к уменьшению, можно сделать вывод о преимущественном использовании в качестве источника энергии жирных кислот.

Таким образом, годовой мониторинг биохимических показателей крови, отражающих состояние углеводного, белкового и липидного обмена у молодых мужчин с небольшим сроком проживания на Севере, позволил выявить, что основной особенностью обмена веществ у них по сравнению с коренными жителями является проявление признаков гипогликемии не в октябре-ноябре, а в марте. Особенности метаболических изменений в марте, когда параллельно со снижением уровня глюкозы происходит уменьшение концентраций лактата и триглицеридов до минимальных значений, связаны, на наш взгляд, с краткосрочной адаптацией организма молодых мужчин к неожиданному похолоданию, что выражается в повышенной утилизации отмеченных метаболитов и возникновении состояния значительного напряжения в процессах энергообеспечения организма.

### Заключение

Годовой мониторинг показателей обмена веществ у молодых здоровых мужчин, проходящих срочную службу, выявил, что, несмотря на малый срок проживания в условиях Севера, у них так же, как и у коренных жителей, в начале холодной адаптации происходит резервирование жиров в подкожной клетчатке и постепенная их утилизация во второй половине зимнего сезона. Однако у солдат в отличие от северян аэробное окисление веществ на первой стадии действия низких температур не снижается, а повышается. По-видимому, в это время года наряду с углеводами в качестве источника энергии активно используются аминокислоты, о чем свидетельствует накопление в крови мочевины. Основной особенностью обмена ве-

ществ у молодых мужчин с небольшим сроком проживания на Севере является проявление признаков гипогликемии не в октябре-ноябре, а в марте, когда одновременно со снижением уровня глюкозы происходит уменьшение концентраций лактата и триглицеридов до минимальных значений, понижаются показатели газообмена. Возникновение состояния значительного напряжения в процессах поддержания энергетического гомеостаза организма, по-видимому, связано с краткосрочной адаптацией организма молодых мужчин к неожиданному похолоданию и свидетельствует, в свою очередь, о недостаточной приспособленности солдат срочной службы к перенесению длительного зимнего периода года.

#### Литература

1. *Казначеев В.П.* Актуальные проблемы адаптации человека // Климато-медицинские проблемы и вопросы медицинской географии Сибири. Т.1. Томск, 1974. С. 6–18.
2. *Казначеев В.П., Куликов В.Ю., Панин Л.Е.* Особенности экологических факторов высоких широт // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. Л.: Медицина, 1980. С. 10–24.
3. *Деряпа Н.Р., Рябинин И.Ф.* Адаптация человека в полярных районах земли. Л.: Медицина, 1977. 296 с.
4. *Панин Л.Е.* Особенности энергетического обмена // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. Л.: Медицина, 1980. С. 87–97.
5. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г., Милованов А.П.* Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 416 с.
6. *Агаджанян Н.А., Ермакова Н.В.* Экологический портрет человека на Севере. М.: "КРУК", 1997. 207 с.
7. *Бойко Е.Р.* Некоторые закономерности метаболических перестроек у человека на Крайнем Севере // Физиология человека. 1996. Т. 22. №4. С. 122–129.
8. *Бойко Е.Р., Бичкаева Ф.А.* Закономерности метаболизма у человека в условиях Крайнего Севера // Физиологические закономерности гормональных, метаболических, иммунологических изменений в организме человека на Европейском Севере. Сыктывкар, 1997. С. 34–43.
9. *Бойко Е.Р.* Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 190 с.
10. *Makinen T.M., Paakkonen T., Palinkas L.A. et al.* Seasonal changes in thermal responses of urban residents to cold exposure // Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 2004. Vol. 139. № 2. P. 229–238.
11. *Van Ooijen A.M., Van Marken Lichtenbelt W.D., Van Steenhoven A.A., Westerterp K.R.* Seasonal changes in metabolic and temperature responses to cold air in humans // Physiol. Behav. 2004. Sep. 15. Vol.82. № 2. P. 545–553.
12. *Тендитная Л.В.* Некоторые показатели сезонных изменений газообмена и основного обмена у детей – коренных жителей Крайнего Севера // Физиология и патология человека в условиях Крайнего Севера. Новосибирск, 1977. С. 99–103.
13. *Роцеский М.П., Евдокимов В.Г., Варламова Н.Г., Рогачевская О.В.* Сезонные и социальные влияния на кардиореспираторную систему жителей Севера // Физиология человека. 1995. Т. 21. № 6. С. 55–69.
14. *Рогачевская О.В.* Функционирование сердечно-сосудистой и дыхательной систем у школьников в условиях Европейского Севера: Автореферат дисс. на соис. уч. степ. к.б.н. Сыктывкар, 2002. 22 с.
15. *Евдокимов В.Г.* Автоматизированная установка для синхронного экспресс-анализа кардиореспираторной и терморегуляторной систем // Ускорение социально-экономического развития Урала. Свердловск, 1989. Блок 4. Часть 1. С. 51–54.
16. *Кочан Т.И.* Закономерности изменения показателей углеводного обмена в организме человека в зависимости от природных факторов Севера // Экология человека. 2006. №10. С. 3–7.
17. *Кочан Т.И.* Годовой мониторинг влияния условий Севера на метаболизм и функционирование сердечно-сосудистой системы человека // Усп. физиол. наук. 2007. Т.38, №1. С. 55–65.
18. *Комплексная оценка влияния условий Севера на обмен веществ, физиологическое и психоэмоциональное состояние человека / Т.И.Кочан, В.Д.Шадрин, Н.Н.Потолицына, Т.В.Есева, О.А.Кеткина // Физиология человека. 2008. Вып. №3. С.106–113.*
19. *Кольман Я., Рем К.-Г.* Наглядная биохимия. Пер. с нем. М.: Мир, 2004. 470 с.

Статья поступила в редакцию 14.11.2012.

**ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ КОМИ НЦ УрО РАН: 55 ЛЕТ НАУЧНОГО  
ПОИСКА И ОТКРЫТИЙ**

А.М. АСХАБОВ, А.А. ИЕВЛЕВ

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*  
[askhabov@presidium.komisc.ru](mailto:askhabov@presidium.komisc.ru), [museum@geo.komisc.ru](mailto:museum@geo.komisc.ru)

В статье описана история создания и деятельности Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Обобщены основные результаты деятельности института, ведущего исследования по всем направлениям наук о Земле на территории Европейского Северо-Востока.

**Ключевые слова:** науки о Земле, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Европейский Северо-Восток

**A.M. ASKHABOV, A.A. IEVLEV. INSTITUTE OF GEOLOGY OF THE KOMI  
SCIENCE CENTRE, URAL BRANCH, RAS: 55 YEARS OF SCIENTIFIC  
RESEARCH AND DISCOVERIES**

The history of establishment and activity of the Institute of Geology of the Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, is given. The main results of the scientific researches in all areas of the Earth Sciences in territory of the European northeast are discussed.

**Key words:** Earth Sciences, Institute of Geology of the Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, European northeast

**Введение**

55-летний юбилей Института геологии Коми научного центра УрО РАН пришелся на трудное для всей отечественной науки время. Впервые за почти трехвековую историю Академии наук государственной властью жестко поставлен вопрос о коренном реформировании академического сообщества.

Сегодняшняя ситуация разительно отличается от обстановки совсем недавнего прошлого, когда тоже были непростые вызовы и проблемы, но они давали основания прежнему директору института академику Н.П.Юшкину заявить на полувековом юбилее нашего учреждения: «Я не беспокоюсь за его будущее, уверен, что он преодолет, как и раньше, все потрясения и невзгоды» [1, с. 5]. У нынешнего руководства института есть беспокойство за судьбу нашего коллектива, а уверенность в его будущем зиждется на надежде, что здравый смысл должен возобладать над желанием решить сложную проблему «одним махом».

**Начало геологических исследований  
на Европейском Северо-Востоке**

Начало использования человеком минеральных ресурсов Севера уходит в незапамятные времена. Самое древнее местонахождение каменных изделий в Северной Европе открыто на правом бе-

регу р. Адзвы у пос. Харута (на границе Архангельской области и Республики Коми) и относится к периоду около 120–200 тыс. лет тому назад [2]. «Эпоха рудознатцев» привела к возникновению на Европейском Северо-Востоке многочисленных мелких горных промыслов. Кроме того, на протяжении веков успешно работали крупные горные предприятия, такие как Сереговский сользавод, Кажимские железодельные заводы и Войский точильный промысел [3]. При этом «рудознатцы» разработали эффективные методики поиска соляных растворов, железных руд и мест обитания речных жемчужниц [4].

Первое летописное упоминание об организации государственной рудопоисковой экспедиции в России относится к 1491 г., когда Великий князь Иван III послал отряд численностью 340 чел. на р. Цильму для разведки и доставки в Москву серебряной руды [2].

Начало научных исследований Европейского Северо-Востока связано с именем М.В. Ломоносова, разработавшего программу комплексного исследования российских регионов, не реализованную при его жизни [5, 6]. В 1771 г. в рамках осуществления этой программы И.И. Лепехин провел исследование по маршруту: Архангельск – Соликамск – Кайгородок – Устюг Великий – Архангельск. На следующий год он изучил берега и острова Белого моря [3, 6, 7].

Дальнейшие геологические исследования Европейского Северо-Востока «периода академических экспедиций» (1780–1917 гг.) проводились Т.С. Борноволокным, А.И. Шренком, Р.Н. Мурчи-соном, А.А. Кейзерлингом, П.И. Крузенштерном, Э.К. Гофманом, А.И. Антиповым, Н.М. Барботом де Марни, А.А. Иностранцевым, А.А. Штукенбергом, Е.С. Федоровым, Ф.Н. Чернышевым, В.П. Амалицким, В.А. Русановым, А.В. Журавским, Н.А. Куликом, А.И. Павловым, А.А. Черновым, Н.Н. Яковлевым, О.О. Баклундом, А.Н. Замятиним и др. [7–9]. В результате этих экспедиций были получены первые научные данные о геологическом строении региона, носившие фрагментарный характер.

#### **Северная научно-промысловая экспедиция**

Настоящим прорывом в геологическом изучении Европейского Северо-Востока были работы Северной научно-промысловой экспедиции (Севэкспедиция) 1920–1925 гг. [10, 11]. Руководил научной деятельностью экспедиции ученый совет, во главе которого стоял президент Академии наук А.П. Карпинский.

В отчете о работах Печорского геологического отряда Севэкспедиции летом 1924 г. профессор А.А. Чернов сформулировал судьбоносный для Республики Коми вывод: «Таким образом, в настоящее время начинают выступать на Северо-Востоке европейской части СССР неясные контуры большого каменноугольного бассейна, который естественно назвать Печорским» [12, с. 29].

#### **Печорская бригада Полярной комиссии АН СССР**

К началу 1930-х гг. сложилось понимание роли Печорского края как нового крупного народнохозяйственного региона СССР. После обнаружения Г.А. Черновым на р. Воркуте в 1930 г. коксующихся углей был организован ряд совещаний в Высшем Совете Народного Хозяйства (ВСНХ) по проблеме промышленного освоения углей Печорского бассейна [13].

20 апреля 1931 г. ВСНХ принял постановление «О развитии топливной базы в Северном крае», в котором предусматривалось заложить шахты и угольные разрезы в районе рек Воркуты, Адзвы и Нечи. Работы были возложены на Ухтинскую экспедицию ОГПУ, которая в 1931 г. добыла 9 884 т угля [12]. В 1932 г. создан Ухто-Печорский трест, и освоение природных богатств Печорского края вступило в промышленную стадию. Однако необходимо было определиться со строительством транспортных путей, позволявших наиболее рационально освоить месторождения полезных ископаемых в районах Воркуты и Пай-Хоя (коксующиеся угли и полиметаллические руды), Ухты (нефть и асфальтиты) и Щугора (каменные угли) [14]. Кроме того, разведочные и добычные работы в Печорском крае с 1929 г. велись силами заключенных и возглавлялись репрессированными специалистами-геологами. Руководство ГУЛАГа было заинтересовано в получении оценки их работы со стороны ведущих ученых АН СССР [15].

С 6 июня по 25 августа 1933 г. Печорская бригада Полярной комиссии АН СССР под руководством президента АН СССР А.П. Карпинского знакомилась с работами, которые велись Ухто-Печорским трестом. Учеными прорабатывались вопросы разведки полезных ископаемых, строительства транспортных путей и колонизации региона. Одним из главных был вывод о том, что проведенными работами Ухто-Печорского треста решен вопрос о промышленном значении Ухтинского нефтеносного района [15].

15 декабря 1933 г. в Архангельске создано Бюро по изучению Северного края Полярной комиссии АН СССР. По итогам работы Печорской бригады президиумом АН СССР в феврале 1935 г. была принята рабочая гипотеза народнохозяйственного освоения Печорского края, в которой предусматривалась организация в крае комплексной научно-исследовательской станции АН СССР.

#### **К Сыктывкарской группе Северной базы АН СССР**

15 декабря 1935 г. в Архангельске в результате реорганизации Бюро по изучению Северного края была создана Северная база АН СССР. Основным направлением работы базы было изучение перспектив освоения Печорского края [16].

Однако зрело понимание того, что академическое учреждение должно быть расположено как можно ближе к осваиваемому региону. Главный геолог Ухто-Печорского треста Н.Н. Тихонович в июле 1939 г. писал: «Необходимо, чтобы Академия наук СССР организовала свой филиал в Коми АССР, который мог бы объединить и возглавить всю научно-исследовательскую работу по изучению производительных сил края» [17]. 20–22 июля 1939 г. в Сыктывкаре состоялась Первая конференция научно-исследовательских учреждений республики, которая предложила организовать Бюро по изучению Коми края в составе Северной базы [18].

В августе 1939 г. создана постоянная Сыктывкарская группа Северной базы АН СССР (заведующий П.Д. Калинин), в составе которой был организован геологический сектор [19]. Однако власти республики считали это недостаточным для успешного решения задач освоения недр Печорского края. 31 марта 1940 г. председатель Совнаркома Коми АССР С.Д. Турышев направил письмо председателю Совнаркома СССР В.М. Молотову, в котором предложил перевести Северную базу АН СССР на территорию республики [20].

#### **От Базы по изучению Севера АН СССР к Коми филиалу АН СССР**

В связи с начавшейся Великой Отечественной войной в Сыктывкар были эвакуированы Кольская и Северная базы АН СССР, объединенные в Базу по изучению Севера им. С.М. Кирова. Возглавил ее академик А.Е. Ферсман [18, 21]. Штат нового учреждения составлял 80 чел. – это были ученые из Кировска, Архангельска, Гомеля, Петрозаводска, Москвы и Ярославской области. Заведующим геолого-геохимическим отделом базы был назначен

А.А. Чернов [22]. Работы, которые вели геологи базы в годы войны, имели цель расширения минерально-сырьевой базы Коми АССР и вовлечения новых рудопроявлений в промышленный оборот для создания местных производств. В военное время зародилась традиция проведения регулярных республиканских геологических конференций [23].

3 июня 1944 г. было издано распоряжение Президиума АН СССР и Совета филиалов и баз АН СССР о разделении Базы АН СССР по изучению Севера на Базу Академии наук в Коми АССР, Кольскую базу им. С.М. Кирова и Архангельский стационар [22, 24, 25]. В 1949 г. Коми база была преобразована в Коми филиал АН СССР [26].

В послевоенные годы коллектив сектора геологии, возглавляемый А.А. Черновым, был немногочисленным, поэтому исследования были сконцентрированы на территории Печорского Урала, слабо изученного и имевшего большие перспективы в отношении рудоносности [27]. В 1953 г. издана монография «Геологическое строение и полезные ископаемые Коми АССР», подытожившая состояние геологической изученности территории и наметившая направления дальнейших исследований [7, 27].

К началу 1958 г. состав сектора увеличился до 39 чел., что позволило постепенно охватить исследованиями и территорию Западного Притиманья, бассейн р. Мезени [7, 18, 27, 28].

#### **Первые годы работы Института геологии**

Следует отметить, что еще в октябре 1949 г. А.А. Чернов подготовил проект создания геологического института в составе Коми филиала АН СССР, предполагая открыть его в 1951 г. [25, 29]. Но тогда выполнить задуманное не удалось.

11 апреля 1958 г. вышло постановление Президиума АН СССР об организации Института геологии в составе Коми филиала АН СССР. 26 июля 1958 г. был издан приказ по Коми филиалу о создании института и назначении директора-организатора Ю.П. Ивенсена. Это было логичным и назревшим событием: во-первых, институт был нужен региону, основу развития которого составляло освоение богатой минерально-сырьевой базы; во-вторых, «черновская школа» была авторитетным коллективом геологов, способным решать масштабные задачи [1]. Главными направлениями научного поиска стали изучение строения и истории геологического развития Северо-Востока европейской части СССР и севера Урала, важнейших закономерностей формирования и размещения осадочных, магматических и метаморфических пород для совершенствования прогноза, поиска и промышленной оценки связанных с ними полезных ископаемых [7].

Период 1958–1963 гг. был этапом становления института и значительного увеличения его штата [1]. Работы первоначально велись по двум крупным проблемам: «Единая стратиграфическая шкала СССР» и «Закономерности размещения полезных ископаемых в земной коре» [27]. В 1960 г. вышел в свет первый выпуск научных трудов института, а в Медвежьей пещере на р. Унье Б.И. Гуслице-

ром и В.И. Канивцем была открыта самая северная стоянка палеолитического человека.

В 1961 г. на должность директора института был назначен М.В. Фишман, который возглавлял институт на протяжении 24 лет (1961–1985), также он руководил лабораториями петрографии и рудных полезных ископаемых, изотопной геохронологии и геологическим музеем [18]. Детально исследовал геологическое строение, магматизм и металлогенезию Приполярного и Полярного Урала, Пай-Хоя, Новой Земли, Северного Тимана, провел анализ истории геологического развития этих районов. Впервые для Севера М.В. Фишман датировал основные этапы тектонических и метаморфических процессов, участвовал в выделении, описании и корреляции магматических комплексов. Установил золотоносность территории Приполярного Урала, участвовал в открытии Пай-Хойской флюоритонной провинции.

В 1962 г. в Межведомственный стратиграфический комитет Урала и Русской платформы переданы подготовленные сотрудниками института схемы стратиграфии древних палеозойских толщ Приполярного Урала, силура и девона Печорского Урала, карбона гряды Чернышева и западного склона севера Урала, карбона Тимана и Юго-Западного Притиманья, перми и триаса западного склона севера Урала, Тимана и Юго-Западного Притиманья [27]. В 1962 г. под редакцией А.А. Чернова вышел первый выпуск многотомного академического издания «Геологическая изученность СССР», посвященный Коми АССР [3]. В 1963 г. институт работал по общеакадемической проблеме «Строение и развитие Земли» [27].

#### **Период крупных открытий и обобщений**

Период 1964–1984 гг. был для института временем крупных открытий и научных обобщений. Штат учреждения вырос до 196 чел., были значительно расширены рабочие площади, внедрены в практику научных исследований новые методы – изотопный анализ, оптическая спектроскопия, электронная микроскопия, лазерный анализ и др. Был создан Геологический музей им. А.А. Чернова. Начались работы по созданию комплексных моделей строения и развития литосферы, установления условий формирования и закономерностей размещения широкого круга полезных ископаемых, выяснения технологических свойств руд, создания автоматизированных систем их промышленной оценки и новых методов прогнозирования.

Триумфально развивался отдел геологии горючих ископаемых, который возглавлял д.г.-м.н. Владимир Алексеевич Дедеев. Под его руководством и личном участии проведено изучение тектонических условий формирования и размещения месторождений горючих ископаемых на Европейском севере России и дана их геолого-экономическая и прогнозная оценка. Значительный вклад был сделан в решение проблем теоретической и прикладной минералогии, создание научных основ и методов минералогического картирования месторождений и рудоносных районов, эксперименталь-

ного моделирования процессов минералообразования и получения искусственных кристаллов. Исследования ученых института способствовали открытию и глубокому изучению широкого круга месторождений и проявлений полезных ископаемых на территории Европейского Северо-Востока (угля, нефти, природных газов, бокситов, титановых руд, благородных и цветных металлов, фосфоритов, баритов, хромитов, железных и марганцевых руд, драгоценных и поделочных камней, ряда строительных материалов и др.). Появились и получили признание новые научные школы и направления, возглавляемые Н.П. Юшкиным, В.А. Дедеевым, А.И. Елисеевым и Я.Э. Юдовичем. Зародились и получили развитие связи с научными учреждениями и учеными Болгарии, Финляндии, Индии, США и других стран. Группой Н.П. Юшкина была решена важная для СССР проблема оптического флюорита для оборонной промышленности, отмеченная в 1982 г. премией Совета министров СССР. Были открыты новые минералы черновит и юшкинит, названные в честь выдающихся ученых института, зарегистрировано совместно с учеными Болгарской академии наук международное научное открытие о закономерностях пространственно-временного изменения морфологии кристаллов [1, 30, 31].

### Эпоха потрясений

Годы кардинальных экономических и политических потрясений в нашей стране (1985–2003 гг.) были трудными для института, однако они открыли и новые перспективы. Хотя в это время из нашего учреждения ушли многие молодые и перспективные научные сотрудники, в 2003 г. численность персонала выросла до 315 чел. Было введено в эксплуатацию здание института площадью 8 485 м<sup>2</sup>, получено и освоено новое научное оборудование. В 1992 г. в институте начал работать первый совет по защите докторских и кандидатских диссертаций. С 1995 г. стал выходить журнал «Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН». В 1996 г. была создана кафедра геологии в Сыктывкарском государственном университете.

В 1985 г. на должность директора института был назначен Н.П. Юшкин. В 1987 г. он избран членом-корреспондентом Академии наук, а в 1990 г. – академиком; в 2002 г. избран вице-президентом Международной минералогической ассоциации [1]. Расширилась география полевых работ сотрудников института за счет выхода их за пределы России – в США, Испанию, Австралию, Китай, Великобританию, Италию и другие страны. Ученые института участвовали в разработке крупных научных проблем, таких как модель строения и развития земной коры и верхней мантии региона, стратиграфия фанерозоя, эволюция магматизма и метаморфизма, бассейновый и формационный анализы, теория и методология литохимии, механизмы и эволюция минералообразования, топоминералогия рудоносных регионов, кристаллогенезис и рост кристаллов в гетерогенных средах, минеральный организмобиоз, зарождение жизни и др. Был проведен анализ минерально-сырьевой базы региона и обосно-

ваны новые рудоносные и нефтегазоносные регионы и провинции [31].

В связи с организацией в 1987 г. Уральского отделения АН СССР разработан план развития института в 1990–2010 гг. Предполагались организация и строительство Института горючих ископаемых в Сыктывкаре, отдела геологических исследований в Архангельске, геотехнологического стационара в Ухте, геофизического стационара в Усинске, геокриологического стационара в Воркуте и многое другое, что, к сожалению, из-за крушения СССР осталось несбывшимися надеждами [32].

### Институт в начале XXI в.

За 2003–2008 гг. произошло снижение численности сотрудников института до 231 чел. вследствие реструктуризации Академии наук. В 2008 г. директором института стал А.М. Асхабов [1]. В 2000-х гг. усилия института были сконцентрированы на разработке крупных научных проблем и выполнении междисциплинарных проектов. Был осуществлен новый регионально-тектонический и геодинамический синтез для крупного сегмента литосферы Евразийского континента с расположенными в его пределах Мезенским и Печоро-Баренцевоморским седиментационными бассейнами. Это позволило разработать сценарий тектонического развития и осадконакопления, провести нефтегазогеологическое районирование, дать количественную оценку ресурсного потенциала углеводородов, обосновать новые перспективы в различных районах Тимано-Печорской провинции, выработать рекомендации по постановке региональных поисково-разведочных работ. Результаты работ сотрудников института стали составной частью материалов обоснования геологических границ Западно-Арктического сектора шельфа Российской Федерации, вошли в Федеральную целевую программу освоения нефтегазовых ресурсов Тимано-Печорской провинции, Экономическую программу Республики Коми на 2001–2005 гг., Стратегию экономического и социального развития Республики Коми на 2006–2010 гг. и на период до 2015 г., Программу по геологическому изучению и оценке минеральных ресурсов недр на территории РФ и ее континентального шельфа на 2010 и последующие годы, в программы геологоразведочных работ на нефть, газ, твердые полезные ископаемые по территориям Республики Коми, Архангельской области, Ненецкого автономного округа, Концепцию стабилизации и развития минерально-сырьевого комплекса Северо-Запада России, Концепцию развития угольной отрасли Республики Коми, Концепцию освоения ресурсов твердых полезных ископаемых Ненецкого автономного округа, проект «Урал промышленный – Урал Полярный» [33].

### Итоги научных работ 2010–2012 гг.

Важным событием 2010 г. стала комплексная академическая проверка научной и научно-организационной деятельности института за период 2005–2009 гг., давшая высокую оценку нашему учреждению. В 2010 г. «Вестник Института геологии

Коми НЦ УрО РАН» был включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов (так называемый список ВАК) [34]. Исследования в области стратиграфии позволили выяснить последовательность событий и этапность развития территории Тимано-Североуральского региона в позднем эмсе и на рубеже ранней и среднедевонской эпох. Была создана трехмерная модель литосферы Тимано-Североуральского региона, включающая земную кору и консолидированную часть верхней мантии. Изучение минералоидов привело к развитию представлений об их особом ультрадисперсном структурном состоянии, были выявлены различные виды надструктурного упорядочения в минералоидах. Осуществлено моделирование химической структуры керогенов верхнеюрских и верхнедевонских углеродистых отложений Русской плиты и Тимана. Определены важнейшие принципы разработки стратегии освоения нефтяных и газовых месторождений в Арктике на основе анализа последствий техногенных катастроф. Проведена реконструкция формирования углеводородной системы и образования УВ-залежей в пределах Денисовской впадины. Выполнены теоретический и методологический анализы актуальных проблем современного минерально-сырьевого геотехнологического комплекса от прогнозно-поисково-разведочных этапов, геолого-экономической и технологической оценки месторождений, исследования технологических свойств полезных ископаемых, разработки новых добычных и перерабатывающих технологий до изучения и освоения техногенных месторождений, получения искусственных минералов, кристаллов и материалов на минеральной основе [35].

Были продолжены традиционные для института фундаментальные исследования в различных областях наук о Земле. Охарактеризованы глубинное строение и структурно-вещественная эволюция Тимано-Североуральского сегмента земной коры и его геодинамическое развитие в доордовикское время. Установлены или дополнительно обоснованы важнейшие стратиграфические рубежи в раннем и среднем палеозое и раннем мезозое на территории Тимано-Североуральского региона. Выявлены особенности состава, реализации потенциала органического вещества и нефтегазоносность Тимано-Печорского бассейна, обусловленная генерацией УВ в различных толщах. Установлены закономерности глобальной организации минерального мира и определены основные тенденции коэволюции минерального и биологического миров. Получены новые данные по органической минералогии и биоминералогии. Выполнен анализ современного состояния ресурсной базы Тимано-Североуральского региона, выявлены геолого-экономические особенности основных промышленных и потенциально промышленных районов, разработаны новые направления использования минерального сырья. Были продолжены исследования по установлению общих закономерностей строения и формирования природных органических и неорганических наноструктурированных материалов. На Северном Тимане открыты новые уникальные захоронения позд-

недевонской ихтиофауны. Выявлены основные этапы эволюции позднедевонской магматизма на территории Полярного Урала. Выполнена геолого-промышленная оценка Чим-Лоптюжского месторождения горючих сланцев в Удорском районе. В пределах Манитаньрдского района Полярного Урала проведены работы по выявлению месторождений особо чистого кварца [36].

Учеными института велись исследования по широкому кругу проблем региональной геологии и минерально-сырьевых ресурсов нашего региона. Были изучены особенности структуры и вещественного состава пород высокбарических метаморфических комплексов севера Урала. Создана прогнозная карта максимальных магнитуд возможных землетрясений Тимано-Североуральского региона. Установлена эволюция и выделены событийные рубежи, менявшие характер осадконакопления в палеозойском Североуральском осадочном бассейне. Проведен анализ геолого-геофизической изученности и морфологических свойств локальных структур Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, выделены участки, перспективные для поисков ловушек нефти и газа. Впервые в мире был обнаружен природный диафит – углеродное вещество с промежуточным состоянием между алмазом и графитом. На Полярном Приуралье обнаружен новый потенциально промышленный тип фосфоритов. Разработаны основные технологические операции и приемы инновационной фторидной технологии переработки лейкоксеновых руд, высококремнистых бокситов, каолинитов, кварцевого сырья. На основе лейкоксена Пижемского месторождения разработаны эффективные катализаторы для фотокаталитического разложения органических загрязнителей. Изучены вопросы использования нетрадиционных энергетических ресурсов нашего региона [37].

### Заключение

В 2012-м году ушел из жизни прежний директор и научный руководитель института академик Н.П. Юшкин, внесший огромный вклад в отечественную и мировую минералогию, долгие годы определявший научную и научно-организационную деятельность нашего учреждения.

19–22 мая 2013 г. в институте прошли Первые Юшкинские чтения – Минералогический семинар с международным участием «Современные проблемы теоретической и прикладной минералогии», посвященный памяти академика Н.П. Юшкина.

В настоящее время Институт геологии Коми НЦ УрО РАН представляет собой крупный многофункциональный научно-исследовательский центр с высокопрофессиональным исследовательским штатом. Создана эффективная система подготовки геологических кадров через базовую кафедру геологии в Сыктывкарском государственном университете, аспирантуру, докторантуру и диссертационные советы по защите докторских и кандидатских диссертаций. В институте работают 248 чел., среди них один академик РАН, 23 доктора и 64 кандидата наук.

Институт располагает уникальным комплексом лабораторного оборудования для изучения вещественного, элементного составов и структурного анализа горных пород и минералов, новейшими технологиями в области геолого-минералогических исследований, современной вычислительной и полиграфической техникой. В институте действует Центр коллективного пользования «Геонаука». Монографические, выставочные и архивные фонды Геологического музея им. А.А. Чернова содержат более 165 тыс. единиц хранения.

В большом объеме ведутся экспедиционные работы в Республике Коми, различных регионах России и за рубежом (Австралия, Бразилия, Испания, Китай, Эстония и др.). Ежегодно институт проводит несколько международных и российских конференций.

Институтом на основе многолетних, непрерывных и широкоохватных геологических исследований были выявлены важнейшие особенности геологического строения, вещественного состава, структуры, истории геологического развития Европейского Северо-Востока, севера Урала, островов Вайгач и Новая Земля, созданы модели глубинного строения земной коры и верхней мантии. Установлены условия формирования и закономерности размещения важнейших нефтегазоносных и угленосных комплексов, формаций рудных и нерудных полезных ископаемых, осуществлен прогноз всех видов минерального сырья.

Институт внес большой вклад в развитие всех направлений геологических наук, разработал новые научные направления и методы исследования. В их числе новая методология анализа осадочных формаций, региональная геохимия, топоминералогия рудоносных регионов, минералогическая и изотопная стратиграфия и корреляция геологических событий, петрология флюидизатно-эксплозивных систем, эволюция кристаллообразующих процессов, наноминералогия, кватеронная концепция конденсации вещества, генетико-информационная минералогия, витаминералогия, углеводородная кристаллизация жизни – организобиоз и др.

Таким образом, 55-летняя работа ученых Института геологии Коми НЦ УрО РАН позволила создать фундамент современных представлений о геологическом строении и полезных ископаемых Европейского Северо-Востока. Исследования по целому комплексу направлений наук о Земле обеспечивают институту одно из лидирующих мест среди российских учреждений геологического профиля. Все это позволяет надеяться, что история нашего учреждения будет продолжена.

#### Литература

1. Юшкин Н.П. Институту геологии 50 лет // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 11. С. 1–5.
2. История Коми с древнейших времен до современности. Т. 1 / Под общей ред. И.Л. Жеребцова, А.А. Попова, А.Ф. Сметанина. Сыктывкар: ООО «Анбур», 2011. 544 с.
3. Геологическая изученность СССР. Т. 5. Коми АССР. Период 1611–1917. Вып. I / Отв. ред. А.А. Чернов. Сыктывкар, 1962. 92 с.
4. Иевлев А.А. Древние поисковые методы рудознатцев Европейского Северо-Востока России // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 6. С. 18–21.
5. Котляков В.М., Тишков А.А. У истоков отечественной академической географии // Вестник Российской академии наук. 2011. Т. 81. № 10. С. 925–930.
6. Ломоносов и академические экспедиции XVIII века / О.А. Александровская, В.А. Широкова, О.С. Романова, Н.А. Озерова. М.: Изд-во «РТСофт», 2011. 272 с.
7. Фишман М.В. История геологических исследований и становления геологической науки на Северо-Востоке европейской части СССР // История геологических исследований на Европейском Северо-Востоке / Тр. семинара «История геологических исследований и поисков минерального сырья на Европейском Северо-Востоке». Сыктывкар, 1991. С. 10–19.
8. Геологические исследования Коми края / М.Б. Тарбаев, А. А. Иевлев, Н. Н. Тимонина и др. // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2013): Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар, 2013. С. 44–46.
9. Юшкин Н.П. Основные черты истории геологических исследований и открытий на Европейском Северо-Востоке // История геологических исследований на Европейском Северо-Востоке / Тр. семинара «История геологических исследований и поисков минерального сырья на Европейском Северо-Востоке». Сыктывкар, 1991. С. 4–9.
10. Иевлев А.А. Северная научно-промысловая экспедиция: комплексные исследования Европейского Северо-Востока России в 1920–1925 гг. // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2013): Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар, 2013. С. 18–20.
11. Иевлев А.А., Асхабов А.М. Предыстория образования Института геологии Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2013. 92 с.
12. Угольная сокровищница Севера: Сборник документов и материалов / Пред. ред. коллегии Н.П. Зашихин. Сыктывкар, 1984. 312 с.
13. Чернов А.А. Геологическая съемка Печорского края и проблема его недр // Материалы Второй конференции по изучению производительных сил Северного края. Т. I. Недр / Под общ. ред. М. Я. Рознера. Архангельск: Северное краевое изд-во, 1933. С. 16–36.
14. Результаты геолого-разведочных работ в Ухто-Печорском районе и на о. Вайгач (1929–1932 г.). Чибью, 1934. 96 с.
15. Иевлев А.А. Работа Печорской бригады Полярной комиссии АН СССР: значение, результаты и проблемы историографии //

- Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 6. С. 15-20.
16. *Отчет о научно-исследовательских работах* Северной базы Академии наук СССР за 1939 год. Архангельск, 1941. 64 с.
  17. *Тихонович Н.Н.* Как это было // Ухта. 15 февраля 1992 г. (публикация подготовлена А.Козулиным по архивным материалам).
  18. *Беляев В.В., Юшкин Н.П.* Летопись Института геологии. Сыктывкар, 1998. 88 с.
  19. *Так начинался Коми научный центр...* (У истоков академической науки в Республике Коми) / Отв. ред. Н.И. Тимонин. Сыктывкар, 1996. 100 с.
  20. *Государственное учреждение* Республики Коми «Национальный архив Республики Коми», Р-605, оп. 1, д. 890, лл. 72–73.
  21. *Анисимова Г.А.* Становление Базы АН СССР по изучению Севера им. С.М.Кирова // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 11. С. 11–13.
  22. *Академический центр* в Коми АССР в годы Великой Отечественной войны: ученый и война (1941–1945 гг.) / Отв. ред. А.Ф. Сметанин. Сыктывкар, 2005. 102 с.
  23. *Материалы Первой геологической конференции* Коми АССР (21–26 декабря 1942 г.) / Под общ. ред. А. А. Чернова, И. А. Преображенского, Д. Ф. Масленникова и др. Сыктывкар, 1944. 339 с.
  24. *Асхабов А.М., Иевлев А.А.* Кольский и Коми: академические взаимодействия // Геология и полезные ископаемые Кольского региона. Труды X Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвященной 150-летию со дня рождения акад. В.И. Вернадского. Апатиты: Изд-во К & М, 2013. С. 13–16.
  25. *Документальная история* Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Коми филиал АН СССР в 1944–1964 гг. / Отв. ред. А. М. Асхабов. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2009. 456 с.
  26. *Коми научному центру* УрО РАН 50 лет / Отв. ред. Н.И. Тимонин. Сыктывкар, 1994. 159 с.
  27. *Фишман М.В.* Экспедиционные исследования Института геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Сыктывкар, 2000. 368 с.
  28. *Елисеев А.И.* От сектора до института // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 5. С. 27–29.
  29. *Фишман М.В.* Александр Александрович Чернов – организатор Института геологии Коми НЦ УрО РАН // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2002. № 11. С. 24–26.
  30. *Фишман М.В.* Люди науки. Научные сотрудники Института геологии Коми научного центра УрО Российской АН. Сыктывкар, 1997. 315 с.
  31. *Юшкин Н.П.* Этапы истории института // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2003. № 7. С. 1–6.
  32. *Реестр несбывшихся надежд* // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2003. № 6. С. 13.
  33. *Научная и научно-организационная деятельность* Института геологии Коми НЦ УрО РАН в 2005–2009 гг. / Отв. ред. А.М. Асхабов. Сыктывкар, 2010. 152 с.
  34. *Институт геологии: итоги и публикации* 2010 года / Отв. ред. А.М. Асхабов. Сыктывкар, 2011. 114 с.
  35. *Асхабов А.М., Козырева И.В.* Институт геологии в 2010 году // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 1. С. 1–8.
  36. *Асхабов А.М.* Институт геологии в 2011 году // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 1. С. 1–8, 17.
  37. *Асхабов А.М., Козырева И.В.* Институт геологии в 2012 году // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 1. С. 1–9.

Статья поступила в редакцию 15.11.2013.



Рис. 1. Участники Тиманской экспедиции 1917 г. на р. Цильма. Справа налево: А.А. Чернов, Д.М. Раузер-Черноусова, В.А. Варсанюфьева, Н.А. Емельянова, Е.Д. Сошкина.



Рис. 2. Участники Печорской бригады Полярной комиссии АН СССР в Сыктывкаре, 1933 г. В первом ряду пятый слева – академик А.П. Карпинский.



Рис. 3. М.В. Фишман и Б.А. Голдин обсуждают предстоящий маршрут, 1960-е гг.



Рис. 4. Обсуждение итогов кристаллографических исследований. Слева направо: А.М. Асхабов, Д.П. Григорьев, Н.П. Юшкин, 1970-е гг.



Рис. 5. Приемка полевых материалов экспедиционных работ. Слева направо: И.Н. Бурцев, С.К. Кузнецов, В.В. Удоратин.



Рис. 6. Обычные трудности экспедиционных работ.



Рис. 7. Отряд И.Н. Бурцева ведет работы на Чим-Лоптюгском месторождении горючих сланцев в Удорском районе, 2010 г.



Рис. 8. Директор А.М. Асхабов знакомит участников V Северного инвестиционного форума с инновационными разработками института, 2013 г.

УДК 629.7.03.001.26

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АЭРОУПРУГОСТИ В ПЕРЕМЕННЫХ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (МКЭ)**

**В.С. ВОЙТЫШЕН\*\*\*, В.Н. СЕМЕНОВ\*\*\***

*\*Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е.Жуковского, г. Жуковский*

*\*\*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта  
[voityshen@mail.ru](mailto:voityshen@mail.ru)*

Предложена методика определения критической скорости флаттера/дивергенции крыла летательного аппарата на базе его конечно-элементной модели. Аэродинамические нагрузки определяются панельным методом и передаются на конечно-элементную модель. Для исследования границ устойчивости аэроупругих колебаний производится динамическое редуцирование исходной системы уравнений. Методика реализована в виде программного модуля для ПК. Приведен пример расчета.

**Ключевые слова:** аэроупругость, летательный аппарат, МКЭ, аэродинамические нагрузки, матрица, редуцирование

### **V.S. VOITYSHEN, V.N. SEMENOV. AEROELASTICITY PROBLEM SOLUTION BY USE OF FEM VARIABLES**

The technique of flutter/divergence speed calculation of airplane wing on the basis of its FEM model is proposed. Aerodynamic loadings are defined by a panel method and transferred on FEM model. For research of stability bounds of aeroelastic oscillations the dynamic reduction of FEM system equations is made. The technique is realized in the form of the program module for the personal computer. The calculation example is given.

**Key words:** aeroelasticity, airplane, FEM, aerodynamic loads, matrix, reduction

Современные средства проектирования летательных аппаратов (ЛА) предполагают обязательное создание конечно-элементной (КЭ) модели, на которой решается задача статической прочности ЛА. Однако для решения задач аэроупругости традиционно создаются упрощенные, пластинно-балочные расчетные модели ЛА. Не оспаривая таких преимуществ, как вычислительная эффективность и физическая ясность данных моделей, следует отметить, что пластинно-балочные модели не являются конструктивно-подобными, а это требует дополнительной работы по их инициализации, а затем по переносу получаемых результатов на проектируемую конструкцию. Поэтому вполне естественна попытка, оставаясь в рамках КЭ модели, решить задачу аэроупругости. Тем более что необходима для этого массовая модель ЛА также строится на базе МКЭ.

Однако расчет аэродинамических нагрузок, используемых в задачах аэроупругости, производится на аэродинамической модели, и возникает необходимость передачи аэродинамических нагрузок на КЭ модель. Другой проблемой является высокий порядок и заполненность получаемых при

этом аэродинамических матриц, что влечет за собой потребность в значительных объемах оперативной памяти для их размещения и больших ресурсах процессора для их обработки.

В настоящей статье рассматриваются пути преодоления этих трудностей с тем, чтобы вычислить критическую скорость флаттера/дивергенции агрегатов ЛА на базе его КЭ модели. Постановка задачи расчета на флаттер/дивергенцию на базе МКЭ подразумевает запись уравнений вынужденных колебаний ЛА (или его агрегата) в узловых перемещениях КЭ модели. Возбуждающими силами при этом выступают аэродинамические силы. В матричной записи имеем:

$$M\ddot{q}_n + D\dot{q}_n + Kq_n = Q_n, \quad (1)$$

где  $q_n$  — вектор узловых перемещений;  $Q_n$  — вектор аэродинамических узловых сил;  $M$ ,  $D$  и  $K$  — матрицы массы, демпфирования и жесткости КЭ модели соответственно, а точка означает дифференцирование по времени. Следует отметить, что матрица массы должна отражать реальное распределение массы (в т.ч. несилевой) конструкции. Эле-

менты матрицы  $D$ , соответствующие конструкционному демпфированию, имеют малый порядок в сравнении с таковыми для аэродинамического (см. далее) демпфирования и в учет не принимаются. Если же КЭ модель охватывает и систему управления, то вопрос о включении соответствующих элементов в матрицу  $D$  решается специально.

Определение полного вектора перемещений  $q_n$  конструкции на основании (1) является весьма трудоемкой задачей ввиду высокой размерности КЭ модели ЛА и заполненности аэродинамических матриц, связывающих вектор  $Q_n$  с векторами  $q_n$  и  $\dot{q}_n$ . Однако описание движения агрегатов ЛА через  $q_n$  является избыточным. Пространственная часть  $q_n$  может быть приближенно представлена как суперпозиция некоторого набора заданных координатных векторов  $\Phi_k$ , например, собственных форм колебаний ЛА [1]. Временная зависимость  $q_n$  представляется скалярными функциями  $\varphi_k(t)$ . Таким образом, выполняется разложение:

$$q_n = \sum_k \Phi_k \varphi_k(t) = \Phi \varphi. \quad (2)$$

Собственная форма  $\Phi_k$  есть решение уравнения свободных колебаний с собственной частотой  $\omega_k$ :

$$\omega_k^2 M \Phi_k = K \Phi_k.$$

Собственные частоты находятся из уравнения:

$$|\omega^2 M - K| = 0.$$

Для повышения устойчивости алгоритмов, использующих собственные формы, последние подвергают ортогонализации и нормировке:

$$\Phi_i^T \Phi_j = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases}.$$

Использование в качестве заданных функций  $\Phi_k$  собственных форм колебаний КЭ модели имеет свои преимущества: во-первых, собственные формы отражают распределение жесткостей и масс конструкции, что облегчает задачу правильного выбора диапазона форм, по которым производится разложение (2); во-вторых, ввиду ортогональности собственных форм ряд (2) сходится быстрее.

Для определения аэродинамических нагрузок строится аэродинамическая модель, соответствующая рассматриваемой конструкции. В результате аэродинамического расчета устанавливается связь аэродинамических нагрузок с величиной и скоростью деформирования конструкции. Например, при использовании панельного метода вычисляются производные коэффициентов давления в контрольных точках аэродинамических панелей по углам атаки этих панелей в виде матрицы аэродинамического влияния. Аэродинамические силы, действующие на панели, приложены в контрольных точках [2]. Возникает необходимость приведения

системы аэродинамических сил, действующих в контрольных точках, к силам, действующим в узлах КЭ модели. Так как явления аэроупругости связаны с переходом энергии воздушного потока в энергию колебаний конструкции, в качестве принципа эквивалентности двух систем сил, естественно использовать условие равенства виртуальных работ, выполняемых каждой такой системой:

$$(\delta q_n)^T Q_n = (\delta q_a)^T Q_a, \quad (3)$$

где  $q_a$  — вектор перемещений контрольных точек,

$Q_a$  — вектор аэродинамических сил, действующих в контрольных точках. Строго говоря, аэродинамические панели могут не иметь общих точек с конечными элементами и, поэтому каждой контрольной точке поставим в соответствие некоторую точку конечного элемента, исходя из следующих соображений. Аэродинамические силы передаем только на 2D элементы КЭ модели. Аэродинамическая сила действует в контрольной точке по нормали к аэродинамической панели. Если нормали к конечному элементу и к аэродинамической панели параллельны, причем аэродинамическая нормаль «прошивает» конечный элемент, то точку ее пересечения с конечным элементом используем как альтернативу аэродинамической контрольной точке, т.е. параллельно переносим в нее вектор аэродинамической силы. Если таких «прошитых» аэродинамической нормалью конечных элементов окажется несколько, то выбираем ближайший к контрольной точке (расстояние измеряется вдоль нормали). Очевидно, что характер аэродинамического нагружения конструкции при этом практически не изменится. Более того, условие параллельности нормалей можно даже ослабить, допустив небольшой угол между ними. Таким образом, условие (3) будет теперь пониматься как равенство виртуальных работ аэродинамических сил, приложенных к конечным элементам в точках, альтернативных контрольным (далее — новым контрольным точкам) и узловым сил. Перемещения новых контрольных точек, как внутренних точек конечных элементов, выражаются через узловые перемещения КЭ модели стандартным для МКЭ способом [1]:

$$\delta q_a = H \delta q_n, \quad (4)$$

где  $H$  — интерполяционная матрица. Подставляя (4) в (3) и применяя правило транспонирования произведения матриц, получим:

$$(\delta q_n)^T Q_n = (\delta q_n)^T H^T Q_a,$$

откуда следует уравнение связи векторов узловых и аэродинамических сил:

$$Q_n = H^T Q_a. \quad (5)$$

Очевидно, что увеличение размерностей КЭ и аэродинамической модели ЛА приводит к уменьшению погрешностей, обусловленных сделанными допущениями.

Полные углы атаки  $\alpha$  и скольжения  $\beta$  аэродинамической панели в контрольной точке определяются пространственной ориентацией ближайше-

го к панели конечного элемента из числа «прошитых» аэродинамической нормалью и проекциями скорости новой контрольной точки на оси OY и OZ системы координат:

$$\alpha = -\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{1}{V} \frac{\partial v}{\partial t}, \quad \beta = -\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{1}{V} \frac{\partial w}{\partial t}, \quad (6)$$

где  $v$  и  $w$  – перемещения новой контрольной точки по осям OY и OZ соответственно,  $V$  – скорость потока (параллельна оси OX). Вектор аэродинамических сил в контрольных точках определяется матрицами аэродинамического влияния  $C$  и площадей панелей  $S$ :

$$Q_a = \frac{1}{2} \rho V^2 S C \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Матрица аэродинамического влияния  $C$  содержит подматрицы порядка 2x2 перекрестных производных по углам  $\alpha$  и  $\beta$  коэффициентов аэродинамических сил, действующих по осям OY и OZ в контрольной точке каждой аэродинамической панели:

$$[C] = \begin{bmatrix} C_y^\alpha & C_y^\beta \\ C_z^\alpha & C_z^\beta \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Матрица площадей панелей  $S$  – диагональная, содержит подматрицы порядка 2x2 с дважды повторяющейся площадью каждой панели:

$$[S] = \begin{bmatrix} S & 0 \\ 0 & S \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Вектор обобщенных перемещений новых контрольных точек определяется через их осевые перемещения как

$$q_a = \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Учитывая (10) в (6), а также (5) и (7), получим вектор узловых аэродинамических сил:

$$Q_n = -\frac{1}{2} \rho V^2 H^T S C H'_x q_n - \frac{1}{2} \rho V H^T S C H q_n. \quad (11)$$

После введения в (11) обозначений:

$$B = \frac{1}{2} \rho H^T S C H'_x, \quad D = \frac{1}{2} \rho H^T S C H, \quad (12)$$

перепишем (1) с учетом (11) и (12):

$$M \ddot{q}_n + V D \dot{q}_n + (K + V^2 B) q_n = 0. \quad (13)$$

Входящие в (13) матрицы  $B$  и  $D$  именуемые как «матрица аэродинамической жесткости» и «матрица аэродинамического демпфирования», соответственно, являются заполненными и несимметричными, что вместе с высоким порядком системы (13) делает ее решение весьма затруднительным.

Принимая во внимание соображения, сопутствующие представлению (2), выполним редуцирование системы (13) по  $k$  собственным формам.

Для этого подставим (2) в (13) и умножим (13) слева на  $\Phi^T$ . В результате получим систему уравнений порядка  $k \ll n$  относительно новых переменных  $\varphi$ :

$$\bar{M} \ddot{\varphi} + V \bar{D} \dot{\varphi} + (\bar{K} + V^2 \bar{B}) \varphi = 0, \quad (14)$$

где

$$\bar{M} = \Phi^T M \Phi; \quad \bar{K} = \Phi^T K \Phi; \quad \bar{B} = \Phi^T B \Phi; \quad \bar{D} = \Phi^T D \Phi.$$

Определение границы флаттера по скорости производится на основании анализа корней системы (14) [4]. Для получения характеристического уравнения ищем решение (14) в виде:

$$\varphi = A e^{\lambda t},$$

и приравняем нулю определитель:

$$|\lambda^2 \bar{M} + \lambda V \bar{D} + (\bar{K} + V^2 \bar{B})| = 0. \quad (15)$$

В силу того, что коэффициенты (15) действительные, решения  $\lambda$  могут быть действительными и/или комплексно-сопряженными. Для асимптотической устойчивости системы (14) необходимо и достаточно [5], чтобы вещественные части всех корней характеристического уравнения (15) были отрицательны:  $\text{Re} \lambda_m < 0, m = \overline{1, k}$ . Если существует  $s \in \langle \overline{1, k} \rangle$  такое, что  $\text{Re} \lambda_s > 0$  – система является неустойчивой. Таким образом, граница флаттера по скорости задается условиями:

$$\begin{cases} \text{Re} \lambda(V) = 0 \\ \text{Im} \lambda(V) \neq 0 \end{cases}, \quad (16)$$

а дивергенции:

$$\begin{cases} \text{Re} \lambda(V) = 0 \\ \text{Im} \lambda(V) = 0 \end{cases}. \quad (17)$$

Следует отметить, что скорость  $V$  входит в (15) явно, как полином, и неявно, через матрицы  $B$  и  $D$ , которые, согласно (12), получены для определенной матрицы влияния  $C$ , также зависящей от скорости (точнее от числа Маха). Поэтому для определения критической скорости флаттера/дивергенции необходим двухуровневый итерационный алгоритм: внутренний цикл – решает систему (16,17) при фиксированных  $B$  и  $D$ , внешний – сравнивает полученную скорость с той, при которой вычислялась  $C$ , и при необходимости, вычисляет  $C$  повторно для новой скорости.

Изложенная методика определения критической скорости флаттера/дивергенции реализована в виде программного модуля для ПК. Численные эксперименты показали ее эффективность и универсальность.

В качестве примера выбрано цельноповоротное горизонтальное оперение (ГО) сверхзвукового ЛА, для которого проведено экспериментальное определение частот собственных колебаний ГО на фюзеляже, а также взвешивание консоли ГО.

Для ГО были созданы КЭ, массовая и аэродинамическая модели.

КЭ модель ГО (рис. 1) создана в программном комплексе ОТСЕК [6]. В КЭ модели ГО использованы три типа конечных элементов: трех- и четы-

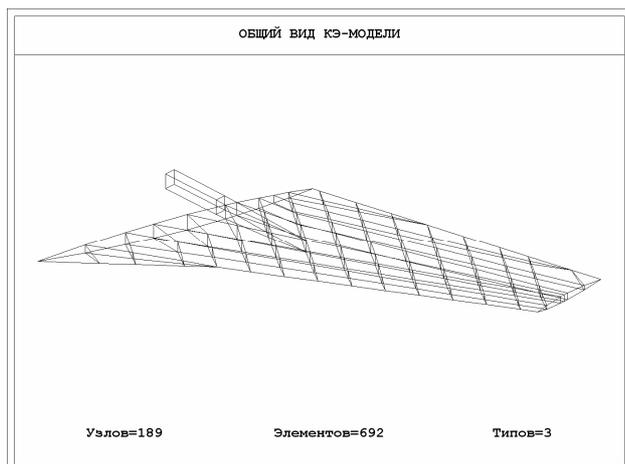


Рис. 1. Общий вид КЭ модели ГО.

решетчатые мембраны – для панелей нижней и верхней обшивки, стенок лонжеронов и нервюр; стержни – для верхних и нижних поясов лонжеронов и нервюр. Ось ГО моделировалась кессоном квадратного сечения со стороной, равной диаметру оси, который включал две группы панелей: верхние/нижние и передние/задние, а также группу из четырех стержней, идущих вдоль ребер кессона. Путем управления параметрами элементов этих трех групп было обеспечено равенство частот первых трех тонов колебаний КЭ модели ГО экспериментально измеренным значениям. Параметры остальных элементов ГО устанавливались в соответствии с технической документацией (чертежами). КЭ модель ГО имела 567 степеней свободы.

Фиксация КЭ модели ГО была осуществлена в двух поперечных сечениях кессона-оси, соответствующих двум бортовым узлам (подшипникам) вращения оси ГО. Упругость сервопривода учитывалась путем воспроизведения частоты крутильных колебаний ГО.



Рис. 2. Распределение контрольных точек по поверхности ГО и прилегающей части фюзеляжа.

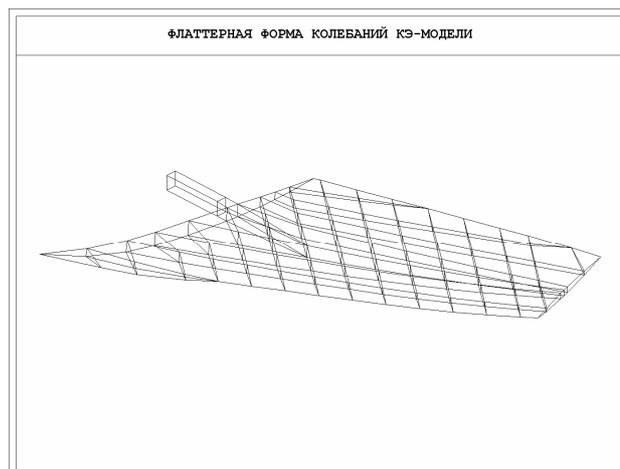


Рис. 3. Фаза А флаттерной формы КЭ модели.

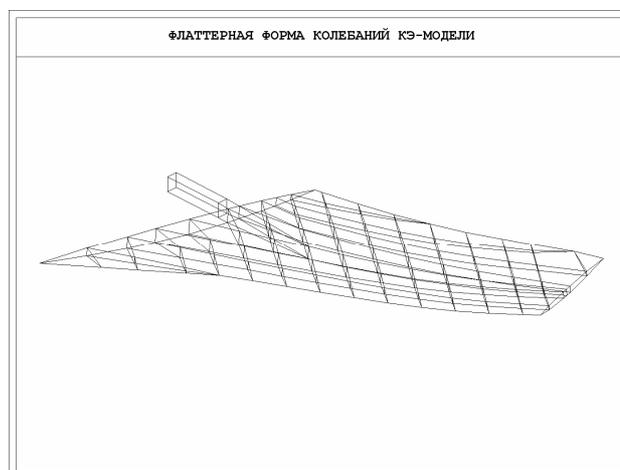


Рис. 4. Фаза В флаттерной формы КЭ модели.

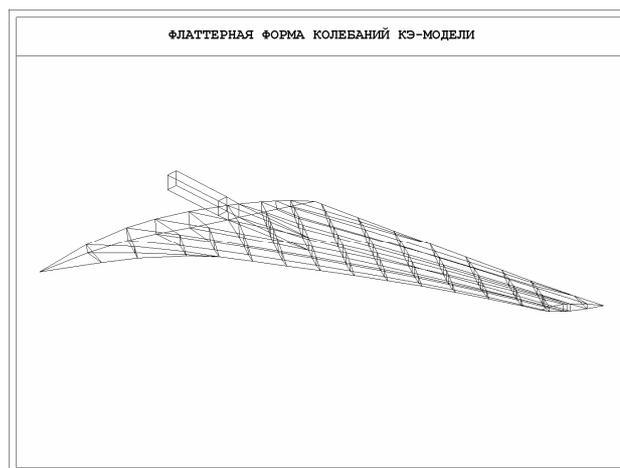


Рис. 5. Фаза С флаттерной формы КЭ модели.

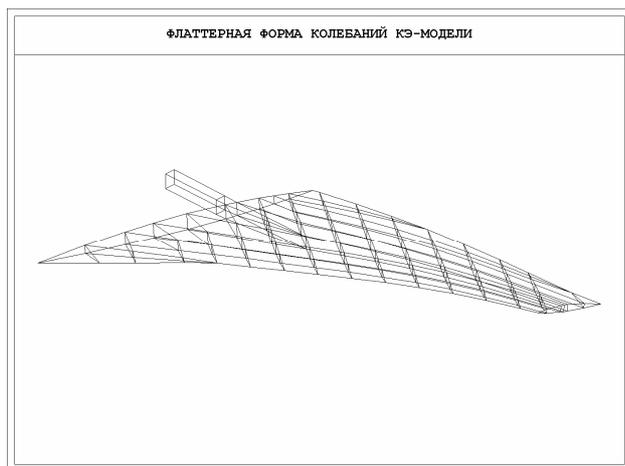


Рис. 6. Фаза D флаттерной формы КЭ модели.

Материал КЭ модели ГО (за исключением оси) соответствовал натуре.

Массовая модель ГО учитывала как силовую, так и несилую части его массы. В силовую часть массы входила масса элементов КЭ модели ГО, в несилую – технологическая масса конструкции ГО. Несиловая часть массы была включена в КЭ модель ГО в виде узловых масс. Массовая модель ГО соответствовала результату взвешивания ГО.

Аэродинамическая модель ГО построена на базе панельного метода [2,3]. Омываемая поверхность ГО и прилегающей части фюзеляжа были разбиты на поточные полосы, а полосы – на панели. В центре каждой панели выбрана контрольная точка. На рис. 2 изображены контрольные точки на поверхности ГО и на прилегающей части фюзеляжа (всего 408 точек). Матрица аэродинамического влияния вычислена для ряда заданных чисел Маха (0.85, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0). На рисунках 3–6 изображена флаттерная форма ГО в четырех последовательных фазах с шагом  $\pi/2$ .

Работы по исследованию частотных и флаттерных характеристик проектируемых конструкций ЛА на основе МКЭ [7,8] позволяют комплексно учесть аэроупругие характеристики ЛА на ранних

этапах проектирования в процессе оптимизации конструктивно-силовой схемы и распределения силового материала и сосредоточенных масс и, тем самым, избежать ошибок, приводящих к последующим дорогостоящим работам по модификации и доводке конструкций.

*Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.*

#### Литература

1. *Bathe K.J. Finite Element Procedures // Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1995.*
2. *Woodward F.A. An improved method for the aerodynamic analysis of wing-body-tail configurations in subsonic and supersonic flow. Part I. Theory and application // NASA. 1973. CR-2228. Pt.1.*
3. *Кусакин С.И., Лобановский Ю.И., Теперин Л.Л. Расчет панельным методом сверхзвукового поля скоростей около комбинации «фюзеляж-крыло» // Труды ЦАГИ. М., 1995. Вып. 2585.*
4. *Бисплингхофф Р.Л., Эшли Х., Халфмэн Р.Л. Аэроупругость. М.: Иностранная литература, 1958.*
5. *Кузьмин П.А. Малые колебания и устойчивость движения. М.: Наука, 1973.*
6. *Воробьев В.Ф., Дубиня В.А., Дударьков Ю.И., Замула Г.Н. и др. Возможности, структура и состояние разработки комплекса программ «ОТСЕК» // Труды ЦАГИ. М., 1992. Вып. 2495.*
7. *Войтышен В.С. Определение критической скорости флаттера на базе МКЭ // Труды ЦАГИ. М., 2009. Вып. 2683.*
8. *Семенов В.Н., Муратовская М.Н. Влияние оптимизации конструкции по условиям прочности на форму и частоты ее собственных колебаний // Ученые записки ЦАГИ. М., 1979. Т. X. № 6. С. 144–146.*

*Статья поступила в редакцию 21.09.2012.*

УДК 550.833

**КИНЕМАТИКА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ГИДРОПРОСЛУШИВАНИЯ**

А.И. КОБРУНОВ

*Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта*  
[akobrunov@ugtu.net](mailto:akobrunov@ugtu.net)

Рассматривается кинематика уравнения фильтрации как закон движения характерной точки кривой восстановления давления. Записано уравнение в виде интеграла по траекториям для интервальных времен распространения точки перегиба кривой восстановления давления между нагнетательной и приемной скважинами. На основе построенного уравнения выполнена постановка обратной задачи для гидродинамического прослушивания с целью нахождения пространственного распределения коэффициента пьезопроводности в пределах проницаемого пласта в форме томографической задачи.

**Ключевые слова:** гидропрослушивание скважин, фильтрационные течения, коэффициент пьезопроводности, обратные задачи, томография, теория оптимизации, программно-алгоритмическое обеспечение, снижение рисков

**A.I.KOBRUNOV. KINEMATICS OF FILTRATION FLOWS AND ITS APPLICATION FOR THE SOLUTION OF INVERSE PROBLEMS OF WELL INTERFERENCE TESTING**

We considered the kinematics of filtration equation as the regularity of characteristic point movement of pressure restoration curve. The equation is written in the form of integral on trajectories for interval times of backoff point distribution of the pressure restoration curve between injection wells and reception wells. On the basis of the constructed equation we carried out the statement of an inverse task for interference testing to find the spatial distribution of piezoconductivity coefficient within the permeable seam in the form of tomographic task.

**Key words:** well interference testing, filtration flows, piezoconductivity coefficient, inverse tasks, tomography, optimization theory, program and algorithmic software, risk decrease

**Введение**

Пусть система из  $N$  скважин, вскрывших гидродинамически связанные между собой участки проницаемого пласта, допускает проведение следующего эксперимента. Выберем некоторую скважину из  $N$ , скажем с номером  $i$ , подвергнем ее длительной депрессии (положительной или отрицательной) в пределах продуктивного пласта. В остальных скважинах или части из них числом  $M_i < N$  будем регистрировать время  $\tau_{i,j}, j = 1 \div M_i$ , за которое депрессия дошла до них и достигла максимальной скорости – точки перегиба нарастания (или спада) давления. В итоге будет получено  $M_i$  значений времен для веера распространения точек перегиба на кривых изменения давления от скважины  $i$  к остальным скважинам. Поменяем точку  $i$  на  $i+1$  и повторим эксперимент. Получим новый веер значений  $\tau_{i+1,j}, j = 1 \div M_{i+1}$ . Продолжая процесс, получаем систему значений интервалов движения экстремальной точки (точки перегиба) между

всеми парами скважине на площади. Нетрудно увидеть в этой системе измерений типичную томографическую систему [1]. Отсюда возникает и постановка вопроса о возможности реконструкции пространственного распределения коэффициентов, характеризующих процесс фильтрации в среде, по результатам описанных измерений. Реконструкция может быть основана на методах решения обратных задач для уравнений интервального времени движения экстремальных точек восстановления давления между выделенными парами скважин. Для этого, во-первых, необходимо иметь приближенное описание уравнений нахождения этих времен, а во-вторых, сконструировать приближенные устойчивые методы решения обратных задач для найденных уравнений. В работе основное внимание уделяется первой из задач, решение которой определяет кинематику для уравнений параболического типа, к числу которых относится и уравнение фильтрации.

**Дифференциальные уравнения**

Параметрами, входящими в формулировку уравнений подземной гидродинамики, служат: ско-

рость фильтрации  $\mathbf{v}(t, \mathbf{x}) = \{v_x, v_y, v_z\}$ ; плотность заполняющего флюида  $\rho(t, \mathbf{x})$ ,  $\mathbf{x} = \{x, y, z\}$ ;  $t$  – время, давление  $p(t, \mathbf{x})$  и пористость  $m(t, \mathbf{x})$ . Исходным уравнением для перечисленных компонент служит хорошо известное уравнение неразрывности [2]:

$$\operatorname{div}(\rho(t, \mathbf{x}) \mathbf{v}(t, \mathbf{x})) = -\frac{\partial[\rho(t, \mathbf{x})m(t, \mathbf{x})]}{\partial t}. \quad (1)$$

Оно справедливо в линейном приближении к процессам движения флюидов в отсутствии внешних источников. Если источники присутствуют и их величина равна  $q(t, \mathbf{x})$ , то они добавляются как слагаемое в правую часть уравнения (1).

Основным постулатом в теории фильтрации служит принятие закона о скорости фильтрации в зависимости от градиента давления  $\operatorname{grad}(p(t, \mathbf{x}))$  и некоторой массовой силы

$\mathbf{f} : \operatorname{grad}(p(t, \mathbf{x})) + \mathbf{f} = \Phi(|\mathbf{v}|) \mathbf{v} / |\mathbf{v}|$ . Функция  $\Phi(|\mathbf{v}|)$  зависит от модуля скорости фильтрации и

определяет силу сопротивления при движении в пористой среде. Если эта функция линейна, например

$\Phi(|\mathbf{v}|) = \left(\frac{\mu}{k}\right)|\mathbf{v}|$ , где:  $\mu$  – динамическая вяз-

кость,  $k$  – коэффициент проницаемости пористой среды, то закон называется линейным законом Дарси, а текущая вязкая жидкость – *Ньютоновской жидкостью*. Нетрудно видеть, что закон связи скорости фильтрации и градиента давления  $p(t, \mathbf{x})$  в этом, последнем случае ньютоновских жидкостей,

примет вид:  $\mathbf{v} = \frac{k}{\mu} [\operatorname{grad}(p(t, \mathbf{x})) + \mathbf{f}]$ . Роль

массовых сил могут играть, например, силы гравитации. Если эти силы не влекут за собой турбулентности, то они могут быть включены в давление, которое в этом случае будет называться приведенным. В дальнейшем пользуемся именно таким приведенным давлением.

Фундаментальное свойство Ньютоновской жидкости состоит в независимости ее вязкости и как следствие силы сопротивления  $\Phi(|\mathbf{v}|)$  от градиента скорости движения. В противном случае жидкость *неньютоновская*. Подставляя полученное выражение для скорости в закон сохранения, получим для ньютоновской жидкости уравнение движения:

$$\operatorname{div}\left(\rho(t, \mathbf{x}) \frac{k}{\mu} [\operatorname{grad}(p(t, \mathbf{x}))]\right) = -\frac{\partial[\rho(t, \mathbf{x})m(t, \mathbf{x})]}{\partial t} \quad (2)$$

Величина  $K = \frac{k}{\mu}$  называется динамическим

коэффициентом фильтрации, имеет размерность  $\left[\frac{L^2 T}{M}\right]$ , в то время как коэффициент проницаемости

$k : [L^2]$ .

В том случае, когда жидкость не ньютонова, следует иметь в виду два обстоятельства. Во-первых, само движение может начинаться только с некоторых «стартовых градиентов давления», до достижения которых ни о каком движении за разумные промежутки времени говорить не приходится. Участки среды, где такие условия имеют место (в силу характера давлений жидкости, либо свойств среды), представляют собой непроницаемые зоны. Во-вторых, если движение происходит, но линейность закона состояния – связи скорости движения с градиентом давления нарушаются, то это влечет за собой зависимость коэффициента динамической фильтрации не только от координат среды, но и от самой скорости движения. Таким образом, экспериментально наблюдаемое распределение динамического коэффициента фильтрации в результате некоторого гипотетического эксперимента с движением жидкости в конкретной среде, определяется теми реальными скоростями, которые реализовывались в результате эксперимента и должны быть основой для последующей гидродинамической интерпретации.

Плотность жидкости и коэффициент пористости зависят от давления через коэффициенты сжимаемости жидкости  $\beta_{ж}$  и скелета  $\beta_c$ :

$$\frac{d\rho}{\rho} = \beta_{ж} dp; \quad (3)$$

$$dm = \beta_c dp.$$

или:

$$\operatorname{grad} \rho(t, \mathbf{x}) = \beta_{ж} \rho(t, \mathbf{x}) \operatorname{grad} p(t, \mathbf{x});$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = \beta_c \frac{\partial p}{\partial t}. \quad (4)$$

Объединяет коэффициенты сжимаемости жидкости  $\beta_{ж}$  и скелета  $\beta_c$  коэффициент упруго-емкости пласта  $\beta^* = m\beta_{ж} + \beta_c$ , который определяет изменение упругого запаса жидкости  $dV_{ж}$  в объеме  $V_0$ :  $dV_{ж} = \beta^* V_0 dp$ .

Коэффициент пьезопроводности  $K$  выражается через коэффициенты динамической фильтрации  $K$  и упруго-емкости по правилу

$$\kappa = \frac{K}{\beta^*} = \frac{k}{\mu \beta^*} \left[\frac{L^2}{T}\right]. \quad (5)$$

Пользуясь коэффициентом пьезопроводности и проведя ряд преобразований [3], получим:

$$\operatorname{div}[\kappa(\mathbf{x})(\operatorname{grad} p(t, \mathbf{x}))] = \frac{\partial p(t, \mathbf{x})}{\partial t}, \quad (6)$$

или ему эквивалентное

$$\operatorname{div}[\kappa(\mathbf{x})(\operatorname{grad} p(t, \mathbf{x}))] = \frac{\partial p(t, \mathbf{x})}{\partial t}. \quad (7)$$

Эквивалентность этих уравнений определена линейной связью между плотностью и давлением. Они служат основой для последующего анализа.

Приведенные уравнения характеризуют «свободное распространение» без каких-либо внешних побуждающих факторов. Чтобы это движение было не тождественным (состоянием покоя), должны присутствовать некоторые начальные условия  $\varphi_0(\mathbf{x})$ , характеризующие состояние системы в некоторый выбранный момент или моменты времени в области  $D$ , краевые условия  $g(t, \mathbf{x})$ , характеризующие режим распространения давления на границе  $\partial D$  той области, где это распространение происходит и, наконец, источники или стоки  $f(t, \mathbf{x})$ , действующие мгновенно или на протяжении некоторых интервалов времени внутри  $D$ .

**1. Функции Грина.** Для построения решений уравнений (6) и (7), что с формально математической точки зрения одно и то же, необходимо дополнить их краевыми и начальными условиями, а также сделать предположения о поведении коэффициента пьезопроводности. Первое такое предположение состоит в том, что  $\kappa(\mathbf{x}) = \text{const}$ . и уравнения (6)-(7) трансформируются в:

$$\Delta \varphi(t, \mathbf{x}) = \frac{1}{\kappa} \frac{\partial \varphi(t, \mathbf{x})}{\partial t}, \quad (8)$$

В цилиндрической системе координат для  $\varphi(r, \Theta, z)$ :

$$\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \Theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad (9)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}; \Theta = \arctg \frac{y}{x}; z; x = r \cos(\Theta); y = r \sin(\Theta)$$

В сферической системе координат для  $\varphi(r, \Theta, \chi)$ :

$$\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \chi^2} + \frac{\operatorname{ctg} \chi}{r^2} \frac{\partial}{\partial \chi} \quad (10)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}; \Theta = \arctg \frac{y}{x}; \chi = \arctg \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z};$$

$$x = r \cos(\Theta) \sin(\chi); y = r \sin(\Theta) \sin(\chi); z = r \operatorname{csc}(\chi).$$

Для дифференциального уравнения, дополненного действующими источниками, начальными и краевыми условиями

$$\begin{aligned} L[\varphi(t, \mathbf{x})] &= f(t, \mathbf{x}); \\ \varphi(t, \mathbf{x})|_{\partial D} &= g(t, \mathbf{x}); \\ \varphi(t, \mathbf{x})|_{t=0} &= \varphi_0(\mathbf{x}). \end{aligned} \quad (11)$$

Существует стандартизирующая обобщенная функция  $w(t, \mathbf{x})$ , линейно зависящая от левых частей в (11) такая, что (11) эквивалентная задаче [4]:

$$\begin{aligned} L[\varphi(t, \mathbf{x})] &= w(t, \mathbf{x}); \\ \varphi(t, \mathbf{x})|_{\partial D} &= 0; \\ \varphi(t, \mathbf{x})|_{t=0} &= 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Для стационарных задач, уравнения которых инвариантны относительно сдвига во времени, а уравнение (6, 7) относится именно к таким задачам, решение (12) задается соотношением:

$$\varphi(t, \mathbf{x}) = \int_0^t \int_D G(t-\tau, \mathbf{x}-\xi) d\tau d\xi. \quad (13)$$

Функция  $G$  называется функцией Грина для уравнения  $L[G(t, \mathbf{x})]$  и находится как решение задачи:

$$\begin{aligned} L[G(t, \mathbf{x})] &= \delta(t) \delta(\mathbf{x}); \\ G(t, \mathbf{x})|_{\partial D} &= 0; \\ G(t, \mathbf{x})|_{t=0} &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь  $\delta(\ )$  – дельта функция Дирака.

Для уравнения

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi(t, \mathbf{x})}{\partial t} - \kappa \Delta \varphi(t, \mathbf{x}) &= f(t, \mathbf{x}); \\ \varphi(t, \mathbf{x})|_{t=0} &= \varphi_0(\mathbf{x}), \end{aligned} \quad (15)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |\varphi(t, \mathbf{x})| d\mathbf{x} < C$$

И  $C$  не зависит от  $t$ , в бесконечной области для  $t \geq 0$  и начальном условии  $\varphi(t, \mathbf{x})|_{t=0} = \varphi_0(\mathbf{x})$  стандартизирующей функцией служит [4]:

$$w(t, \mathbf{x}) = f(t, \mathbf{x}) + \varphi_0(\mathbf{x}) \delta(t). \quad (16)$$

Функция Грина:

$$G(t, \mathbf{x}) = \frac{1}{(2\sqrt{\kappa\pi t})^3} \exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa t}\right]. \quad (17)$$

Здесь как обычно,  $r^2 = |\mathbf{x}|^2 = x^2 + y^2 + z^2$  и  $\mathbf{x} - \xi = i(x - \xi_x) + j(y - \xi_y) + k(z - \xi_z)$ .

Так выглядит распределение давления, если в начале координат в нулевое время сработал импульсный источник, выбросивший единицу давле-

ния. В том случае, если источник работал некоторое время –  $s$  с постоянным дебитом, равным единице, распределение давления в пространстве вычисляется в соответствии с (13):

$$\varphi(s, t, \mathbf{x}) = \frac{1}{(\sqrt{4\kappa\pi})^3} \int_0^s \frac{\exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa(t-\tau)}\right]}{(t-\tau)^{3/2}} d\tau. \quad (18)$$

В том случае, если движение осуществляется в горизонтальном пласте, на кровле ( $z=0$ ) и подошве ( $z=l$ ) которого поддерживаются условия  $\varphi(t, \mathbf{x})|_{z=0} = g_1(x, y, t); \varphi(t, \mathbf{x})|_{z=l} = g_2(x, y, t)$ , то задача (15) трансформируется в

$$\frac{\partial \varphi(t, \mathbf{x})}{\partial t} - \kappa \Delta \varphi(t, \mathbf{x}) = f(t, \mathbf{x}); \quad \varphi(t, \mathbf{x})|_{z=0} = \varphi_0(\mathbf{x}), \quad (19)$$

$$\varphi(t, \mathbf{x})|_{z=0} = g_1(x, y, t); \varphi(t, \mathbf{x})|_{z=l} = g_2(x, y, t).$$

Стандартизирующей функцией служит:

$$w(t, \mathbf{x}) = f(t, \mathbf{x}) + \varphi_0(\mathbf{x})\delta(t) - \kappa\delta'(z)g_1(x, y, t) - \kappa\delta'(l-z)g_2(x, y, t), \quad (20)$$

где  $\delta'(z)$  производная от дельта функции Дирака,

определяемая условием:  $\int_{-a}^a \psi(z)\delta'(z)dz = \psi'(0)$ , а ее решение определено функцией Грина:

$$G(x, y, z, \xi_x, \xi_y, \xi_z, t) = \frac{2}{l(2\sqrt{\kappa\pi t})^3} \exp\left[-\frac{(x-\xi_x)^2 + (y-\xi_y)^2}{4\kappa t}\right] \times \sum_{m=1}^{\infty} \sin \frac{\pi n z}{l} \sin \frac{\pi n \xi_z}{l} \exp\left(-\frac{\kappa n^2 \pi^2 t}{l^2}\right). \quad (21)$$

**2. Пьезокинематика.** Для прямолинейно параллельного движения, когда единственной существенной координатой является координата  $x$ , уравнение (8) трансформируется в

$$\frac{\partial^2 \varphi(t, x)}{\partial x^2} = \frac{1}{\kappa} \frac{\partial \varphi(t, x)}{\partial t}, \quad (22)$$

а функция Грина для него равна:

$$\varphi(t, x) = \frac{1}{\sqrt{t}} \exp\left[-\frac{x^2}{4\kappa t}\right]. \quad (23)$$

Для плоско радиального осесимметричного относительно вертикальной координаты движения флюида, которое соответствует выбору цилиндрической системы координат и в которой движение симметрично относительно оси  $OZ$  и не зависит от угловой координаты  $\Theta$ , уравнение (8) трансформируется в:

$$\frac{\partial^2 \varphi(t, r)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi(t, r)}{\partial r} = \frac{1}{\kappa} \frac{\partial \varphi(t, r)}{\partial t}. \quad (24)$$

Функция Грина для этого уравнения есть:

$$\varphi(t, r) = \frac{1}{t} \exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa t}\right].$$

Наконец, для сферически радиального движения:

$$\frac{\partial^2 \varphi(t, r)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \varphi(t, r)}{\partial r} = \frac{1}{\kappa} \frac{\partial \varphi(t, r)}{\partial t}. \quad (25)$$

Функция Грина:

$$\varphi(t, r) = \frac{1}{t\sqrt{t}} \exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa t}\right]. \quad (26)$$

Функция  $\varphi(t, r)$  во всех трех случаях (23, 25, 27), где в первом случае  $r = x$ , имеет одну и ту же точку перегиба как функция переменной  $r$ . Действительно, все эти уравнения, следуя Щелкачеву [3], можно записать в единой форме:

$$\varphi(t, r) = \frac{1}{t^{\frac{1+\alpha}{2}}} \exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa t}\right]. \quad (27)$$

Случай (23) соответствует  $\alpha = 0$ , (25)-  $\alpha = 1$ , и, наконец (27)-  $\alpha = 2$ . Дифференцируя последнее выражение дважды, по  $r$  получим:

$$\frac{\partial^2 \varphi(t, r)}{\partial r^2} = \frac{1}{2\kappa} \left(\frac{r^2}{2\kappa t} - 1\right) t^{\frac{3+\alpha}{2}} \exp\left(-\frac{r^2}{4\kappa t}\right) = 0.$$

Откуда уравнение для экстремальной точки

$$\left(\frac{r_e^2}{2\kappa t} - 1\right) = 0 \text{ и, следовательно:}$$

$$r_e = \sqrt{2\kappa t}. \quad (28)$$

Это уравнение для точки перегиба. Его следует интерпретировать следующим образом. Для каждого момента времени  $t$  кривая давления  $\varphi$  имеет точку перегиба на расстоянии  $r_e = \sqrt{2\kappa t}$  от начала координат. Иными словами, местоположение точки перегиба есть функция времени. Следовательно, в координатах  $(r_e, t)$  точка перегиба движется в пространстве и скорость этого движения

$$V_e = \frac{\partial r}{\partial t} = \frac{2\kappa}{2\sqrt{2\kappa t}} = \frac{\kappa}{r_e}. \quad (29)$$

Точка перегиба для пространственного распределения функции  $\varphi(t, r)$  при заданном времени  $t$  фиксирует пару координат  $\{r_e, t\}$ . Для выбранного момента времени, соответствующее  $r_e$  – это точка перегиба пьезометрической кривой. Но одновременно, для выбранной произвольно пространственной точки  $r = r_e$  соответствующее время есть время достижения максимума давления, после которого оно начинает спадать. Для того, чтобы убедиться в этом, найдем максимум (27) по  $t$  при

фиксированной точке  $r$ . Для этого продифференцируем (27) по времени и приравняем результат нулю:

$$\frac{\partial \varphi(t, r)}{\partial t} = \left( \frac{r^2}{4\kappa t} - \frac{1+\alpha}{2} \right) t^{-\frac{3+\alpha}{2}} \exp\left(-\frac{r^2}{4\kappa t}\right) = 0.$$

Но тогда

$$t = \frac{r^2}{2\kappa(1+\alpha)}, \quad (30)$$

что совпадает при  $\alpha = 0$  с полученным выше выражением (28) для координаты  $r_e$  точки перегиба. В данном случае, это уже пространственная координата, в которой через найденное время  $t$  будет наблюдаться максимальное давление. Рассматривая скорость  $V_m(r)$  перемещения точки максимума давления в пространстве, получим:

$$V_m(r) = \frac{\partial r}{\partial t} = \frac{\partial \sqrt{2\kappa t(1+\alpha)}}{\partial t} = \frac{2\kappa(1+\alpha)}{2\sqrt{2\kappa t(1+\alpha)}} = \frac{\kappa(1+\alpha)}{r} \quad (31)$$

При  $\alpha = 0$ , что соответствует одномерному плоскопараллельному движению,  $V_m(r) = V_e(r)$ .

Для случаев плоскорадиального и сферически симметричного движения при совпадении законов для скорости движения – пропорциональности коэффициенту пьезопроводности и обратно пропорциональности пройденному пути – отличия возникают в постоянном множителе, равном двум для плоско радиального и трем для пространственного случаев. Этот коэффициент равен размерности пространства, в котором рассматривается движение и в пространственном случае его следует выбирать равным трем.

Приведенные соотношения относились к случаю мгновенного источника, включенного в начале координат. Если перейти к источнику с постоянным дебитом, расположенным в начале координат и действующем на протяжении времени  $t$ , это соответствует вычислению интеграла (18) для  $s = t$ . Рассматривая фундаментальные решения для плоскопараллельного, плоскорадиального и сферически симметричного потоков, получим:

$$\varphi(t, r) = \int_0^t \frac{1}{(t-\tau)^{\frac{1+\alpha}{2}}} \exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa(t-\tau)}\right] d\tau. \quad (32)$$

Вычисляя вторую производную от  $\varphi(t, r)$  по  $t$ , и приравняв результат нулю, получим уравнение для точки перегиба [3, с. 140]:  $t = \frac{r^2}{2\kappa(1+\alpha)}$ .

Это в точности выражение (30), но уже не для экстремума от точечно и мгновенно действующего источника, а точка перегиба кривой восстановления давления от источника, представляющего собой постоянный в течение времени  $t$  сток или приток. Повторяя приведенные выше рассуждения и нахо-

дя скорость движения точки перегиба кривой восстановления давления, получаем ту же формулу (31)

$$V(r) = \frac{\kappa n}{r}. \quad (33)$$

Появление одного и того же выражения для движения экстремума от импульсного источника, движения точки перегиба от распределенного во времени восстановления давления наталкивает на мысль, что (33) есть достаточно универсальное понятие скорости движения характерных точек на кривой давления или, иначе – наблюдаемая скорость распространения изменения режимов в установлении давления. Коэффициент  $n$  есть размерность пространства, в котором происходит движение.

Найденное выражение (33) для скорости распространения характерных точек восстановления давления, позволяет перейти к понятию пространственно распределенного поля времен  $\tau(r_0, r)$  распространения характерных точек восстановления давления регистрируемых в точках  $r$  и вызванного точечным источником расположенном в  $r_0$ . Выберем точку  $r'$  и построим проходящую через нее поверхность  $\psi(t, r)$  как изохрону для  $\tau(r') = const$ . Если через точку  $r'$  изохрона проходит, то она только одна. Любое другое движение приходит в эту точку за большее время, либо не приходит вовсе. За интервал времени  $\Delta t$  расстояние, которое пройдено характерной точкой давления от  $\{r'\}$ , образует поверхность сферы радиуса

$$\Delta r = V(r) \Delta t;$$

$$\Delta t = \frac{r + \Delta r}{\kappa n}.$$

Огибающая этих сфер образует новое положение изохроны с моментом времени  $\tau + \Delta t$ . Продолжая этот процесс и так далее, получаем для времени движения от точки  $r_0$  до произвольной точки  $r$  правило:

$$\tau(r_0, r) = \int_{L(r_0, r)} \frac{l(\xi) d\xi}{3\kappa(\xi)}. \quad (34)$$

$l(\xi)$  представляет собой участок кривой  $L(r_0, r)$  от точки  $r_0$  до текущей точки  $\xi$ .

Линия  $L(r_0, r)$  минимизирует (34) по всем возможным кривым, соединяющим  $r_0$  и  $r$ . По этой причине она относится к стоящему в знаменателе под знаком интеграла выражению коэффициента пьезопроводности и обозначается также  $L_\kappa(r_0, r)$ .

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что в отличие от уравнений полей времен для гиперболических уравнений в (34) – для параболических задач, время движения от промежуточ-

ной точки до конечной зависит от траектории, по которой пришло возмущение в промежуточную точку. Это обстоятельство накладывает ограничения на класс алгоритмов для поисков траектории минимизирующей (34).

**3. Постановка обратной задачи гидропрослушивания.** Впервые задача нахождения коэффициента пьезопроводности пласта по результатам анализа кривой восстановления давления между двумя скважинами по сведениям Щелкачева [5, с. 256] была сформулирована Б.С. Харченко в 1957 г., и далее развивалась Г.И. Баренблатом, В.М. Енотовым и В.М. Рыжиком в 1984 г. В этих работах развивалась методика обработки измерений в регистрирующей скважине под влиянием нагрузок в закачивающей скважине. Определялось одно числовое значение, характеризующее величину коэффициента пьезопроводности для всего участка между скважинами. Попытки нахождения пространственного распределения этого коэффициента не делалось. Уравнение (34), примененное для расчета серии интервальных времен движения характерных особенностей кривых пластовых давлений по сети из серии скважин источников – приемников, позволяет приступить к постановке обратной задачи гидродинамического прослушивания с целью нахождения пространственного распределения коэффициента пьезопроводности.

Не касаясь технологических вопросов создания аномального прессинга в точках  $r_i$  и регистрации времени достижения характерных значений поведения регистрируемого отклика в точках  $r_j$ , площади входящей в пределы участка залежи с гидросвязанными между собой элементами будем считать, что заданы результаты реальных измерений в парах скважин числом  $m = (i, j)$  по системе точек  $\{r_i, r_j\} : \tau_r(r_i, r_j)$ . Они соответствуют некоторому реальному распределению коэффициента пьезопроводности пласта  $\kappa_r(\xi)$ . Здесь  $\xi$  – переменная точка в нижнем полупространстве. Это несколько идеализированная постановка вопроса, не включающая многие реальные факторы (например, ограниченность зоны взаимодействия между продуктивными пластами), призвана проиллюстрировать принцип нахождения пространственного распределения пьезопроводности на основе парных измерений времени распространения возмущения между скважинами. Выберем некоторое нулевое приближение к  $\kappa_r(\xi)$ , его обозначим  $\kappa_0(\xi)$ . Пусть расчетное время распространения особенностей кривой восстановления давления по (34) для заданного коэффициента пьезопроводности  $\kappa_0(\xi)$  есть  $\tau_{\kappa_0}(r_i, r_j) = \tau_0(r_i, r_j)$ .

Обозначим  $\Delta\kappa_0(\xi) = \kappa_r(\xi) - \kappa_0(\xi)$  и  $\Delta\tau_0(r_i, r_j) = \tau_0(r_i, r_j) - \tau_r(r_i, r_j)$ . Примем, что величина  $\Delta\kappa(\xi)$  имеет малые вариации и приближенно можно считать  $L_{\kappa_r}(r_0, r) = L_{\kappa_0}(r_0, r)$ . В этом случае:

$$\begin{aligned} \Delta\tau_0(r_i, r_j) &= \int_{L_{\kappa_0}(r_i, r_j)} \frac{l_{\kappa_0}(\xi) d\xi}{3\kappa_0(\xi)} - \int_{L_{\kappa_r}(r_i, r_j)} \frac{l_{\kappa_r}(\xi) d\xi}{3\kappa_r(\xi)} \approx \\ &= \int_{L_{\kappa_0}(r_i, r_j)} \frac{l_{\kappa_0}(\xi) d\xi}{3\kappa_0(\xi)} - \int_{L_{\kappa_0}(r_i, r_j)} \frac{l_{\kappa_0}(\xi) d\xi}{3[\kappa_0(\xi) + \Delta\kappa(\xi)]} = \\ &= \int_{L_{\kappa_0}(r_i, r_j)} \frac{l_{\kappa_0}(\xi) [\Delta\kappa_0(\xi)] d\xi}{3[\kappa_0(\xi) + \Delta\kappa_0(\xi)] \times \kappa_0(\xi)} \approx \\ &\approx \int_{L_{\kappa_0}(r_i, r_j)} \frac{l_{\kappa_0}(\xi) [\Delta\kappa_0(\xi)] d\xi}{3\kappa_0^2(\xi)}. \end{aligned}$$

Таким образом, для невязки времен прихода возбуждения получаем линеаризованное для (34) уравнение:

$$\begin{aligned} \Delta\tau_0(r_i, r_j) &= \tau_0(r_i, r_j) - \tau_r(r_i, r_j) = \\ &= \int_{L_{\kappa_0}(r_i, r_j)} \frac{l_{\kappa_0}(\xi) [\Delta\kappa_0(\xi)] d\xi}{3\kappa_0^2(\xi)}. \end{aligned} \quad (35)$$

Уравнение (35) – это линейное интегральное уравнение относительно добавки  $\Delta\kappa_0(\xi)$  к нулевому приближению для пространственного распределения коэффициента пьезопроводности. Его решение осуществляется по стандартной схеме сведения линейных интегральных уравнений к системам линейных алгебраических уравнений либо на основе метода конечных элементов, либо его частного случая – метода сеток [6]. В рамках выбранной параметризации для  $\Delta\kappa_0(\xi)$ , вектор искомых параметров  $\Delta\mathbf{\kappa}_0$  связан с вектором невязок  $\Delta\mathbf{\tau}_0$  времен прихода возбуждения матрицей  $\mathbf{A}$ , рассчитываемой на основании интегрирования по траекториям (35) уравнением:

$$\mathbf{A}\Delta\mathbf{\kappa}_0 = \Delta\mathbf{\tau}_0 \quad (36)$$

Таким образом, задача (35) сводится к (36), и эта суть – основа для построения приближенных устойчивых решений обратной задачи [7, 8] гидродинамического прослушивания. В процессе ее решения должны быть использованы итерационные схемы уточнения решений и методы.

**Литература**

1. *Терещенко С.А.* Методы вычислительной томографии. М.: ФизМатЛит, 2004. 319 с.
2. *Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Каневская Р.Д., Максимов В.М.* Подземная гидромеханика. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. 487 с.
3. *Щелкачев В.Н.* Основы и приложения теории неустановившейся фильтрации. Часть 1. М.: Нефть и газ, 1995. 586 с.
4. *Бутковский А.Г.* Характеристика систем с распределенными параметрами. М.: Наука, 1979. 219 с.
5. *Щелкачев В.Н.* Основы и приложения теории неустановившейся фильтрации. Часть 2. М.: Нефть и газ, 1995. 586 с.
6. *Марчук Г.И.* Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1980. 534 с.
7. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1974. 220 с.
8. *Кобрунов А.И.* Математические основы теории интерпретации геофизических данных. М.: ЦентрОЛитНефтеГаз, 2008. 286 с.

УДК 628.16.069:330.322.54 (470.13)

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

В.Ф. ФОМИНА\*, А.В. ФОМИН\*\*

*\*Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

*\*\*ОАО «Сыктывкарский Водоканал», г. Сыктывкар*  
[fomina@iespn.komisc.ru](mailto:fomina@iespn.komisc.ru), [eastsir@mail.ru](mailto:eastsir@mail.ru)

В результате внедрения метода напорной флотации на водоочистой станции г. Сыктывкара решена проблема качества питьевой воды, которое сопоставимо с европейскими стандартами. Это первый успешный производственный опыт применения в России напорной флотации при подготовке питьевой воды. Получены экономические, экологические и социальные эффекты.

**Ключевые слова:** очистка маломутных цветных вод, напорная флотация, качество питьевой воды, эффективность внедрения

## V.F. FOMINA, A.V. FOMIN. THE EFFECTIVENESS OF PRESSURE FLOTATION IMPLEMENTATION FOR DRINKING WATER TREATMENT IN THE KOMI REPUBLIC

As a result of pressure flotation method at the water treatment facility in Syktывkar the problem of drinking water quality is solved. The quality is at comparable to European standards level. This is the first successful industrial experience of pressure flotation in Russia in the practice of drinking water treatment. Economic, environmental and social effects are obtained.

**Key words:** low-turbid colored water treatment, pressure flotation, drinking water quality, effectiveness of the implementation

### Проблемы подготовки питьевой воды из поверхностных источников в условиях Севера

Обеспечение населения качественной питьевой водой является одним из приоритетных направлений развития водохозяйственного комплекса до 2020 г., обозначенных Водной стратегией как условие для социально-экономического развития страны, и важнейшим фактором повышения качества жизни в регионах [1]. Системы водоснабжения в Республике Коми (РК) создавались в период недостаточной разведанности и изученности качества подземных вод по показателям их пригодности для питьевых целей в соответствии с установленными критериями [2]. По этой причине в настоящее время на территории РК для водоснабжения населенных пунктов преимущественно используют поверхностные воды, которые содержат в повышенных концентрациях железо и органические вещества, обуславливающие цветность и окисляемость и характеризуются малой мутностью и минерализацией, низкой щелочностью. В период с октября по апрель температура воды может снижаться до величины менее 1° С. В табл. 1 приведены среднесуточные значения основных показателей качества воды р. Вычегды в створе водозабора г.Сык-

тыткара, их изменение в течение года и сопоставление с нормативами.

В соответствии с требованиями к качеству воды источника водоснабжения участок р. Вычегды в створе водозабора г.Сыктывкара на протяжении всего периода его эксплуатации относят к наиболее неблагоприятному III классу [2]. Использование таких вод для питьевого водоснабжения требует их специальной подготовки и необходимого комплекса очистных сооружений на водоочистой станции (ВОС). Для интенсификации извлечения из воды нежелательных примесей традиционные технологии подготовки питьевой воды предусматривают коагулирование (введение в воду коагулянтов и флокулянтов) и включают одну или две ступени очистки (табл. 2).

С учетом диапазона сезонного колебания показателей качества воды р. Вычегды (мутности, цветности) ни одна из традиционно применяемых технологических схем подготовки питьевой воды, приведенных в табл. 2 в соответствии с нормами проектирования [3], не может быть рекомендована. Низкая эффективность отстаивания и осветления в слое взвешенного осадка обусловлена недостаточной для этих процессов величиной мутности исходной воды и ее значительными сезонными колебаниями. Этот фактор отрицательно влияет и

Таблица 1

**Характеристика качества поверхностных вод р. Вычегды в створе водозабора г. Сыктывкара и нормативные требования к качеству питьевой воды централизованных систем водоснабжения**

Показатели качества воды	Створ водозабора (2010 г.)	Требования СанПиН [5]
Органолептические свойства воды		
Запах при 20° С / 60° С, баллы	0/0 – 0/1	2
Привкус, баллы	0/0	2
Цветность, град.	22 – 150	20
Мутность, мг/л	0,9 – 12,8	1,5 (по коалину)
Обобщенные показатели		
Водородный показатель, pH	7,05 – 7,98	6-9
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	73 – 190	1000
Жесткость общая, ммоль/л	0,9 – 2,9	7
Окисляемость перманганатная, мг О/л	2,2 – 27,6	5
Поверхностно-активные вещества (АПАВ), мг/л	0,015 – 0,035	0,5
Фенольный индекс, мг/л	0,002 – 0,02	0,25
Нефтепродукты (суммарно), мг/л	0,02 – 0,37	0,1
Содержание химических веществ (приводится неполный перечень)		
Железо (Fe, суммарно), мг/л	0,2 – 2,0	0,3
Марганец (Mn, суммарно), мг/л	0,06 – 0,16	0,1
Медь (Cu, суммарно), мг/л	0,04 – 0,09	1,0
Нитраты (по NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	0,25 – 1,18	45
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/л	12,6 – 27,4	500
Хлориды (Cl <sup>-</sup> ), мг/л	1,2 – 2,9	350
Микробиологические показатели		
Общее микробное число (ОМЧ), число единиц в 1 мл	4 – 88	50
Общие колиформные бактерии (ОКБ), число ед. в 100 мл	10 – 153	Отсутствие
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), число ед. в 100 мл	5 – 115	
Колифаги, число ед. БОЕ в 100 мл	0 – 2	
Споры сульфитредуцирующих клостридий, число ед. в 20 мл	0,1 – 5	

Таблица 2

**Условия применения традиционных технологий подготовки питьевой воды**

Основные сооружения в технологической схеме	Показатели исходная вода / очищенная вода		Производительность ВОС, м <sup>3</sup> /сут.
	Мутность, мг/л*	Цветность, град**	
С коагулированием			
Отстойники – фильтры (отстойники вертикальные или горизонтальные; трубчатый отстойник – установка «Струя»)	До 1500 / до 1,5	До 120 / до 20	До 5000 (верт. отс.); свыше 30000 (гор. отс.); до 800 («Струя»)
Осветлители со слоем взвешенного осадка – фильтры	Не менее 50, до 1500 / до 1,5	До 120 / до 20	Свыше 5000
Контактные осветлители	До 120 / до 1,5	До 120 / до 20	Любая
Контактные префильтры – фильтры (двухступенчатое фильтрование)	До 300 / до 1,5	До 120 / до 20	Любая

Примечание. \*Мутность исходной воды указана с учетом добавленных реагентов. \*\*По п.6.9 СНиП 2.04.02-84 при мутности до 50 мг/л вода источника характеризуется как маломутная, в зависимости от величины цветности различают малоцветные воды – до 35 град., средней цветности – от 35 до 120 град. и высокой цветности – свыше 120 град.

на эффективность контактных осветлителей в одноступенчатой схеме очистки и контактных префильтров при двухступенчатом фильтровании, особенно в паводковые периоды при повышении одновременно мутности и цветности исходной воды.

Кроме того, нормы проектирования не учитывают влияние температуры воды при выборе состава очистных сооружений. В то время как низкая температура воды в осенне-зимний период значительно замедляет процесс коагуляции и является неблагоприятным фактором для всех традиционных схем водоподготовки. Именно период низких температур воды (в диапазоне 0,1–2° С) является наиболее сложным на ВОС г. Сыктывкара для по-

лучения питьевой воды нормативного качества. Особенно проблемными были 1970-е гг. при эксплуатации горизонтальных отстойников.

С целью разработки оптимальной технологии очистки маломутной цветной воды р. Вычегды в 1978–1980 гг. проводились экспериментальные исследования в трех направлениях: I – изучение природы гуминовых веществ, придающих цветность воде, степени влияния состава водного гумуса на процесс коагуляции примесей воды; II – поиск оптимальных режимов коагулирования воды в различных температурных условиях при отстаивании и напорной флотации; III – исследование влияния различных параметров процесса напорной флота-

ции на эффективность выделения из воды мелко-дисперсной взвеси, разработка экономичных в условиях Севера флотационных сооружений [4]. Эксперименты проводились в условиях ВОС на полупромышленной установке производительностью 2,5 м<sup>3</sup>/ч (60 м<sup>3</sup>/сут).

### Основные результаты исследований

**Состав водного гумуса р. Вычегды.** Исследованиями установлено, что цветность воды преимущественно обусловлена коллоидной фракцией фульвокислот, содержание которой по цветности составляет в среднем 83%. Изменение концентраций отдельных фракций гуминовых веществ имеет сезонно выраженную закономерность. На рис. 1 показано, что в зимний период минимального стока в реке высока доля мало окрашенной части неагулируемых фульвокислот – креновых кислот (более 65%). В паводковый период в речной воде возрастают концентрации коллоидных фракций фульвокислот и гуминовых кислот. Данные фракционирования водного гумуса дополняют качественный состав р. Вычегды и представляют наибольший интерес с точки зрения технологии обработки воды в условиях Севера.

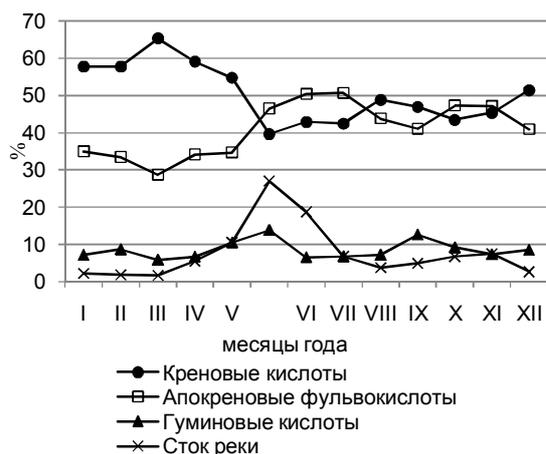


Рис. 1. Сезонное изменение содержания основных фракций гуминовых веществ в воде р. Вычегды.

**Влияние температуры** на процесс коагулирования маломутной цветной воды р. Вычегды проявляется в необходимости повышения дозы коагулянта при понижении температуры исходной воды. Удельный расход коагулянта на 1 град. цветности в течение года изменяется в пределах 0,4-1,4 мг/л. Установлено, что изменение температуры воды в диапазоне 0,1–18°С при обработке воды постоянного состава обуславливает снижение оптимальной дозы коагулянта в 1,8 раза, дозы флокулянта в 2,7 раза (рис. 2).

Определено, что повышенные расходы коагулянта обусловлены также изменяющимися во времени составом и свойствами фульвокислот. На рис. 3 коэффициентами  $K_1 = D_{к\text{оп}} / D_{к\text{расч}}$  выражено отношение опытной дозы коагулянта к расчетной,  $K_2 = \text{Кр.ФК} / \text{Ап.ФК}$  – количества креновых к апокреновым фульвокислотам. По изменению этих коэф-

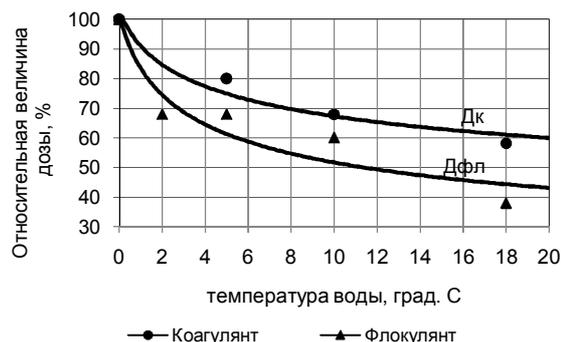


Рис. 2. Влияние температуры воды на дозы коагулянта и флокулянта при коагулировании маломутной цветной воды р. Вычегды.

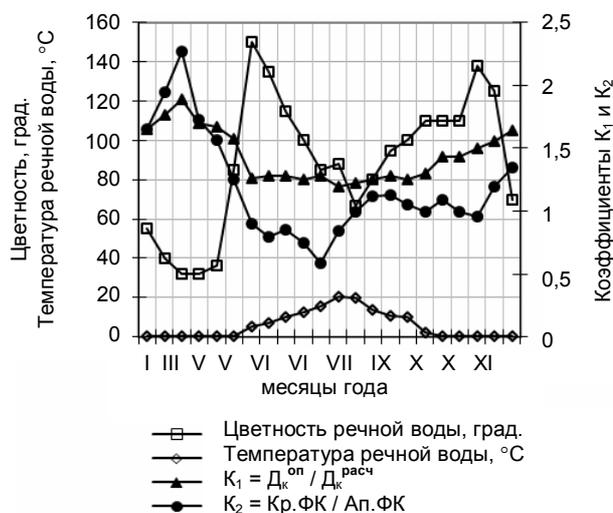


Рис. 3. Влияние совокупного действия гуминовых веществ и температуры на процесс коагулирования воды р. Вычегды.

фициентов выделяются периоды с наибольшей степенью влияния температуры воды на процесс коагуляции и периоды с доминирующим действием фракции креновых кислот.

С учетом влияния этих факторов получены зависимости (1) и (2) дозы коагулянта от цветности воды р. Вычегды:

$$\text{при температуре менее } 2^{\circ}\text{C} \quad D_{к} = 10,4 \text{ Ц}^{0,4}, \quad (1)$$

$$\text{при температуре более } 2^{\circ}\text{C} \quad D_{к} = 4,7 \text{ Ц}^{0,52}, \quad (2)$$

где:  $D_{к}$  – доза коагулянта, мг/л; Ц – цветность исходной воды, градусы.

**Флотационная очистка воды.** Результаты исследований в лабораторных и полупромышленных условиях показали преимущества напорной флотации, состоящие в более высокой скорости процесса очистки и степени осветления коагулированной воды независимо от сезонных изменений показателей качества речной воды. Экспериментальная установка производительностью 2,5 м<sup>3</sup>/ч включала следующие основные элементы: смеситель; камеру хлопьеобразования; напорный флотатор, состоящий из двух секций; скорый фильтр с

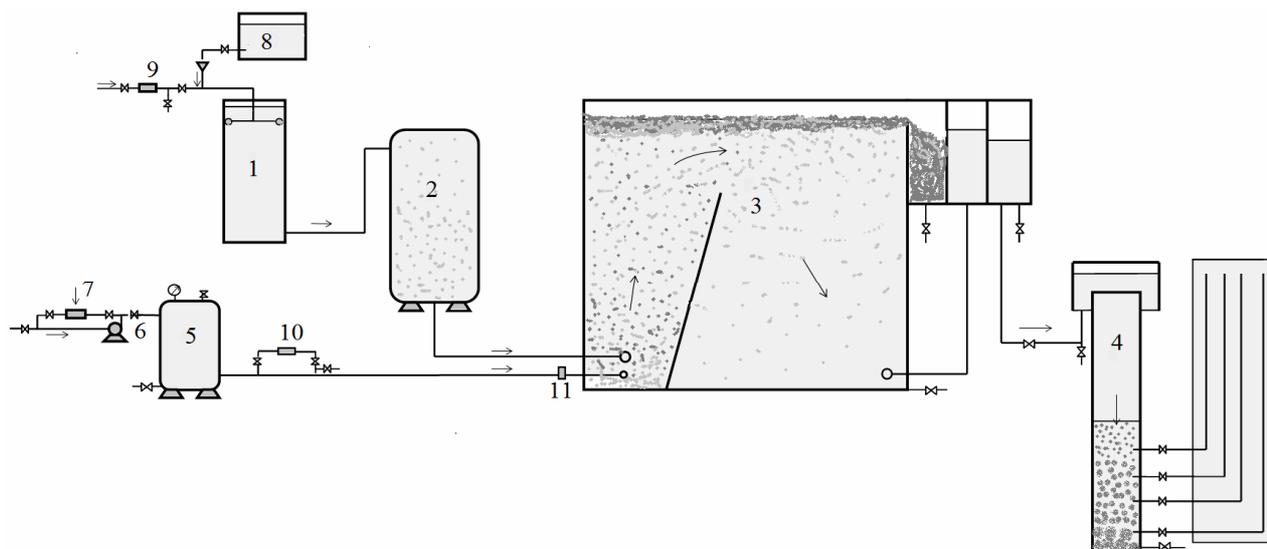


Рис. 4. Схема экспериментальной установки производительностью 2,5 м<sup>3</sup>/ч. 1 – смеситель, 2 – камера хлопьеобразования, 3 – напорный флотатор, 4 – скорый фильтр; 5 – напорный бак, 6 – центробежный насос, 7 – эжектор, 8 – емкости с реагентами, 9 – расходомер исходной воды, 10 – расходомер водовоздушного раствора, 11 – дросселирующее устройство.

загрузкой из песка; узел приготовления водовоздушного раствора (рис. 4).

Экспериментально подтверждено, что очистка маломутных цветных вод напорной флотацией состоит из двух процессов: сорбции гуминовых веществ на продуктах гидролиза коагулянта и извлечения мелкодисперсной взвеси пузырьками воздуха, выделенными из пересыщенного водовоздушного раствора. При этом важны оптимально установленные режим коагулирования воды и параметры флотирования частиц взвеси, определяемые условиями подачи водовоздушной смеси (механизмом образования флотоагрегатов) и полнотой смешения ее с коагулированной водой. Вероятность образования флотоагрегатов обуславливается:

- равномерностью распределения пузырьков воздуха по всему объему воды, что достигается конструкцией флотатора, состоящего из двух отделений: смешения и флотирования;
- скоростью подхода пузырьков воздуха, которая не должна превышать скорость движения воды из условия сохранения хлопьев;
- размером частиц, образующихся в результате коагуляции, соизмеримостью их с размерами пузырьков воздуха.

Комплексный учет всех факторов, влияющих на процесс очистки воды напорной флотацией (длительность хлопьеобразования, температура воды, условия образования флотоагрегатов), реализован при работе установки в режиме постоянных параметров флотации: количество водовоздушной смеси – 10%, скорость дросселирования – 26,3 м/с, время пребывания во флотаторе – 40 мин. Эффективность очистки напорной флотацией оценивалась показателями степени обесцвечивания и обезжелезивания, мутности и остаточного алюминия (рис. 5).

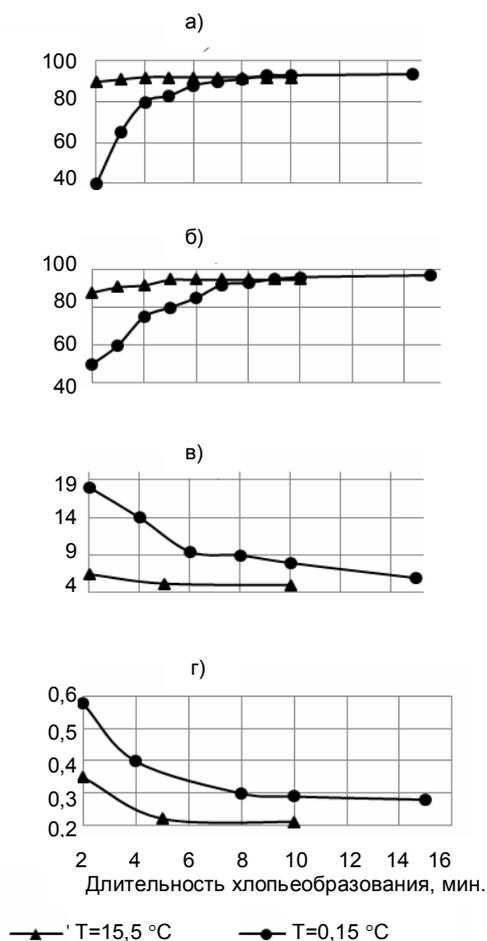


Рис. 5. Эффективность очистки воды напорной флотацией в зависимости от длительности хлопьеобразования и температуры воды. а) – обесцвечивание; б) – обезжелезивание; в) – мутность; г) – остаточный алюминий.

Установлено, что при температурах воды выше 2-5° С высокая степень очистки воды возможна без камер хлопьеобразования. Для максимального снижения в очищаемой воде цветности и мутности, содержания железа и остаточного алюминия в осенне-зимний период технологическая схема должна включать камеру хлопьеобразования из расчета пребывания в ней воды 10–15 мин. Таким образом, оптимальная технологическая схема очистки маломутной цветной воды р. Вычегды должна включать следующие сооружения: камеры хлопьеобразования, напорные флотаторы, скорые фильтры.

### Этапы технологической модернизации ВОС г. Сыктывкара

Для обеспечения г. Сыктывкара качественной питьевой водой на водоочистной станции за время ее существования построено несколько блоков водоподготовки, различающихся составом сооружений первой стадии очистки: горизонтальные отстойники, контактные префильтры, напорные флотаторы. Каждый этап технологического обновления ВОС решал определенные проблемы водоснабжения города (табл. 3).

В 1970–1980-е гг. развитие систем водоснабжения в городах РК, в том числе и Сыктывкаре, отставало от темпов роста промышленности и численности населения. В связи с этим введенные в 1965 и 1969 гг. в эксплуатацию блоки горизонтальных отстойников (на 15 и 30 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) в Сыктывкаре работали с повышенной гидравлической нагрузкой, что дополнительно снижало эффективность очистки воды. Особенно сложным был осенне-зимний период водоподготовки, когда проведение коагулирования теряло смысл из-за неполноты гидролиза коагулянта, выноса мелких, легких хлопьев из отстойников на фильтры и частоты их промывки. Происходила частичная очистка по показателям цветности, окисляемости, железа и мутности, а в очищенной воде содержался в повышенных концентрациях остаточный алюминий. По этим причинам от коагулирования воды в зимний период отказывались, проводя только обеззараживание хлором. В табл. 4 представлены результаты очистки воды из р. Вычегды в горизонтальных отстойниках, характерные для периода 1970–1982 гг.

Проблема подготовки питьевой воды из р. Вычегды казалась настолько неразрешимой, что в

Таблица 3

Основные периоды технологической модернизации ВОС г. Сыктывкара

Этапы	Состав ВОС
1965–1982 гг.	В 1965 г. введен в эксплуатацию блок 1 – горизонтальные отстойники – фильтры на 15 тыс. м <sup>3</sup> /сут. В 1969 г. введен блок 2 – горизонтальные отстойники – фильтры на 30 тыс. м <sup>3</sup> /сут. В 1978–1980 гг. – проведены исследования на установках двухступенчатого фильтрования (НИИ КВОВ) и напорной флотации [4].
1983–1992 гг.	В 1983 г. введен блок 3 – контактные префильтры – фильтры (двухступенчатое фильтрование) при установленной мощности 50 тыс. м <sup>3</sup> /сут. и выведен из эксплуатации блок 1.
1992–2005 гг.	В 1992 г. приостановлено строительство дополнительного блока двухступенчатого фильтрования с целью перепроектирования его на блок с напорными флотаторами. Введение в практику пробного коагулирования учета температуры исходной воды. С ноября 2005 г. – пуско-наладочный период работы блока 4 с напорными флотаторами и фильтрами.
2006–2008 гг.	В мае 2006 г. введен в эксплуатацию блок 4 – напорные флотаторы – фильтры при установленной мощности 65 тыс. м <sup>3</sup> /сут; выведен блок 2; снижена нагрузка на блок 3.
С 2008 г. по настоящее время	В постоянной эксплуатации блок 4. В июне 2008 г. поставлен на ремонт блок 3. В ноябре 2008 г. введен после ремонта блок 2. В 2009 г. установлены механические мешалки в камерах хлопьеобразования блока отстойников, работающего при сниженных нагрузках.

Таблица 4

Показатели, характеризующие подготовку питьевой воды в блоке сооружений с горизонтальными отстойниками (данные за 1976 г.)

1976 год	Речная вода					Дозы реагентов, мг/л			Очищенная вода*			
	Ц, град	Т, °С	Взв., мг/л	Fe, мг/л	Ок, мгО/л	Коагулянт	Сода	ПАА	Ц, град	М, мг/л	Fe, мг/л	Ок, мгО/л
I	37	0,5	2,1	0,85	4,7	-	-	-	30	1,4	<b>0,57</b>	2,4
II	37	0,5	2,5	0,8	4,5	-	-	-	27	1,4	<b>0,69</b>	3,1
III	32	0,8	3,0	0,9	4,6	-	-	-	21	2,1	<b>0,72</b>	4,2
IV	27	0,6	3,7	0,8	6,2	62	58	0,6	17	1,8	<b>0,58</b>	4,7
V	110	3,6	52	1,45	17	72	94	0,6	8	1,8	0,20	<b>8,0</b>
VI	110	12,5	12	0,95	22	68	70	0,46	7	1,8	0,22	<b>6,6</b>
VII	93	18,0	14	1,0	20	70	40	-	11	1,7	0,26	<b>6,6</b>
VIII	44	17,6	4,5	0,58	14	50	40	-	5	1,5	0,14	<b>6,0</b>
IX	46	9,5	9,0	0,61	14,5	56	40	1,0	10	2,0	0,22	<b>5,1</b>
X	95	1,0	11	0,73	15	80	46	1,0	25	1,9	<b>0,34</b>	<b>10,3</b>
XI	70	0,4	2,0	0,55	11	80	47	0,5	25	2,0	<b>0,37</b>	<b>6,8</b>
XII	98	0,25	2,0	0,43	7	-	-	-	21	1,3	<b>0,33</b>	<b>5,2</b>

\*Ц – цветность воды в градусах платино-кобальтовой шкалы; М – мутность; Fe – содержание железа; Ок – перманганатная окисляемость; «-» – коагулирование воды не проводилось; жирным шрифтом выделены величины, превышающие современные нормативы.

1978–1980 гг. на ВОС г. Сыктывкара, наряду с исследованиями эффективности напорной флотации (рассмотрены выше), проводились испытания технологической схемы двухступенчатого фильтрования, основанной на принципе контактной коагуляции (разработка НИИ КВОВ). Для практической реализации технология двухступенчатого фильтрования специалистам-практикам представлялась более простой и привычной, что определило решение о ее внедрении. Проектирование и строительство нового блока на 60 тыс.м<sup>3</sup>/сут было проведено в относительно короткие сроки. Пуск сооружений состоялся в 1983 г.

С вводом в эксплуатацию блока двухступенчатого фильтрования завершился второй этап технологической модернизации ВОС, определивший неблагоприятную ситуацию с водообеспечением города вплоть до 2006 г. Наиболее сложным оценивается период 1983–1993 гг., в течение которого водопотребление выросло в три раза. При снижении установленной мощности третьего блока до 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут (проектная 60 тыс. м<sup>3</sup>/сут) и повышенном расходе промывных вод сохранилась проблема низкой полезной производительности ВОС. Для ее решения было начато строительство дополнительного блока с аналогичным составом сооружений. В этот же период ужесточились требования к качеству питьевой воды. Редакция ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» расширила перечень первостепенных критериев очищенной воды включением остаточного алюминия (до 0,5 мг/л). Этот показатель является одним из основных при оценке эффективности очистки на стадии пробного коагулирования и в действующих сооружениях, наряду с мутностью, перманганатной окисляемостью, содержанием железа (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>), рН и щелочностью. Введение в практическую деятельность на ВОС обязательного контроля остаточного алюминия показало сложность обеспечения этого показателя не только в блоке отстойников, но и в сооружениях двухступенчатого фильтрования. По оценке Санитарно-эпидемиологической станции г. Сыктывкара количество неудовлетворительных проб питьевой воды составляло до 80-97 %, в том числе по алюминию – 16-32% (табл. 5).

Учитывая неудовлетворительную работу сооружений двухступенчатого фильтрования, в 1992 г. строительство дополнительного блока было приос-

тановлено и выполнено перепроектирование объекта на сооружения с напорными флотаторами на 65 тыс. м<sup>3</sup>/сут (будущий блок 4).

В основу проектных разработок положены результаты исследований, полученные в 1978–1980 гг., которые экспериментально подтверждали эффективность очистки маломутных цветных вод р. Вычегды, преимущества использования напорной флотации и целесообразность технологического решения ключевых вопросов – обеспечения качества питьевой воды и требуемой мощности сооружений.

В период строительства блока 4 (1993–2005 гг.), до его внедрения, на ВОС проводились мероприятия по повышению эффективности двухступенчатого фильтрования, направленные, прежде всего, на оптимизацию реагентной обработки воды. Были приняты во внимание научно обоснованные особенности коагулирования маломутной цветной воды в условиях сезонной изменчивости состава гуминовых веществ и температурного режима воды. Они состоят в следующем:

- сульфат алюминия остается основным реагентом при очистке цветных холодных вод; применение флокулянта обязательно в период низких температур;

- коагуляция наиболее эффективно проходит в области значений рН (5,2-6,6), обеспечивающей максимальное снижение цветности и минимальные концентрации остаточного алюминия в очищенной воде;

- для полноты гидролиза коагулянта воду с низким щелочным резервом необходимо подщелачивать для обеспечения хлопьеобразования и минимизации растворенной части остаточного алюминия; целесообразно, чтобы остаточная щелочность была не ниже 0,2-0,5 мг-экв/л;

- необходимо учитывать температуру, интенсивность перемешивания реагентов с водой и длительность хлопьеобразования при коагуляции в свободном объеме (в блоке отстойников; впоследствии в блоке флотаторов);

- оптимальную дозу реагентов следует выбирать не только по остаточной величине цветности и мутности, определяемых при пробном коагулировании, но и с учетом снижения показателей железа, окисляемости, остаточного алюминия.

Со временем пробное коагулирование стали проводить с учетом температуры исходной воды, а

Таблица 5

*Удельный вес неудовлетворительных проб питьевой воды в начальный период эксплуатации сооружений двухступенчатого фильтрования*

Показатели	1984 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.
Всего проб на санитарно-химический анализ, кол-во	151	167	171	223
Из них, не отвечающих ГОСТу 2874-82, %	97	80	82	86
В том числе по показателям:				
- цветность	70	10	23	5
- мутность	71	50	44	57
- железо	89	54	68	76
- алюминий	26	16	32	18
Микробиологические анализы, кол-во	1 040	650	2 230	1 957
Из них, не отвечающих ГОСТу 2874-82, %	5	1,7	1,5	1,7

при выборе оптимальной дозы коагулянта учитывать принципиальные различия процессов коагуляции в блоке отстойников и в сооружениях двухступенчатого фильтрования. Необходимо отметить, что к началу пуска нового блока 4 на ВОС значительно вырос профессиональный уровень технологов, ответственных за назначение оптимальных доз реагентов.

### Ввод блока сооружений с напорными флотаторами и оптимизация его работы

В конце ноября 2005 г. состоялся пуск нового блока 4. Конструктивной особенностью новых сооружений является выполнение их единым блоком с камерами хлопьеобразования (реакции) и скорыми фильтрами для глубокого осветления воды (мутность до 1,5 мг/л) (рис. 6).

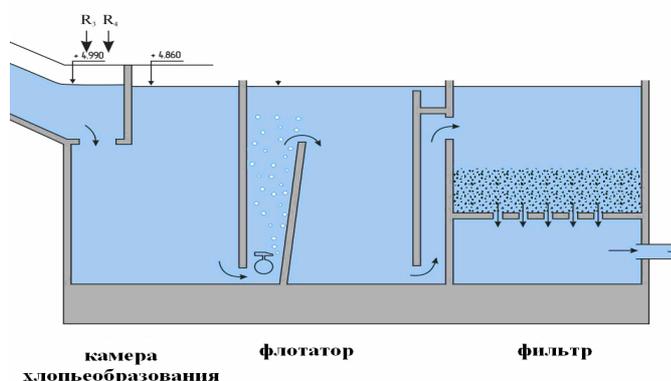


Рис. 6. Технологическая схема блока сооружений с напорными флотаторами для подготовки питьевой воды (ВОС г. Сыктывкара).

Пуско-наладочный период продлился до мая 2006 г., охватив неблагоприятные периоды сезонного колебания качества речной воды и ее температурного режима. Ожидания высоких результатов как по качеству очищенной воды, так и полезной производительности блока оправдались. Поэтому в последующее время все отстойники были отключены, и водоподготовка осуществлялась при сниженной подаче воды в блок двухступенчатого фильтрования и полной нагрузке напорных флотаторов.

Сравнительный анализ критериев качества очищенной воды после первой ступени осветления показал более высокую эффективность флотационной очистки по цветности, мутности (рис. 7) и другим показателям при стабильной работе всех сооружений (последнего года совместной работы 3-го и 4-го блоков).

Снижение объемов водопотребления города позволило летом 2008 г. оставить в работе только флотаторы и отключить 3-й блок на ремонт. Однако в период запуска отопительных систем города требуемый объем подачи возрастает. В связи с тем, что ремонт блока 3 затянулся на неопределенный срок, в постоянную эксплуатацию снова ввели блок 2 с отстойниками при небольшой их нагрузке и усовершенствовании узла хлопьеобразования. Сложившийся режим работы ВОС этого периода оказался наиболее целесообразным вариантом по-

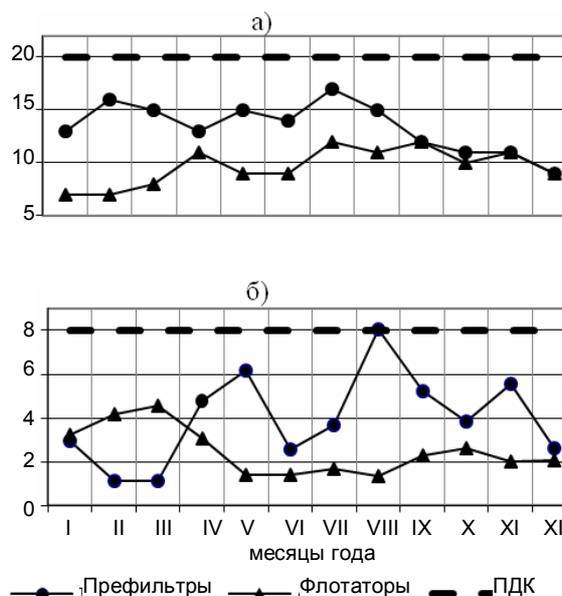


Рис. 7. Эффективность очистки коагулированной воды на I стадии осветления в префильтрах блока двухступенчатого фильтрования и в напорных флотаторах (2007 г.) по показателям: а) — цветность, град.; б) — мутность, мг/л.

лучения дополнительного объема воды и в настоящее время. На рис. 8 представлена динамика среднесуточной величины мутности воды после флотаторов за период с мая по ноябрь 2010 г., которая характеризует процесс осветления напорной флотацией как высокоэффективный метод очистки маломутных цветных вод, обеспечивающий *глубокое осветление* ее на этапе до фильтрования.

Величина мутности воды на выходе из сооружений I ступени очистки, рекомендуемая нормами проектирования для обеспечения нормального режима эксплуатации фильтров, не должна превышать 8–15 мг/л [3]. В наших условиях среднесуточное значение мутности значительно ниже (0,5–2,4), среднемесячные значения мутности составляют 1,2–1,4 мг/л, что свидетельствует о возможностях достижения не только высокого качества фильтрата, но и значительного увеличения продолжительности фильтроцикла с 8–12 до 36 и более час.

При этом необходимое количество воды для промывки фильтров уменьшается до 3% в отличие от расходов воды на собственные нужды традиционных технологий, для которых они достигают 10–14%. В результате снижения количества промывных вод на ВОС до четырех раз сократился сброс загрязненных сточных вод в р. Сысолу. Наряду с этим снизился сброс загрязняющих веществ в составе отводимых стоков за счет понижения на 34 % расхода реагентов на ВОС.

В табл. 6 приведены среднемесячные значения основных показателей качества питьевой воды, поступающей с ВОС г. Сыктывкара, в сравнении с действующими российскими и европейскими стандартами.

Качество питьевой воды отвечает гигиеническим требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [5] по всем показателям и сопоставимо с *европейскими норма-*



Рис. 8. Эффективность осветления коагулированной воды напорной флотацией по мутности после оптимизации работы ВОС (2010 г.).

Таблица 6

**Оценка эффективности новой технологии с использованием напорной флотации по критериям качества питьевой воды для централизованного водоснабжения**

Основные показатели	Резервуары чистой воды (2010 г.)	Сан ПиН 2.1.4.1074-01	Директива по питьевой воде 98/ 83/ ЕС
Запах при 20/60 °С, баллы	0 / 0	2 / 2	Приемлемый для потребителей
Мутность, мг/л	0,3 – 0,4	1,5	< 1 ЕМФ (по формалину)
Цветность, град.	4 – 10	20	Приемлемая для потребителей
Окисляемость перманганатная, мгО/л	1,96 – 3,99	5	5
Остаточный алюминий, мг/л	0,04 – 0,13	0,5	0,2
Водородный показатель, ед. рН	6,3 – 7,2	6 – 9	6,5 – 9,5
Жесткость общая,	0,9 – 2,9	7	2,5
Железо, мг/л	0,03 – 0,04	0,3	0,2
Марганец, мг/л	0,02 – 0,08	0,1	0,05
Хлориды, мг/л	9,3 – 16,6	350	250
Сухой остаток, мг/л	108 – 190	1000	500 (рекомендация ВОЗ)

тивами. Снижение остаточного алюминия достигается ниже величины 0,2 мг/л, содержание железа на порядок ниже и находится в пределах 0,03–0,04 мг/л, окисляемость не превышает нормативной величины 5 мг О/л.

**Экономический, экологический и социальный эффекты**

В результате модернизации ВОС г. Сыктывкара за счет внедрения новой технологии подготовки питьевой воды с использованием метода напорной флотации получен существенный экономический, экологический и социальный эффекты. Реализованная технология обеспечивает снижение потребностей в инвестициях на 60% по отношению к варианту проекта строительства дополнительного блока двухступенчатого фильтрования. При этом экономия по эксплуатационным затратам составляет около 31 млн. руб. в год, в том числе за счет снижения потребления электроэнергии на 606 тыс. кВт · час/год и теплопотребления на 1,2 тыс. Гкал/год.

В экологическом плане с внедрением блока напорных флотаторов и оптимизацией режимов их

работы в четыре раза уменьшилось количество промывных вод и, соответственно, величина сброса сточных вод в водные объекты. В результате сокращения расходов на собственные нужды ВОС снизился забор свежей воды. Вследствие этих мероприятий сократились экологические платежи.

Социальный эффект новой технологии подготовки питьевой воды состоит, в первую очередь, в обеспечении гарантированной подачи питьевой воды высокого качества, соответствующего гигиеническим требованиям, что способствует снижению риска заболевания населения в связи с недоброкачеством воды.

Наряду с этим снижены инвестиционные затраты населения, составляющие 4,5 тыс. руб. в расчете на одного человека, и на 8% тариф за счет меньших эксплуатационных затрат.

Реализованная технология является первым успешным производственным опытом в России. По результатам эксплуатации она в полной мере соответствует понятию «наилучшая доступная технология» и отвечает принципам рационального природопользования и ресурсосбережения.

#### Литература

1. *Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года*. Утв. распоряжением Правительства РФ от 27.08.2009 №1235-р.
2. *ГОСТ 2761-84*: Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.
3. *СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения // Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1985. 136 с.
4. *Фомина В.Ф.* Очистка маломутных цветных вод в условиях Севера с использованием напорной флотации: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Ленинград: ЛИСИ, 1981. 22 с.
5. *СанПиН 2.1.4.1074-01*. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы. М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2002.

*Статья поступила в редакцию 13.12.2012.*

**ДИНАМИКА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ  
КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА VI РАЗРЕЗА ГОРБУНОВСКОГО ТОР-  
ФЯНИКА**

Т.Г. АНТИПИНА\*, Н.К. ПАНОВА\*, Н.М. ЧАИРКИНА\*\*

*\*Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург*

*\*\*Институт истории и археологии УрО РАН, г. Екатеринбург*  
[antanya1306@mail.ru](mailto:antanya1306@mail.ru), [chair\\_n@mail.ru](mailto:chair_n@mail.ru)

По результатам спорово-пыльцевого и ботанического анализов, радиоуглеродного датирования торфяно-сапропелевых отложений VI Разреза рассматриваются особенности динамики растительности и болотообразовательного процесса Горбуновского торфяника в голоцене, в эпоху неолита – раннего железного века. Показана динамика палеоэкологических условий и варианты освоения древним населением территории VI Разреза.

**Ключевые слова:** Среднее Зауралье, голоцен, торфяно-сапропелевые отложения, спорово-пыльцевой и радиоуглеродный анализ, эпоха неолита–раннего железного века, палеоклимат

**T.G. ANTIPINA, N.K. PANOVA, N.M. CHAIRKINA. HOLOCENE ENVIRONMENTAL DYNAMICS BY DATA OF COMPLEX ANALYSIS OF VI SECTION ON THE GORBUNOVSKY PEAT BOG**

By the results of spore-pollen and botanical analyses, radiocarbon dating of peat-sapropel sediments of VI section the peculiarities of vegetation dynamics and bog-forming process of Gorbunovsky peatbog in the Holocene, during the Neolithic-Early Iron Age are considered. Dynamics of paleo-ecological conditions and development variants by the ancient population of territory of VI section are shown.

**Key words:** Trans-Urals, Holocene, Neolithic-Early Iron Age, peat-sapropel sediments, spore-pollen and radiocarbon analysis, paleo-climate

Наиболее древние торфяные болота на восточном склоне Среднего Урала, как правило, образовались в результате зарастания и заторфовывания послеледниковых озер, берега и острова которых были заселены в древности. В разные периоды голоцена происходило заболачивание стоянок и поселений, консервация культурных слоев и изделий из органики торфяными или сапропелевыми отложениями и формирование особого типа археологических источников – торфяниковых памятников. Их своеобразие обусловлено хорошей сохранностью органических остатков в условиях кислой среды и отсутствия кислорода. Последовательное осадконакопление сапропеля и торфа практически исключает переотложение культурных слоев памятников. Хорошая сохранность пыльцы, спор и других органических остатков, в том числе разнообразных артефактов в этих памятниках, позволяют использовать комплексный подход для реконструкции палеосреды и жизнедеятельности древнего населения.

Первая реконструкция палеорастительности Горбуновского торфяника по данным пыльцевого анализа сапропелевых отложений проведена В.И.Сукачевым и Г.И. Поплавской [1]. Они выделили четыре основные фазы развития региональной растительности голоцена: стадии лесотундры, елово-лиственничных лесов, березовых лесов и сосновых лесов, что не противоречит современным представлениям о динамике растительности в голоцене Среднего Урала. Однако предполагаемый возраст формирования Горбуновского палеоозера был сильно завышен, определен в 20 тыс. л.н. Позднее пыльцевой и ботанический анализы нескольких разрезов Горбуновского торфяника, в том числе VI Разреза, рассмотрены В.М. Раушенбах [2]. В этих работах анализировалась только пыльца древесных растений, определение абсолютного возраста отложений не проводилось.

Детальный палинологический анализ торфяно-сапропелевых отложений Горбуновского торфо-массива выполнен Н.А. Хотинским [3]. Корреляция

этих данных и материалов Аятского болота, для отложений которого имелись абсолютные даты, позволили увязать выделенные стадии развития растительности и изменения климата, сопоставить временные границы разных периодов голоцена Среднего Урала с хронологической шкалой Блитта-Сернандера-Нильсона.

Реконструкция динамики растительности и климатических условий по результатам спорово-пыльцевого анализа отложений стоянки Береговая 2, исследованной М.Г. Жилиным и С.Н. Савченко на Горбуновском торфянике, была представлена Н.К. Пановой [4]. Разрез вскрыл отложения от предбореального до суббореального периодов. В раскопе выявлено пять культурных слоев раннего мезолита–энеолита, формирование которых увязано с изменением экологических условий.

Палинологический анализ торфяно-сапропелевых отложений VI Разреза (раскоп № 71) был выполнен Е.Г. Лаптевой [5]. Автором реконструированы изменения растительности в течение суббореального и субатлантического периодов голоцена. Разрез включал культурные слои ранней бронзы и железного века. По образцу слоя торфа на контакте с сапропелем, содержащего артефакты раннего бронзового века, получена дата  $3875 \pm 65$  л.н. (СОАН-7372). Возраст нижележащей пачки сапропеля определен началом термического оптимума суббореала. Цель предлагаемого исследования – реконструкция динамики региональной растительности, локальных особенностей торфообразования и освоения территории VI Разреза Горбуновского торфяника человеком на основе комплексного анализа более полного разреза торфяно-сапропелевых отложений и серии радиоуглеродных дат.

#### Район и объект исследований

Горбуновский торфяник расположен в Свердловской области, в 2 км к югу от г. Нижний Тагил (рис.1). Торфомассив занимает дно межсопочной древней котловины на водоразделе р. Тагил и ее левого притока р. Чащихи, в пределах Среднеуральской низкогорной провинции, южно-таежного округа [6]. Отложения сапропеля мощностью от 0,5 до 3,5 м, подстилающие торфяную залежь, свидетельствуют об его озерном происхождении. Минеральное дно представлено суглинками, реже – супесями. Источником водного питания являются воды поверхностного стока.

С начала XX в. на Горбуновском торфянике проводились работы по осушению и добыче торфа. В настоящее время массив полностью осушен, добыча торфа в промышленных масштабах с конца 1990-х гг. не производится. В центральной части массива выделяются лесопокрываемые площади с сосново-березовым и еловым древостоем II-III бонитета и участки с ненарушенной торфяной залежью. В подлеске встречаются рябина (*Sorbus L.*), черемуха (*Prunus padus L.*), ива (*Salix L.*), малина (*Rubus L.*), жимолость (*Lonicera L.*), единично вяз (*Ulmus L.*). Периферийные части торфяника и торфяные поля активно зарастают сосново-березовой порослью.

Торфяник лесного низинного типа. В покрове произрастают кочкарные осоки (*Carex caespitosa L.*), хвощ болотный (*Equisetum palustre L.*), разнотравье. На незадернованных участках встречаются болотные растения: княженика (*Rubus arcticus L.*), белозор болотный (*Parnassia palustris L.*), сабельник (*Comarum palustre L.*), пушица (*Eriophorum L.*) и др. Осушенные участки зарастают мезотрофной луговой растительностью: таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria (L.) Maxim.*), вейник (*Calamagrostis Adans.*), ежа (*Dactylis glomerata L.*) и многие другие; в дренажных канавах встречается пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris L.*). Окружающая региональная растительность представлена южно-таежными сосновыми (с примесью ели и лиственницы) и производными сосново-березовыми лесами. Климат региона умеренно-континентальный.

Первые сведения об археологических находках на Горбуновском торфянике, обнаруженных во время торфодобычи, поступили в 1908 г. За столетнюю историю исследования здесь выявлено более 35 археологических памятников – стоянки, поселения, местонахождения, культовые места эпохи мезолита–железного века, среди которых особое место занимает VI Разрез, расположенный в центральной части торфомассива. В 1926–1929, 1931, 1936 гг. памятник изучал Д.Н. Эдинг [7, 8], в 1948 г. – А.Я. Брюсов и В.М. Раушенбах [2], в 1979–1980 гг. – В.Ф. Старков [9, 10], с 2007 г. – Н.М. Чаиркина. В результате многолетних археологических исследований VI Разреза обнаружены деревянные сооружения, вокруг которых найдены керамика, изделия из камня, антропоморфные, орнитоморфные и зооморфные скульптуры, посуда, средства передвижения, орудия охоты и рыболовства, выполненные из органических материалов.

#### Материал и методы исследования

Проведен палинологический и ботанический анализы торфяно-сапропелевых отложений многослойного памятника VI Разреза. Для подтверждения возраста отложений, уточнения хронологии слоев радиоуглеродным методом по  $^{14}\text{C}$  в изотопном центре кафедры геологии и геоэкологии факультета географии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена (г. Санкт-Петербург) датировано 11 образцов торфа и сапропеля (таблица).

Материал для ботанического, спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов, послуживший основой предлагаемого исследования, отобран из западной стенки уч. в/з раскопа № 60 2009 г. (рис. 2). Верхний слой торфа на этом участке снят во время торфоразработок, а верхняя часть культурного слоя перекрыта выбросами из старых раскопов. Нижняя часть торфяно-сапропелевых отложений (–180–340 см от условного «0») не нарушена. С этой глубины отобраны материал для радиоуглеродного датирования и 19 образцов для спорово-пыльцевого и ботанического анализов. Палеоботанические исследования выполнены в лаборатории популяционной биологии древесных растений и ди-

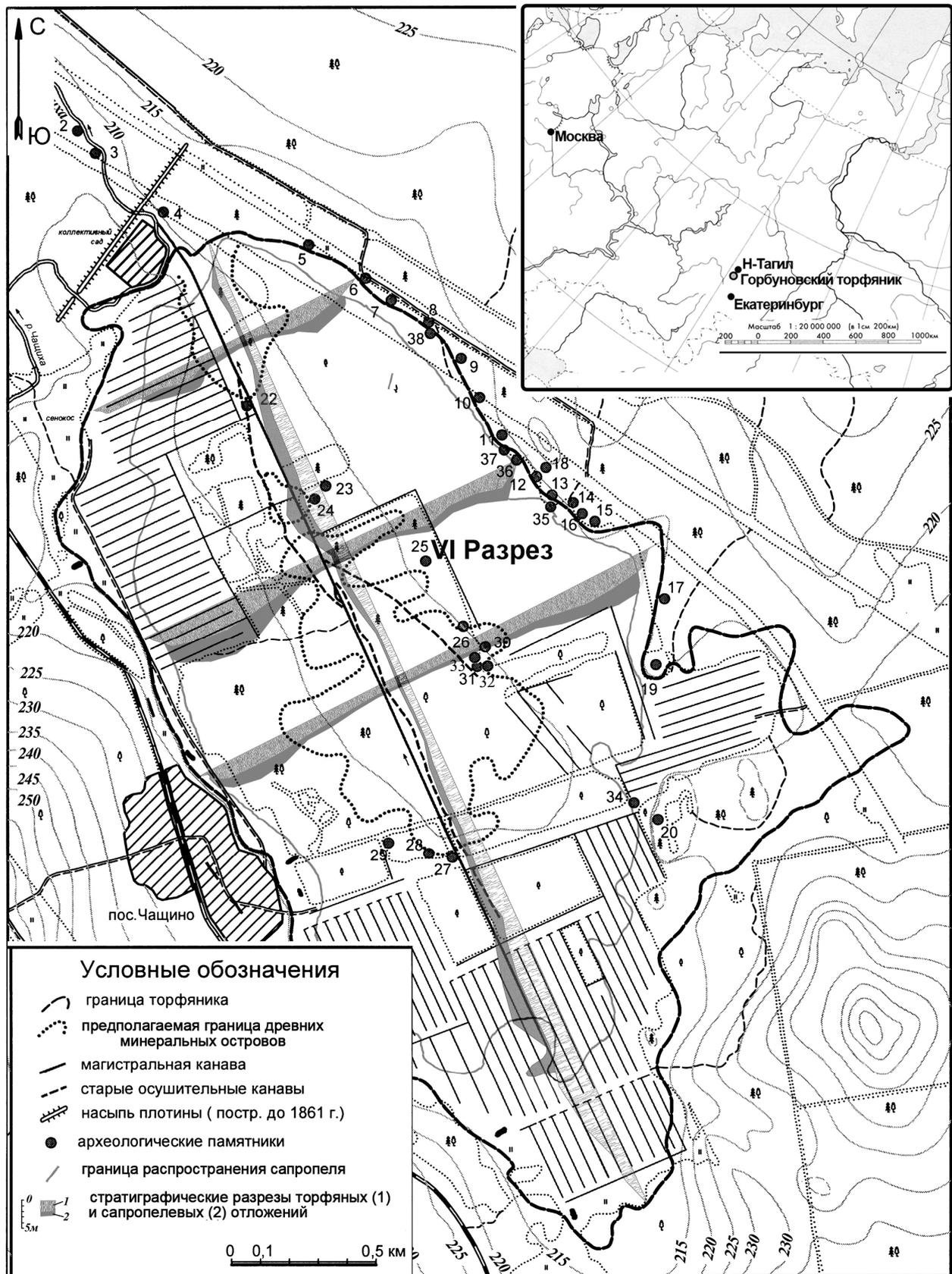


Рис. 1. Карта-схема расположения Горбуновского торфяника.

*Результаты радиоуглеродного датирования*

№ п/п	Глубина (см) от условного «0»	№ образца	Дата по <sup>14</sup> C	Калиброванные значения радиоуглеродных дат
1.	-180-190	SPb_500	2730±70BP	68,2 % probability: 970BC (2,7 %) 960BC, 940BC (65,5 %) 800BC; 95,4 % probability: 1050BC (95,4 %) 790BC
2.	-200-210	SPb_505	2938±70BP	68,2 % probability: 1270BC (68,2 %) 1040BC; 95,4 % probability 1380BC (93,6 %) 970BC, 960BC (1,8 %) 930BC
3.	-211-220	SPb_509	3150±70BP	68,2 % probability: 1510BC (60,7 %) 1370BC, 1340BC (7,5 %) 1310BC; 95,4 % probability: 1610BC (95,4 %) 1260BC
4.	-221-230	SPb_503	3550±70BP	68,2 % probability: 2010BC (1,6 %) 2000BC, 1980BC (40,9 %) 1860BC, 850BC (25,7 %) 1770BC; 95,4 % probability: 2130BC (2,7 %) 2080BC, 2050BC (90,5 %) 1730BC, 1720BC (2,2 %) 1690BC
5.	-241-250	SPb_501	3838±70BP	68,2 % probability: 2460BC (19,3 %) 2360BC, 2350BC (48,9 %) 2200BC; 95,4 % probability: 2480BC (92,4 %) 2120BC, 2090BC (3,0 %) 2040BC
6.	-251-260	SPb_508	4350±80BP	68,2 % probability: 3090BC (68,2 %) 2890BC; 95,4 % probability: 3350BC (95,4 %) 2750BC
7.	-281-290	SPb_510	4753±70BP	68,2 % probability: 3640BC (55,2 %) 3510BC, 3430BC (13,0 %) 3380BC; 95,4 % probability: 3660BC (95,4 %) 3370BC
8.	-291-300	SPb_502	4748±100BP	68,2 % probability: 3640BC (47,6 %) 3490BC, 3450BC (20,6 %) 3370BC; 95,4 % probability: 3800BC (95,4 %) 3300BC
9.	-301-310	SPb_504	5054±70BP	68,2 % probability: 3950BC (68,2 %) 3780BC; 95,4 % probability: 3980BC (95,4 %) 3690BC
10.	-311-320	SPb_507	5070±90BP	68,2 % probability: 3970BC (68,2 %) 3770BC; 95,4 % probability: 4040BC (95,4 %) 3650BC
11.	-330-340	SPb_506	5494±100BP	68,2 % probability: 4460BC (68,2 %) 4240BC; 95,4 % probability: 4540BC (95,4 %) 4050BC



Рис. 2. VI Разрез Горбуновского торфяника. Западная стенка уч. в/З, раскоп № 60. Место отбора проб на спорово-пыльцевой и радиоуглеродный анализы.

намики леса Ботанического сада УрО РАН по стандартным методикам [11, 13]. Растительные остатки определялись в глицериновых препаратах под микроскопом AXIO Scope A1 (ZEISS). Подсчет пыльцы и спор производился обычно до 500 зерен древесных, процентное содержание каждого выявленного таксона высчитывалось по отношению к сумме пыльцы деревьев и кустарников, принятой за 100 %. По результатам анализа строилась диаграмма с использованием компьютерной программы TILIA и TILIA-GRAPH [14]. Интерпретация результатов проводилась по принципу актуализма, на основе выделения регионального, локального и сублокального компонентов спорово-пыльцевых спектров.

### Результаты и обсуждение

В раскопе № 60 зафиксированы культурные слои раннего железного века, позднего и раннего бронзового века, энеолита. Верхний, практически полностью разрушенный слой раннего железного века, на уч. в/3 располагался на глубине –180–205–210 см, не был связан с какими-либо сооружениями, маркировался несколькими фрагментами керамики. По вмещающему слою – торфу – для этого времени получены радиоуглеродные даты с глубины –180–190 см: 2730±70BP (SPb\_500) и –200–210 см: 2938±70BP (SPb\_505). От нижележащего культурного слоя позднего бронзового века, залегавшего на глубине –206–211–219 см, верхний слой не отделен «стерильной» прослойкой торфа, контактная часть этих слоев содержала артефакты той и другой эпохи. Культурный слой позднего бронзового века характеризовался скоплением угля и мельчайших неопределимых кальцинированных костей, сланцевых плиток и кусков кварца; в слое зафиксированы мелкие вкрапления светлой глины и вертикально вбитые колья. Отмечена концентрация фрагментов сосудов черкаскульского типа, а также обломки глиняных тарелок, на многих из них нанесены орноморфные изображения. По вмещающему слою – торфу – с глубины –211–220 см для этого времени получена радиоуглеродная дата 3150±70BP (SPb\_509).

На глубине –217–231–240 см в торфе в раскопе № 60 обнаружено деревянное сооружение, ориентированное по линии северо-восток–юго-запад, протяженностью не менее 5,3 м, шириной 0,5–0,9 м. В его западной части отмечено резное зооморфное скульптурное изображение. С восточной и южной сторон к нему примыкали «ответвления», сложенные из мелких стволов в виде «плетенки» или решетки. Рядом с юго-западным краем настила обнаружен почти круглый кусок бересты диаметром 0,8 м, покрытый глиной светло-серого цвета, под которым фиксировалась берестяная фигура водоплавающей птицы, лежащая на куске бересты прямоугольной формы. К юго-западной части настила примыкала площадка размером 2,3 × 1,6 м, сложенная из досок. В сооружении и рядом с ним обнаружены деревянные скульптуры водоплавающих птиц, являвшиеся рукоятями ковшей и ложек, изделия из камня, немногочисленные обломки керамики ранней бронзы. Радиоуглеродная дата 3550±70BP

(SPb\_503) с глубины –221–230 см, полученная по вмещающему слою – торфу, возможно, не совсем соответствует реальному возрасту этого сооружения. Она может отражать его археологизацию, датировать процесс заторфовывания верхних частей конструкций, которые на момент возведения возвышались над основанием. Более вероятна дата, полученная по подстилающему сооружению слою – торфу – с глубины –241–250 см: 3838±70BP (SPb\_501). Она соответствует AMS датам по фрагменту деревянной конструкции этого же сооружения и деревянной орноморфной скульптуре, обнаруженной в нем [15].

Количество находок в торфе на глубине –251–260 см (4350±80BP (SPb\_508)) существенно сокращается. Они представлены неорнаментированными и трудноопределимыми обломками керамики, единично – фрагментами эпохи энеолита и ранней бронзы; изделиями из камня и дерева, чья культурно-хронологическая атрибуция затруднена.

Радиоуглеродные даты, полученные по торфу с глубины –281–290 см: 4753±70BP (SPb\_510); –291–300 см: 4748±100BP (SPb\_502) и –301–310 см: 5054±70BP (SPb\_504), маркируют, очевидно, эпоху энеолита. К этому же времени, вероятно, относится и дата, полученная по верхней части сапропеля с глубины –311–320 см: 5070±90BP (SPb\_507). Количество находок на этих уровнях фиксации невелико, они представлены мелкими неорнаментированными и трудноопределимыми фрагментами керамики, изделиями из камня и дерева.

Слой сапропеля на глубине –330–340 см отложился, вероятно, в эпоху неолита 5494±100BP (SPb\_506); он маркирован одним отщепом с ретушью, культурно-хронологическую принадлежность которого установить сложно.

Стратиграфия исследуемого разреза представлена по данным полевого описания и ботанического анализа торфа. На глубине –160–170 см фиксировался гипново-осоковый торф; –170–180 см – древесно-сфагновый торф (углистый детрит); –180–190 см – гипново-осоковый торф; –190–210 см – древесно-сфагновый торф; –210–220 см – осоково-древесный торф с углистым детритом; –217–240 см – древесный торф с углистым детритом, деревянное сооружение; –240–250 см – древесно-осоковый торф; –250–260 см – осоковый торф с углистым детритом; –260–270 см – древесно-осоковый торф; –270–290 см – осоковый низинный торф; –290–310 см – тростниковый торф; –310–320 см – торф с сапропелем; –320–350 см – верхний слой сапропеля.

Результаты ботанического анализа (рис. 3) демонстрируют динамику поэтапного зарастания и заболачивания озера. В сапропеле преобладает зоопланктон, в нижних слоях торфа – остатки тростника (*Phragmites Adans.*), различных осок, затем поселяется древесная растительность, главным образом, сосна (*Pinus sylvestris L.*) с зелеными (*Drepanocladus (Müll. Hal.) G.Roth*) и сфагновыми (*Sphagnum L.*) мхами в покрове.

На спорово-пыльцевой диаграмме по изменению состава палиноспектров отмечено шесть палинозон (рис. 3).

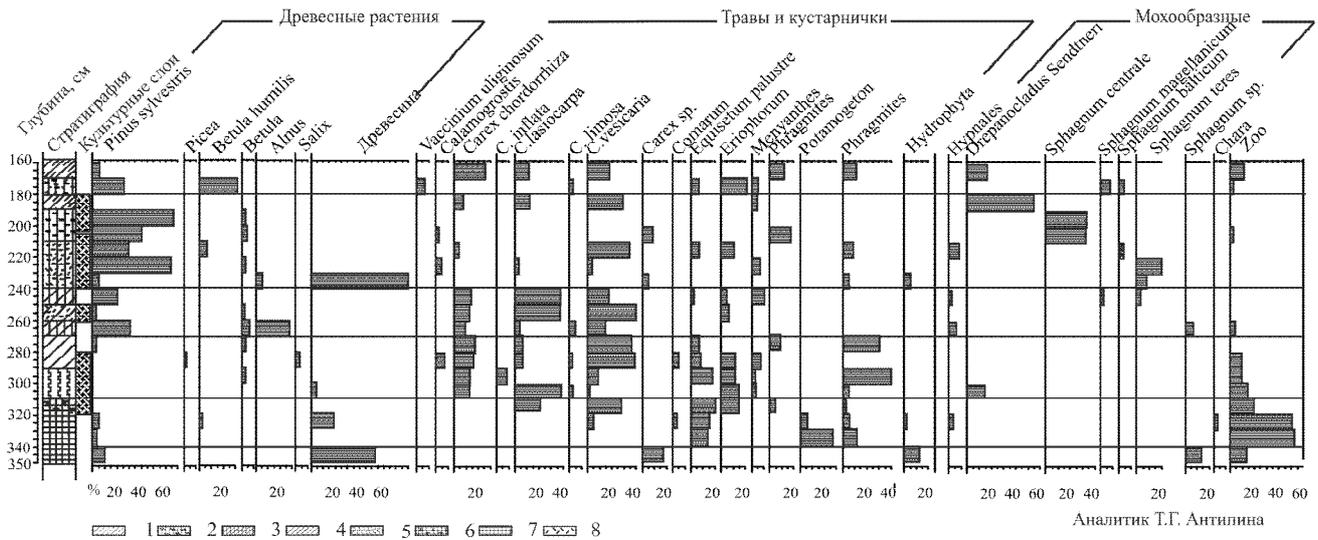


Рис. 3. VI Разрез Горбуновского торфяника. Диаграмма ботанического состава торфяного профиля. Виды торфа: 1 – осоково-гипновый; 2 – сфагново-древесный; 3 – осоково-древесный; 4 – осоковый; 5 – тростниковый; 6 – торфянистый сапропель; 7 – сапропель; 8 – углистый детрит. Периоды голоцена: АТ – атлантический; SB – суббореальный; SA – субатлантический.

Палинозона 1 выделяется в сапропеле (-340–350 см) повышенным содержанием пыльцы лиственницы (*Larix Mill.*), ели (*Picea A.Dietr.*), травянистых растений и спор. Количество пыльцы древесных растений составляет 47 % спорово-пыльцевого спектра. На долю трав и кустарничков приходится около 30 %, из которых доля кустарничковых березок (*Betula nana L.*, *Betula fruticosa Pall.*) – 10 %, эфедры (*Ephedra L.*) – около 2 %. Из трав злаки (*Poaceae* (R.Br.) Barnhart) и полыни (*Artemisia L.*) составляют по 10%, маревые (*Chenopodiaceae Vent., nom. cons.*) – 5 %; разнотравье, водные растения рогоз (*Typha L.*). Споры принадлежат, в основном, зеленым мхам (*Bryales Limpr.*) и папоротникам (*Polypodiaceae J.Presl & C.Presl*). Отмечается заметное присутствие зеленых водорослей рода *Pediastrum Meyen*, которые обитают в условиях неглубокого водоема, с пониженной степенью минерализации. Спорово-пыльцевой спектр характеризуется елово-лиственничными редколесья с небольшой примесью сосны и березы и довольно холодные и влажные климатические условия. Возраст этого слоя отложений проблематичен: радиоуглеродной даты, маркирующей палинозону, нет.

Палинозона 2 выделяется в слое сапропеля на глубине –320–340 см. Спорово-пыльцевой комплекс характеризуется доминированием пыльцы древесных растений (90 %) с максимумом пыльцы березы древовидной (*Betula sec. Betula*) – до 55 %. Несколько меньше пыльцы сосны и ели, появляется пыльца широколиственных деревьев – вяза (*Ulmus L.*) 0.4% и липы (*Tilia L.*) 0.4%. Доля пыльцы трав и спор уменьшается. Палинокомплекс соответствует растительности смешанных елово-сосново-березовых лесов с участием представителей неморальной флоры и умеренно теплые климатические условия. Возраст нижней границы палинозоны определен датой 5494±100 BP (SPb\_506) с глубины –330–340 см, что соответствует второй половине атлантического периода хронологической шкалы голоцена.

Палинозона 3 выделяется в отложениях тростникового и осокового низинного торфа на глубине –270–320 см по максимуму ели в пыльцевых спектрах (более 50 %) и минимальному содержанию березы. Пыльца сосны составляет до 40 % спектров. Локальный компонент представлен пыльцой осоковых и спорами зеленых мхов, характеризующих болотные ассоциации низинной стадии развития. Аномальным для этой зоны является спектр на глубине 310 см, где количество пыльцы ели снижается до 30 %. Уменьшение участия ели в составе лесов обусловлено, очевидно, произошедшим ранее повышением сухости климата, в результате которого понизился уровень водоема и началось его заболачивание, и запаздыванием реакции растительности на климатические изменения. В целом же палинозона 3 отражает растительность сосново-еловых лесов с участием липы и вяза и умеренно теплые и влажные климатические условия.

Для этой зоны получены четыре радиоуглеродные даты, которые определяют возраст отложений заключительной фазой атлантического периода голоцена. Образец торфа на контакте с сапропелем (глубина – 310–320 см) показал возраст 5070±90BP (SPb\_507).

Палинозона 4 соответствует слою древесно-осокового низинного торфа (-240–270 см), хорошо разложившегося, содержащего углистую прослойку (-250–260 см). По изменению палиноспектров в ней выделяется две подзоны. Спектр на глубине 260–270 см (подзона 4a) характеризуется резким падением процентного содержания пыльцы ели и увеличением доли сосны. Пыльца широколиственных деревьев исчезает, но встречается пыльца эфедры. В спектре спор отмечается пик хвощей на фоне исчезновения папоротников и сфагнов. Такие изменения в составе растительности могут быть обусловлены резким кратковременным сухим похолоданием.

В вышележащих слоях (подзона 4b, – 240–260 см) пыльца ели снова доминирует, появляется

пыльца вяза, дуба (*Quercus L.*), граба (*Carpinus Decne.*), ольхи (*Alnus Mill.*), увеличивается доля осоковых, разнотравья, папоротников. Все это свидетельствует о значительном потеплении и увлажнении. Растительный комплекс этого периода можно охарактеризовать как сосново-еловые леса с примесью березы и участием широколиственных деревьев. Присутствие пыльцы *Filipendula Mill.*, *Polygonum bistorta L.* свидетельствует о мезофильных условиях окружающего болота леса. Угlistый детрит и встреченная в этом слое пыльца рудеральных растений – подорожника (*Plantago L.*), маревых – очевидно, связаны с присутствием человека, о чем свидетельствуют найденные здесь артефакты.

Возраст палинозоны определяется как суббореальный, что подтверждается радиоуглеродными датами: 4350±80 BP (SPb\_508) (–251–260 см) и 3838±70BP (SPb\_501) (–241–250 см). Нижняя граница палинозоны находится между слоями с датировками 4753±70BP (SPb\_510) (–281–290 см) и 4350±80BP (–251–260 см). Она, очевидно, соответствует атлантико-суббореальному рубежу, который для территории Среднего Урала определяется в 4500 л.н. и характеризуется резким кратковременным изменением климата в сторону похолодания и засушливости [3].

Палинозоны 4а и 4б соответствуют стадиям раннесуббореального похолодания и среднесуббореального потепления [3, с.163].

Палинозона 5 выделяется на глубине –180–240 см. Она охватывает слой древесного торфа с прослойками угля, культурными слоями эпохи ранней и поздней бронзы, включая деревянное сооружение, и раннего железного века, а также верхний слой осокового торфа. Палинозона характеризуется максимумом пыльцы сосны (до 70 %) и значительным уменьшением – ели (до 10–20 %). Вместе с тем, в составе пыльцы темнохвойных пород участвуют пихта (*Abies Mill.*), сосна кедровая (*Pinus sibirica (Rupr.) Mayr.*). Зона ограничивается двумя максимумами пыльцы березы древовидной, которые могут отражать послепожарные сукцессии фитоценозов, что подтверждается наличием угlistых прослоек в подстилающих отложениях. Своеобразие палинозоны определяется содержанием в древесной части спектра пыльцы липы, вяза и дуба, а также карликовой березки, которая, по-видимому, приурочена к болотным ассоциациям. Увеличение доли гипновых и сфагновых мхов и папоротников (*Polypodiaceae*) свидетельствует об изменении болотных фитоценозов. В целом палинокомплекс отражает региональную растительность елово-сосновых лесов с примесью пихты, кедровой сосны, местами – лиственницы, березы и широколиственных древесных растений. Климатические условия можно охарактеризовать как умеренно-континентальные. Формирование слоя древесно-сфагнового торфа (–190–210 см) связано с понижением уровня грунтовых вод и широким распространением сосны на болоте.

Палинозона соответствует второй половине суббореального периода. Возраст отложений подтверждается радиоуглеродными датами: 3550±70BP

(SPb\_503), (–221–230 см); 3150±70BP (SPb\_509), (–211–220 см); 2938±70BP (SPb\_505), (–200–210 см); 2730±70BP (SPb\_500), (–180–190 см). Они позволяют детально проследить хронологию торфообразования и рассчитать его скорость, которая в среднем составила 0,5 мм в год.

Палинозона 6 соответствует слоям древесно-сфагнового и осокового торфа в верхней части залежи (–160–180 см). Палинозона характеризуется подъемом кривой пыльцы ели, некоторым снижением содержания сосны и березы, участием пихты и лиственницы, увеличением доли гипновых мхов. Палиноспектры соответствуют растительности елово-сосновых лесов и умеренно-континентальным климатическим условиям. Палинозона, очевидно, относится к субатлантическому периоду, что косвенно подтверждается радиоуглеродной датой нижележащего пограничного слоя на глубине –180–190 см: 2730±70BP (SPb\_500).

Итак, в исследованном нами разрезе, в отличие от разреза, проанализированного Е.Г. Лаптевой [5], были вскрыты более ранние отложения голоцена (со второй половины атлантического до начала субатлантического периода), содержащие культурные слои от неолита до раннего железного века. Отложения суббореала представлены значительно большей мощностью, что позволило детальнее охарактеризовать динамику растительности и природной среды этого периода.

В конце эпохи неолита (вторая половина атлантического периода) на исследованном участке VI Разреза было мелководное, зарастающее озеро, о чем свидетельствует присутствие в верхних слоях сапропеля остатков водных и водно-болотных растений (*Thypha*, *Potamogeton L.*, *Phragmites*, *Equisetum palustre*, *Comarum palustre*, *Carex vesicaria* и др.) (рис. 3, 4). На окружающей территории произрастали сосново-березовые леса с елью и вязом в подлеске. Климат был умеренно теплым.

Артефакты эпохи энеолита обнаружены на границе сапропеля с торфом, когда произошло пересыхание водоема, обусловленное кратковременным повышением сухости климата.

Последующее время до конца атлантического периода характеризуется умеренно теплыми и влажными климатическими условиями. В лесной растительности доминирует ель. Исследованный участок памятника заболачивается с отложением низинного тростникового и осокового торфа. Высокий уровень грунтовых вод, вероятно, не способствовал его активному освоению человеком.

Культурный слой эпохи энеолита на глубине –250–260 см связан с резким повышением сухости климата на рубеже атлантического и суббореального периодов, следствием которого стало значительное понижение уровня грунтовых вод и распространение на болоте древесной растительности (сосны). Слой низинного древесно-осокового торфа (–240–250 см) отражает повышение гидрологического уровня на болоте. Пыльцевой спектр пробы из этого слоя (увеличение пыльцы ели) свидетельствует о повышении влажности климата.



Результаты комплексного исследования торфяно-сапропелевых отложений VI Разреза Горбуновского торфяника методами палинологического, ботанического и радиоуглеродного анализов, их корреляция с археологическими данными позволили реконструировать общие изменения региональной растительности и климатических условий, установить отличительные особенности осадконакопления на месте памятника, обусловленные локальной экологической обстановкой, показать взаимосвязь изменений природной среды и деятельности человека.

#### Литература

1. *Сукачев В.И., Поплавская Г.И.* Очерк истории озер и растительности Среднего Урала в течение голоцена по данным изучения сапропелевых отложений // Бюлл. Комисс. по изуч. четвертич. периода СССР. М.–Л.: Изд-во АН СССР. 1946. №. 8. С. 5–37.
2. *Раушенбах В.М.* Среднее Зауралье в эпоху неолита и бронзы // Труды ГИМ. М.: Гос. Изд-во культурно-просветительской литературы, 1956. Вып. 29. 152 с.
3. *Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
4. *Панова Н.К.* Динамика природной среды в голоцене по данным палинологического анализа стоянки Береговая 2 на Горбуновском торфянике (Средний Урал) // Экология древних и традиционных обществ. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2011. Вып. 4. С. 62–64.
5. *Лантева Е.Г.* Палинологические исследования на VI Разрезе Горбуновского торфяника в 2007 г. // Древности Горбуновского торфяника. Охранные археологические исследования на Среднем Урале. Сборник статей. Вып. 6. Екатеринбург: Банк культурной информации, 2010. С. 157–163.
6. *Лесорастительные условия* и типы лесов Свердловской области: Практическое руководство / Б.П. Колесников, З.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
7. *Эдинг Д.Н.* Горбуновский торфяник. Предварительный очерк археологических работ 1926–1928 гг. // Материалы по изучению Тагильского округа. Тагил, 1929. Вып. 3. Полутом 1. 27 с.
8. *Эдинг Д.Н.* Новые находки на Горбуновском торфянике // МИА СССР. 1940. № 1. С. 41–57.
9. *Старков В.Ф., Хотинский Н.А., Алексащенко Н.А., Калинин И.В.* Раскопки на Горбуновском торфянике / АО. 1978. М., 1979. С. 200.
10. *Старков В.Ф.* Новые раскопки на Горбуновском торфянике / АО. 1979. М., 1980. С. 172–173.
11. *Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н.* Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.: Госэнергоиздат, 1959.
12. *Гладкова А.Н., Гричук В.П., Стельмак Н.К.* Пыльцевой анализ. М.: Гос. Изд-во геолог. лит-ры, 1950. 572 с.
13. *Гричук В.П., Заклинская Е.Д.* Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ Географгиз, 1948.
14. *Grimm E.C.* TILIA 1.11 and TILIA GRAPH 1.17. Illinois state museum, Research and Collection center. Springfield. 1992. 65 p.
15. *Natalia M. Chairkina, Yaroslav V. Kuzmin & George S. Burr* Chronology of the perishables: first AMS 14C dates of wooden artefacts from Aeneolithic – Bronze Age waterlogged sites in the Trans-Urals, Russia. Antiquity. В печати.

Статья поступила в редакцию 22.01.2013.

УДК 947:343.412"193/195"

## **«КУЛАЦКАЯ ССЫЛКА» НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ И ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 1930-х гг.: РАЗМЕЩЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ**

Н.М. ИГНАТОВА\*, Н.А. МИХАЛЕВ\*\*

*\*Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

*\*\*Институт истории и археологии УрО РАН, г. Екатеринбург  
[ignatova11@rambler.ru](mailto:ignatova11@rambler.ru), [n.mikhalev@mail.ru](mailto:n.mikhalev@mail.ru)*

В статье рассматриваются массовые принудительные переселения в северные регионы на основе сравнительного анализа переселения насильственных мигрантов, которые были выселены в период массовой коллективизации с мест постоянного проживания в Республику Коми и Ямало-Ненецкий автономный округ. Рассмотрены вопросы размещения, обеспечения жильем, медицинского обслуживания, численности и смертности спецпереселенцев.

**Ключевые слова:** спецпереселенцы, «бывшие кулаки», Республика Коми, Ямало-Ненецкий автономный округ, северные регионы, размещение, численность

**N.M.IGNATOVA, N.A.MIKHALEV. THE "DEPORTATION OF KULAKS" TO TERRITORIES OF THE KOMI REPUBLIC AND YAMAL-NENETS AUTONOMOUS AREA IN THE FIRST HALF OF THE 1930-S: DISTRIBUTION AND NUMBER**

Mass forced resettlements to northern regions of forced migrants that have been moved in mass collectivization period from places of constant residing to the Komi Republic and Yamal-Nenets Autonomous Area are considered on the basis of the comparative analysis of resettlement of forced migrants. Problems of distribution, housing, medical care, number and death rate of special settlers are also considered.

**Key words:** special immigrants, "former kulaks", Komi Republic, Yamal-Nenets Autonomous Area, northern regions, distribution, number

---

Начало проведения массовых насильственных переселений связано с коллективизацией сельского хозяйства в СССР, которая сопровождалась раскулачиванием части крестьян. Принудительная высылка крестьян с осени 1930 г. получила наименование «спецпереселение», а «раскулаченные» высланные кулаки «II категории» стали именоваться «спецпереселенцами» [1]. В 1930 и 1931 гг. из районов сплошной коллективизации были выселены и отправлены на спецпоселения 381 026 семей (1 803 392 чел.). Основными районами выселения были Поволжье, центрально-черноземные области, Северный Кавказ, Средняя Азия, основными районами вселения – Север, Урал, Сибирь, Казахстан. В Северном крае, в состав которого до 1936 г. входила Коми автономная область [2] наряду с Архангельской и Вологодской областями, на конец 1931 г. было расселено 131 313 чел., на Урале, где в состав Тобольского округа Уральской области входила территория Ямало-Ненецкого округа, – 540 818 чел. [3, с. 242].

Государственная политика в области спецпереселения характеризовалась экономической це-

лесообразностью. Потоки принудительной миграции направлялись с учетом осуществления экономической (колониционной) политики. Как отмечает Л.Н. Мазур, реализация политики добровольного переселения, активно проводившаяся в 1920-е гг., сталкивалась с постоянными проблемами финансирования, различными организационными и иными сложностями. Ее результативность была невысокой, так как приток желающих был гораздо ниже тех потребностей, которые диктовала необходимость развития лесной, добывающей промышленности, других отраслей производства. Фактически то, что не смогло сделать государство на «законном» основании, проводя политику переселения сельского населения на малоосвоенные земли, стало осуществляться путем насильственного перемещения миллионов раскулаченных крестьян [4]. Поэтому с 1930-х гг. в баланс рабочей силы, требуемой для освоения новых территорий, спецконтингент начинает играть важную, а в реализации ряда народнохозяйственных программ решающую роль.

Наиболее ярко прагматическое отношение к спецпереселенцам как к инструменту хозяйственно-

го освоения новых территорий проявилось в северных регионах, таких как Республика Коми и Ямало-Ненецкий округ, представлявших собой в 1930-е гг. обширные и малоосвоенные районы. Обладая значительными сырьевыми и биологическими ресурсами, они существенно уступали по уровню социально-экономического развития и численности населения сопредельным регионам Европейской России, Урала и Сибири.

Работа центра по «распределению» спецпереселенцев шла достаточно четко. Существовали планы и разрядки, по которым спецпереселенцы поступали в регионы, где использование труда ссыльных осуществлялось посредством заключения договоров с крупными хозяйственными организациями, на которые была возложена обязанность по вселению, трудоустройству и обслуживанию репрессированных крестьян. В Коми области спецпереселенцы были переданы лесозаготовительному тресту «Комилес» и должны были осваивать лесные массивы региона. На Уральском севере планировалось сосредоточить спецконтингенты на рыбных промыслах, и они оказались в ведении Уральского (с 1931 г. – Обского) государственного рыбопромышленного треста.

Между регионами высылки и Москвой велась активная переписка по согласованию количества высланных. После того, как принимались планы расселения, заключались договоры на трудовое использование спецпереселенцев между ОГПУ и различными наркоматами, а затем на региональном уровне между органами ОГПУ и промышленными учреждениями. Единственным местом проживания спецпереселенцев должны были стать спец(труд)поселки. На первом этапе спецпереселения постановлением коллегии Наркомзема РСФСР «О местах поселения кулацких хозяйств, высланных из районов сплошной коллективизации» от 1 апреля 1930 г. определялось, что для расселения кулаков необходимо создавать поселки в количестве от 20 до 100 семей. Одним из требований было расположение поселков, по возможности, дальше от железнодорожных, водных и шоссейных путей. Места для поселения определялись комиссией в составе представителей земорганов, ОГПУ, административных управлений Облесполкомов. Согласно принятому Постановлению СНК Союза ССР от 20 апреля 1932 г. (№775-146 «секретно») спецпереселенцам предписывалось жить в организованных НКВД СССР трудпоселках. На местах вводился особый режим проживания. Управление поселками возлагалось на комендатуры НКВД [5].

В трест «Комилес» 26 января 1930 г. поступила инструкция, в которой указывалось, что «в связи с массовой коллективизацией в высших органах разрабатывается проект расселения кулацкого элемента деревни, преимущественно в северных частях Союза, с возможностью для этого элемента заниматься общепольным трудом, переселение намечается в принудительном порядке» [6]. Вскоре, 28 февраля 1930 г., был заключен договор между областным отделом ОГПУ и Государственным ле-

сопромышленным трестом «Комилес» о передаче в распоряжение треста 5 тыс. «кулацких семей» [7].

По Постановлению СНК СССР от 16 августа 1931 г. и генеральному соглашению между Главлеспромом и ГУЛАГом ОГПУ от 10 июля 1931 г. спецпереселенцы передавались трестам лесной промышленности и закреплялись как постоянные кадры лесных рабочих [8]. Основной план переселения в 1931 г. для нужд лесной промышленности был утвержден в ходе заключения Генерального соглашения от 10 июля 1931 г. между Главным Управлением исправительно-трудовыми лагерями ОГПУ и Всесоюзным объединением лесной промышленности и лесного хозяйства ВСНХ СССР (Союзлеспром) [9]. К июлю 1931 г. ПП ОГПУ по Северному краю передал в общем «Комилесу» всего 9 065 семей спецпереселенцев [10].

На Урале, согласно принятому 5 февраля 1930 г. постановлению бюро Уралобкома ВКП(б) «О ликвидации кулацких хозяйств в связи с массовой коллективизацией», подлежало высылке в малонаселенные и необжитые районы Уральского Севера только из округов Уральской области «до 15 тыс. кулацких хозяйств» [11]. Помимо этого, ранее, 31 января 1930 г., на заседании бюро Обкома было решено «ориентировочно принять предложение центра о размещении на Урале 40 тыс. семейств кулачества, высланных из других районов Союза». Из них к размещению в Тобольском округе (куда входил и Обдорский район, из которого в 1930 г. будет образован Ямальский (Ненецкий) округ) планировалась 21 тыс. семейств [12].

В ходе разработки переселенческих планов постоянно подчеркивалось, что «кулацкая ссылка» должна была размещаться исключительно «в порядке колонизации, с расчетом использования на лесоразработках и рыбных промыслах», и должна была быть поставлена «в такие материальные условия, при которых она будет находиться в полной зависимости от государственных предприятий, дающих ей заработок» [13]. Предприятием, дающим заработок спецпереселенцам, стал, как говорилось выше, Уральский (Обский) государственный рыбопромышленный трест. К маю 1930 г., сообщило ПП ОГПУ по Уралу, тресту была произведена передача 2530 семей для дальнейшей отправки таковых к местам работ в Обдорский район [14]. При этом Рыбрестом, еще до получения первых людских контингентов, спецпоселки для их размещения планировались – в полном соответствии с указаниями областных органов о принудительной колонизации северных территорий – как «наиболее целесообразные экономические пункты, слабо освоенные по вылову рыбы и имеющие в окрестностях топливные и строительные материалы» [15]. Однако на практике с обустройством и снабжением переселенцев возникли серьезные проблемы. Уже 23 августа 1930 г. на заседании малого Президиума Уральского облесполкома было признано, что планы строительства в Обдорском районе сорваны и все высланные (за исключением 270 человек) размещены во временных летних помещениях, шала-

шах, или «в зимних помещениях туземцев» [16]. Несмотря на указания областных и окружных органов, «обстраивание» спецпереселенцев и по темпам, и по качеству потребности последних не удовлетворяла.

По состоянию на 25 сентября 1930 г. в регионе размещалось 1 044 семьи переселенцев или 5 365 чел. Ко второму кварталу 1931 г. после вывоза из округа 400 семей (2 263 чел.) из-за полного отсутствия инфраструктуры для их размещения и резкого роста заболеваемости (особенно цингой) численность спецпереселенческого контингента, находившегося в регионе, снизилась и составила 611 семей или 3 110 чел., которые были расселены в 11 пунктах [17]. (см. табл. 1).

Таблица 1

*Численность спецпереселенцев  
в Ямало-Ненецком округе,  
по состоянию на 6 апреля 1931 г.*

Места расселения	Количество семей	Количество людей
Р. Шуга	45	228
Р. Нью-Яда	20	102
Р. Ханби-Яга	70	355
Промысел Пуйко	60	308
Промысел Ямбура	40	203
Промысел Казымский мыс	30	154
Промысел Аксарка	40	204
Обдорск	116	591
Пос. Тушвош	20	103
Пос. Питляр	100	508
Пос. Кушеват	70	354
Итого	611	3110

Составлено по: ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 6. Л. 19.

В июне 1931 г. заместитель управляющего Рыбтреста дал распоряжение «принять 200 семей переселенцев-рыбаков, в общем количестве составляющих 996 человек, направленных из Азово-Черноморского района на Тобольский север для колонизации ... ». Местом их назначения должны были стать Остяко-Вогульский (Ханты-Мансийский) и Ямало-Ненецкий округа (по 100 семей в каждый соответственно). В последнем эти переселенцы были размещены в количестве от 4 до 20 семей по существовавшим спецпоселкам. Причем, часть из них была отправлена в бассейн р. Таз [18]. Данное обстоятельство знаменовало известное расширение географии спецпоселенческой сети, до этого в основном располагавшейся в южной части региона и не охватывавшей территории Заполярья. Состоявшееся 20 февраля 1933 г. совещание ответственных работников Ямалского отделения Обьрыбтреста, подтвердив «прямую целесообразность использования с[пец]/переселенцев как рабочую силу в рыбной промышленности», высказалось за необходимость создания поселков в таких заполярных пунктах, как Новый Порт (на 100 семей) и Тазовский район (на 150 семей) [19].

Произведенная в течение 1933 г. организация этих спецпоселений, находившихся за Полярным кругом, осуществлялась посредством крупной переброски нескольких поселков из соседнего Остяко-Вогульского округа, размещение поселенцев в котором «не совсем отвечало хозяйственным интересам треста» [3, с.263]. Вообще же такие переброски «излишнего населения» превратились в обычную производственную практику Обьтреста. Обычными стали и сезонные «передвижки» рабочей силы. Ежегодно трест весной набирал до 2 тыс. трудоспособных переселенцев в поселках Остяко-Вогульского округа для переброски таковых на период путины на заполярные промыслы и рыбозаводы Ямала. Руководством треста эти перемещения трактовались как одна из «наиболее рациональных мер по использованию спецпереселенческой рабочей силы», снимавшей необходимость вербовки и завоза в эти отдаленные районы вольнонаемных работников, а также продиктованной нерентабельностью угодий Остяко-Вогульского округа. Именно усилиями переселенцев были построены многие рыбозаводы (в частности, Новопортовский и Пуйковский), они же стали первыми специалистами этих предприятий. В ходе таких перебросок, кроме того, ликвидировались целые поселки, не имевшие перспектив по добыче рыбы, а часть сезонных работников из числа переселенцев, завезенных из соседних регионов, оставалась на постоянное жительство в северных поселках Ямалского округа.

В Северный край, в состав которого входила Коми автономная область, первые эшелоны с «бывшими кулаками» стали прибывать в конце февраля 1930 г. Спецпереселенцы завозились в деревни, близлежащие к местам будущих вырубок, либо прямо в лес, где жили в землянках или палатках, пока строили спецпоселки. Несмотря на тщательную регламентацию вопроса заселения спецпереселенцев, вся работа по их устройству проводилась наспех и без понимания ясности проблемы. К осени 1930 г. в Северном крае было построено только 66 постоянных жилищ из 4 071 запланированных, а требовалось около 6 тысяч. План строительства для спецпереселенцев в крае был выполнен на 1,4 %, потребность в жилье была удовлетворена примерно на 1% [20].

К 1931 г. численность спецпереселенцев в Коми области составила 40 325 чел. [21]. Они были размещены в девяти районах области. За 1930-1931 гг. было организовано 46 спецпоселков [22]. В марте 1932 г. Коми обком ВКП(б) ставил задачу «форсировать строительство (жилья) и закончить не позднее 1 сентября» [23], однако большинство спецпереселенцев и через два года после высылки не имели постоянного жилья. Причин плохого «освоения» спецпереселенцев и медленных темпов строительства было несколько. Главным занятием спецпереселенцев была лесозаготовка, поэтому с началом заселения часть из них работала в лесу, а на строительстве поселков оставалось несколько бригад. Кроме того, ощущалась острая нехватка строительных инструментов и строевого леса. Одна из важных причин отставания в строительстве за-

Таблица 2

*Численность спецпереселенцев  
в Коми автономной области в 1932–1933 гг., чел.*

Район	1932 г.	1933 г.
Усть-Куломский	8 235	4 512
Сыктывдинский	5 075	3 430
Сторожевский	3 318	1 107
Усть-Вымский	6 815	4 149
Визингский	5 561	4 673
Прилузский	2 843	2 581
Троицко-Печорский	4 459	2 326
Усть-Усинский (Песчанка)	1 358	857
Ухтпечлаг (Новый бор)	1 580	1 556
Всего	39 184	23 635

Составлено по: НАРК. Ф.Р-3. Оп. 1. Д. 2375. Л. 163; Ф.Р-136. Оп. 1. Д. 389. Л. 72.

ключалась в плохой организации руководства на местах.

В 1933 г. на гражданское строительство в спецпоселках были выделены ассигнования в размере 937 900 руб., и дополнительно 108 тыс. руб. Тем не менее, план строительства не был выполнен. Официальными причинами невыполнения плана по строительству «Комилес» назвал отсутствие строевого леса, а также «недостаточный отпуск продлимитов на строительство». На работающих на строительстве спецпереселенцев было выделено 27,6 т муки, 2,8 т крупы и 36 т овса, что составило 29 % от необходимого количества [24]. В поселки отпускались продукты лишь по фондам лесозаготовителей, а работающие на строительстве поселков зачастую продуктами питания не обеспечивались вовсе. Например, в Локчимском регионе 5 370 спецпереселенцев питались продуктами, завезенными на 3 020 чел. [25].

Строившиеся бараки не соответствовали санитарно-гигиеническим и техническим нормам. Они представляли из себя большие сараи, внутри которых располагались сплошные нары в два-три яруса, окна почти все забивали наглухо для сохранения тепла. Строились бараки наспех, из старого леса, поэтому были продуваемые и холодные. Столов, тумбочек и кроватей не было, не доставало посуды и различного инвентаря, в том числе тазов и умывальников. В поселке Зинстан Усть-Куломского района на январь 1937 г. описывалось следующее положение: «В бараках дым, сырость. Нет оборудования, посуды. На весь барак имеется один таз, который используется как лоханка под умывальником, с тем же тазом работники ходят мыться в баню, из-за чего, в том числе, 70 % рабочих болеют чесоткой» [26]. С 1933 г. некоторые поселки, ввиду неперспективности и невозможности снабжать их продовольствием из-за отсутствия дорог, стали ликвидировать. Количество поселков к середине 1930-х гг. сократилось до 36 и во второй половине 1930-х гг. оставалось стабильным [27].

С 1932 по 1935 г. численность спецпереселенцев в Коми области резко сокращается. Если в 1931 г. их насчитывалось 40 325 чел., то в 1932 г. – 39 184 чел. [28], в 1933 г. – 23 635 чел. [29], в 1935 г. – 17 859 чел. [30], а к концу 1935 г. – 16 954 чел. [31]. Во второй половине 1930-х гг. число раскулаченных на спецпоселениях в республике остается стабильным – около 17 тыс. чел. В частности, на 1 октября 1938 г. было учтено 17 955 чел. [32]. (см. табл. 2).

Основными причинами снижения численности спецпереселенцев были высокий уровень смертности вследствие голода, неблагоприятные жилищные условия и эпидемиологические заболевания. Имели место также побеги с мест поселений.

Из острозаразных заболеваний среди спецпереселенцев наиболее широко были распространены сыпной и брюшной тиф, цинга, а также скарлатина, дифтерит, дизентерия и грипп. Кроме этого, наблюдались массовые случаи голодных отеков и дистрофии. В 1932 г., за первое полугодие, было зарегистрировано в спецпоселках 944 случая сыпного и 149 – брюшного тифа. За тот же период забо-

левших цингой было учтено 1 518 чел., в том числе 1 500 спецпереселенцев по Троицко-Печорскому району. Заболевших тифом и цингой из местного населения насчитывалось несколько семей. Как отмечалось в документах, эпидемия «нашла себе в спецпоселках благоприятные условия» [33]. С 1933 г. начинается снижение уровня заболеваемости острозаразными заболеваниями. За первое полугодие 1933 г. в спецпоселках области было зарегистрировано: сыпного тифа – 25 случаев, брюшного – 34, дизентерии – 73, скарлатины – 30, кори – 16, цинги – 964 случая [34]. Как видно, эпидемическая ситуация сохранилась только по цинге. Помимо эпидемий среди спецпереселенцев в начале 1930-х гг. наблюдались массовые случаи заболеваний на почве недоедания, которые определялись местными фельдшерами как «голодные отеки», «опухания» или «безбелковые отеки».

На Ямальском севере к середине 1930-х гг. резкого сокращения масштабов спецссылки не наблюдалось. К концу 1935 г. численность спецпереселенцев, размещенных в регионе, наоборот, несколько увеличилась, составив 3 500–4 000 чел. К этому же времени стабилизируется и сеть основных спецпоселков [35]. При этом демографическая ситуация в их среде, как и в Коми области, стабильностью не отличалась. Данные по этому вопросу носят весьма ограниченный и фрагментарный характер, но даже они свидетельствуют, что заболеваемость и смертность среди переселенцев, вызванная, главным образом, неудовлетворительными условиями их содержания, была высока, особенно в первые годы ссылки. Наиболее уязвимой категорией в условиях сурового северного климата, нехватки жилой площади, отсутствия нормальной медицинской помощи стали дети, составившие более 70% умерших в первый год ссылки.

В целом, следует отметить, что массовые насильственные переселения в Коми край отличались значительно большими масштабами по числу спецпереселенцев, чем в Ямало-Ненецком округе, но при этом удельный вес спецпереселенцев по отношению к общему количеству жителей данных регионов был примерно одинаков (табл. 3).

Таблица 3

**Численность спецпереселенцев  
и местного населения, 1931 г.**

Показатели учета	Республика Коми	Ямало-Ненецкий округ	СССР
Общее число населения	222 542	26 668 <sup>1</sup>	158 361 000
Численность спецпереселенцев	40 325	4 000 <sup>2</sup>	1 803 392
Удельный вес	18%	15%	1,1 %

<sup>1</sup> По состоянию на 1 января 1933 г.; <sup>2</sup> По состоянию на декабрь 1935 г.

Составлено по: Жиромская В.Б. Демографическая история России в 1930-е гг. Взгляд в неизвестное. М.: РОССПЭН, 2001. С. 37; Земсков В.Н. Спецпереселенцы в СССР, 1930-1960. М., 2005. С. 16; НАРК (Национальный архив Республики Коми). Ф.П-1. Оп. 2. Д. 892. Л. 52; Отчет Ямальского (Ненецкого) Национального Окружного Исполнительного Комитета советов о работе за 1931-34 г. Салехард, 1935. С. 5.

Северные регионы страны, в том числе Республика Коми и Ямало-Ненецкий автономный округ, обладая в 1930-е гг. богатыми и неосвоенными сырьевыми ресурсами и имея отличающиеся административно-географические характеристики и различную ориентированность в народно-хозяйственной деятельности, имели одну общую черту – недостаток трудовых ресурсов. Данный недостаток восполнился в 1930–1931 гг. за счет спецпереселенцев-«бывших кулаков». Для этих регионов были характерны общие черты проводимой политики насильственных переселений (экономическая обусловленность, плановость, ориентированность на потребности конкретных предприятий) и общие проблемы при проведении заселения (недостаток продовольствия, отсутствие необходимого жилья, высокий уровень заболеваемости и смертности).

**Литература и источники**

1. Красильников С.А. Спецпереселенцы: "правовое положение" в бесправном обществе // Гуманитарная наука в России: соросовские лауреаты. М., 1996. С. 91.
2. 1926-36 гг. – Коми автономная область, 1936-91 – Коми АССР, с 1991 г. – Республика Коми.
3. Ивницкий Н.А. Коллективизация и раскулачивание (начало 30-х годов). М., 1996. 287 с.
4. Мазур Л.Н. Край ссылки: особенности формирования и развития системы расселения на Урале в 1930–1950-е гг. Документ. Архив. История. Современность: Сб. науч. тр. Вып. 2. Екатеринбург, 2002. С. 181.

5. Бугай Н.Ф., Гонов А.М. Кавказ: народы в эшелонах (20–60-е годы). М., 1998. С. 114.
6. Национальный архив Республики Коми (далее – НАРК) Ф.Р.-144. Оп. 1. Д. 3125. Л. 4.
7. НАРК. Ф.Р.-144. Оп. 1. Д. 3125. Л. 46.
8. НАРК. Ф.Р.-374. Оп. 1. Д. 2. Л. 100.
9. НАРК. Ф.Р.-144. Оп. 1. Д. 3138. Л. 47.
10. НАРК. Ф.Р.-144. Оп. 1. Д. 1575. Л. 25.
11. Раскулаченные спецпереселенцы на Урале (1930–1936 гг.). Сб. документов / Сост. Т.И. Славко, А.Э. Бедель. Екатеринбург, 1993. С. 29–30.
12. Центр документации общественных организаций Свердловской области (далее – ЦДО-ОСО). Ф. 4. Оп. 8. Д. 54. Л. 452.
13. ЦДООСО. Ф. 4. Оп. 8. Д. 54. Л. 90.
14. Трагедия советской деревни. Коллективизация и раскулачивание. 1927–1939 гг. Документы и материалы. В 5 т. Т. 2. Ноябрь 1929 – декабрь 1930 / Под ред. В. Данилова, Р. Маннинг, Л. Виолы. М., 2000. С. 437–438, 444.
15. Государственный архив Тюменской области (далее – ГАТО). ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 8. Л. 1, 3.
16. ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 3. Л. 32-32об. См. также: Трагедия советской деревни. – С. 650.
17. ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 15. Л. 27-27 об
18. ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 14. Л. 12, 3.
19. ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 78. Л. 22-23 об.
20. ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 96а. Л. 2.
21. НАРК. Ф.Р.-148. Оп. 1. Д. 576. Л. 121.
22. НАРК. Ф.Р.-144. Оп. 1. Д. 1575. Л. 25, 46.
23. НАРК. Ф.Р.-398. Оп. 1. Д. 971. Л. 132.
24. НАРК. Ф.Р.-3. Оп. 1. Д. 2422. Л. 9.
25. НАРК. Ф.Р.-3. Оп. 1. Д. 2371. Л. 45.
26. НАРК. Ф.П.-1. Оп. 3. Д. 343. Л. 1.
27. НАРК. Ф.П.-1. Оп. 3. Д. 461. Л. 37.
28. НАРК. Ф.Р.-3. Оп. 1. Д. 2375. Л. 163.
29. НАРК. Ф.Р.-136. Оп. 1. Д. 389. Л. 72.
30. НАРК. Ф.Р.-144. Оп. 1. Д. 3192. Л. 10.
31. НАРК. Ф.П.-1. Оп. 3. Д. 137. Л. 24.
32. НАРК. Ф.П.-1. Оп. 3. Д. 461. Л. 37.
33. НАРК. Ф.Р.-3. Оп. 1. Д. 2376. Л. 37, 221.
34. НАРК. Ф.Р.-3. Оп. 1. Д. 2432. Л. 1.
35. Судьбы народов Обь-Иртышского Севера (Из истории национально-государственного строительства 1822–1944 гг.). Сб. документов. Тюмень, 1994. С. 244; ГАТО. Ф. 1785. Оп. 5. Д. 125. Л. 5.

Статья поступила в редакцию 29.10.2012.

УДК 94:351.74 (470.13 - 25) «178/179»

## ШТАТНАЯ КОМАНДА ГОРОДА УСТЬ-СЫСОЛЬСКА В 80–90-е гг. XVIII в.

В.В. СМОРГУНОВ

*Институт языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*

[Vanygromss@yandex.ru](mailto:Vanygromss@yandex.ru)

Освещена деятельность Усть-Сысольской штатной воинской команды в конце XVIII в. Раскрыты её повседневные обязанности, денежное и продовольственное довольствие, прослежена динамика изменения численного состава.

**Ключевые слова:** Коми край, Усть-Сысольский уезд, государственное управление, штатная команда

V.V. SMORGUNOV. UST-SYSOLSK STAFF DETACHMENT IN THE 1780-s – 1790-s

The paper deals with the activity of Ust-Sysolsk staff military detachment at the end of the 18<sup>th</sup> century. Its daily duties, money and food allowance are revealed. The dynamics of changes in its numerical strength is observed.

**Key words:** public administration; the Komi territory; staff detachment; Ust-Sysolsk District

---

На протяжении всего XVIII в. государственное управление в России находилось под пристальным вниманием историков последующего времени. Новый всплеск актуальности возник в связи с необходимостью и выстраиванием новой модели распределения полномочий между центром и регионами вплоть до их самостоятельности в целом ряде вопросов, а также повышения эффективности управления регионами. В связи с серьёзными пробелами в изучении региональных государственных органов нами поставлена задача показать на конкретном примере становление и функционирование уездной штатной воинской команды (условия службы, материальное положение) и в сравнении с законодательством и материалами предшественников выявить возможные особенности функционирования Усть-Сысольской уездной штатной воинской команды. Из-за отсутствия источников в работе не будут рассматриваться вопросы вооружения и обмундирования.

В историографии деятельность штатных команд рассматривается давно. Ю.В. Готьё [1] подробно описал историю зарождения штатных команд, круг решаемых ими задач, выделяемое им финансирование и его источники. Историю становления штатных команд в рамках освящения деятельности внутренних войск кратко изучали В.Т.Власенко и И.Г. Сысоев [2, 3.]. В настоящее время проявляются две тенденции в рассмотрении штатных команд. Продолжается исследование и обобщение в рамках Российской Империи [4], появляются работы нового направления, посвящённые штатным командам отдельного наместничества. Для примера можно привести монографию Д.А. Абрамова, А.П. Исаева [5], в которой частично затронуты функ-

ции и укомплектование штатных команд. В своей статье Д.А. Лобанов [6] коснулся особенностей комплектования штатных команд в Пермском наместничестве. Но при этом отсутствуют работы, рассматривающие состав служащих конкретной штатной команды.

Документов городского правления, где непосредственно сосредотачивалось руководство повседневной деятельностью уездной воинской штатной командой, не сохранилось. Основой для нашей работы послужили материалы фондов 152 и 335 ГУРК «Национальный Архив Республики Коми» (далее ГУРК НАРК). Фонд 152 – это документы Усть-Сысольского уездного казначейства, содержащие в силу своего рода деятельности обширную финансовую отчетность, в том числе и небольшое количество документов, отражающих состояние и деятельность Усть-Сысольской штатной воинской команды. Фонд 335 освещает деятельность Усть-Сысольской нижней расправы – судебный орган, который содержит ещё более фрагментарные сведения о солдатах штатной команды, в основном, как участников какого-либо следственного дела.

В 1775 г. в ходе реформы местных органов управления страна делится на губернии и уезды, применительно к которым и строится сеть полицейских учреждений. Практически одновременно для «охранения тишины и спокойствия в государстве» внутри страны начали создаваться местные воинские команды, фактически являющиеся силовой опорой и поддержкой власти на местах [2]. Вплоть до начала XIX в. в Российском государстве эти функции наряду с полицией выполняли казачьи полки и губернские воинские команды (и их отделения в лице уездных воинских команд). Все они не-

посредственно подчинялись местным начальникам. На основании «Учреждения для управления губерниями», подписанного 7 ноября 1775 г.<sup>1</sup>, в разные годы царствования Императрицы Екатерины II последовали указы об открытии губерний с соблюдением «Учреждений для управления губерниями». Наместничествам или губерниям в каждом городе полагалось иметь: штатную уездную команду из одного обер-офицера и 24 пеших и 9 конных нижних чинов с общим жалованием 394 руб. 88 коп. в год [3]. В фондах казначейства есть ведомость, расписывающая на примере Воронежской губернии должностной состав уездной штатной команды, где обозначены следующие чины, подпоручик – 1; сержант – 1; капралы – 3; рядовые – 28; барабанщик – 1, итого 34 чел. [7].

Штатные команды в Российской Империи появились по указу от 15 декабря 1763 г., сменив рассыльщиков (формировались они не только на основе рассыльных команд, но были наиболее близки последним по количеству), и числились за гражданским ведомством. Команды создавались в губерниях для караулов и «разных командировок». Наиболее распространенными задачами (кроме всевозможных посылок) штатных команд стали: сопровождение казны, препровождение колодников и иных арестованных лиц, караулы. Для сопровождения казны по заявке уездного казначейства из уездного в вышестоящее казначейство господином городничим «наряжался<sup>2</sup>» караул. Кроме подобных задач, уездные штатные команды применялись для поддержания общественного порядка, подавления крестьянских выступлений против существующего порядка и т.д. На основании указа от 15 декабря 1763 г. учреждено 165 городских штатных рот и команд. Их обмундирование было аналогично обмундированию мушкетерских рот (многие исследователи полагают, что данное положение осталось чисто на бумаге и солдаты ходили в том обмундировании, которое в каждой конкретной местности было легче достать). Оружие и амуниция были аналогичны армейской. Передавались они соответственно с армейских складов, но уже после того, как были использованы положенный срок в армейских полках. При передаче в штатные команды снаряжение вновь числилось новым. Например, лягушка<sup>3</sup>, или португепя, прослужив по нормативам в штатную команду, должны служить еще шесть лет (для разных типов амуниции и обмундирования предусматривались разные сроки службы). По положению при разных уровнях власти создавались следующие подразделения. При губернской канцелярии штатная рота состояла из трех обер-офицеров и 129 нижних чинов. При провинциальной канцелярии в штатную команду входили обер-офицер и 56 нижних чинов. При воеводской канце-

лярии штатная команда из обер-офицера и 38 нижних чинов. При пригородной канцелярии – штатная команда из 14 нижних чинов [1, с. 319]. При вступлении в силу «Учреждения для управления губерниями Всероссийской империи» воинские команды стали находиться в ведении городничих (в губернских городах – комендантов, в областных – обер-комендантов), должных «за исправным состоянием той команды прилежное смотрение иметь» [8, с. 256].

Указ от 8 марта 1764 г. уточнял механизм и источники пополнения штатных команд офицерскими кадрами [9, с. 516]. Указом от 1 апреля 1778 г. военной коллегии предписывалось назначать в штатные команды офицеров из гвардии и армии. Остальной личный состав комплектовать «из служащих в полевых полках и гарнизонах и из отставных из полевой армии, способных к продолжению сей штатной службы...» [8, с. 614]. Поскольку на протяжении XVIII столетия Россия вела многочисленные войны, то на службу в штатные команды попадали ветераны, имевшие за плечами солидный боевой опыт [6, с. 1].

В 1782 г. выходит устав благочиния, по которому во всех уездных городах формируется полиция, которая, по-видимому, существует параллельно со штатной командой. 11 сентября 1785 г. вновь упоминается о недопустимости набора в состав штатных команд людей, не служивших в армии [10, с. 451]. В 1790 г. в виду нехватки нижних чинов разрешено комплектовать штатные команды пленными шведами и «праздношатающимися и другого звания вольноопределяющимися, которые к воинской службе способны окажутся» [11, с. 137]. Предпочтение отдавалось военнопленным шведам, а уже при их нехватке производился набор «праздношатающихся».

К концу XVIII в. штатами губерний, подчинявшиеся непосредственно губернским властям, предусматривались гарнизонные батальоны в составе четырех рот: находилась в губернском городе губернская гарнизонная рота, штатные команды расквартировывались в уездных городах. В 1800 г. в уездных городах империи числятся уже 380 штатных команд, штатная численность которых должна составлять, не считая других расходов, 12 920 солдат и офицеров с жалованьем 150 054 руб. 40 коп. в год.

В том же 1800 г. из состава уездных штатных воинских команд изымались конные подразделения. Это повлекло за собой и соответствующее изменение и в штате. При этом общая численность уездных штатных команд осталась неизменной [12, с. 38].

16 января 1811 г. по указу императора Александра I штатные команды переданы в военное ведомство. Они выводятся из подчинения городничих [13, с. 316]. 27 марта 1811 г. по указу императора об упразднении инвалидных рот штатные губернские роты и уездные штатные воинские команды стали размещаться в губернских городах с целью формирования на их основе воинских батальонов «внутренней стражи<sup>4</sup>». Уездные штатные команды по-

<sup>1</sup> Здесь и далее даты приведены по старому стилю.

<sup>2</sup> Слово употреблено в значении дать распоряжение исполнить какую-либо работу. См. Ожегов С. И. Словарь Русского языка. М.: Русский язык, 1984. С. 333.

<sup>3</sup> Сумка для патронов.

<sup>4</sup> Внутренняя стража – род войск, существовавших в России с 1811 по 1886 гг. для несения караульной и конвойной службы.

степенно выводились в губернские центры, где из них создавались третьи роты батальонов внутренней стражи. Когда была выведена штатная команда из Усть-Сысольска, – пока достоверно неизвестно. Этим же указом определялись и новые штаты инвалидных команд<sup>5</sup>, которые формировались, в том числе в уездных городах, под наименованием «уездные инвалидные команды». Такая сформирована в 1811 г. в уездном г. Усть-Сысольске. Для её нужд в 1815 г. в городе даже построена больница.

Усть-Сысольская штатная команда создана в ходе реализации губернской реформы 1775 г., в связи с созданием нового уездного центра. Усть-Сысольский уезд образован в 1780 г. с административным центром в г. Усть-Сысольске. По тогдашней системе управления полицейские и некоторые другие функции в городе выполнял городничий, в ведении которого и находилась уездная воинская штатная команда. Первым исполнявшим обязанности городничего в 1780–1784 гг. был капитан Спиридон Агибалов. Видимо, он и организовал в уездном г. Усть-Сысольске штатную команду. Время формирования Усть-Сысольской штатной воинской команды – примерно второе полугодие 1780 г. Уже в ноябре этого года в документах Усть-Сысольской штатной команды фигурирует прапорщик Матфей Перелетов [14, л. 37 об.]. В 1781 г. в исповедальных ведомостях упомянуты прапорщик Перелетов и его подчиненные. Серединой 1782 г. датированы первые архивные материалы, содержащие финансовые документы штатной воинской команды. В документах отмечаются отдельные чины штатной команды и сама штатная команда. В июне 1782 г., например, упомянут «находящийся при казначействе в счётчиках<sup>6</sup>» «из находящейся по сему городу штатной команды» Петр Куратов. В архивных материалах есть рапорт Усть-Сысольского уездного казначея, датированный 23 июня 1782 г. В нем указано, что по причине пьянства его, Куратова Петра, просили отстранить от должности [15, л. 4]. Существует еще документ, датированный аналогичным числом о выдаче денег «Усть-Сысольскому городничему господину капитану Агибалову» на обмундирование Усть-Сысольской штатной воинской команды [16, л. 25].

Задачи Усть-Сысольской штатной воинской команды не особо отличались от задач их остальных коллег. Это – сопровождения казны. В этом случае предусматривался специальный инструктаж [17, л. 107 об.; 18, л. 72 об.]. Были организованы:

караулы у присутственных мест и соляного магазина, караулы у винного магазина (он располагался рядом с казной в церковных палатах), охрана колодников или подозреваемых, взятие под стражу подозреваемых, помощь при рекрутских наборах. В 1788 г. при соляном магазине построено специальное караульное помещение [19, л. 32]. Получила распространение практика направления военно-служащих Усть-Сысольской уездной штатной воинской команды для сбора штрафов и недоимок [20, л. 94 об. – 95.; 142 об. – 143].

Несмотря на то, что штатное расписание уездных воинских штатных команд было строго регламентировано, Усть-Сысольская уездная штатная воинская команда являлась исключением. Вопреки штатному расписанию во главе Усть-Сысольской штатной команды долгое время находился прапорщик Матвей (или Матфей) Стефанов (или Степанов) сын Перелётов, прибывший в город к ноябрю 1780 г. В 1781 г. ему исполнилось 34 года, он был женат на Анне Петровой 34-х лет, своим домом в городе они к 1785 г. так и не обзавелись, зато в его семействе появилось трое детей [21, л. 112; л. 322]. В течение 1791 г. прапорщик Перелётов исполнял обязанности винного пристава [22]. После смерти городничего Григория Левашова (скончался после февраля 1792 г.) прапорщик Перелётов выполнял обязанности городничего, оставаясь также и на посту командира штатной команды [23, л. 15, 16]. С конца 1798 г. и до середины мая 1799 г. прапорщик М. Перелётов снова исполнял обязанности городничего, вновь оставаясь при этом командиром штатной команды [24]. Скончался Перелётов 9 марта 1802 г., находясь в должности командира штатной команды [18, л. 21 об.].

По имеющимся источникам восстановить воинские звания солдат штатной команды не удалось. Но тем не менее, можно утверждать, что звание унтер-офицерский чин (достаточно часто в Усть-Сысольской штатной воинской команде) могло сильно отличаться в составе от предписаний штатного расписания. Так, в 1789 г. при неполном комплекте воинской команды, кроме нижних чинов, имеются один каптенармус и два капрала (один получал солдатское жалование) [20, л. 83 об. – 84]. В 1792 г. и до середины 1793 г. в составе штатной команды числится предписанный штатом сержант [23, л. 15, 16].

Биографические данные военнослужащих штатной команды очень скудны. Зачастую известны только имена, что не дает возможности получить сведения о роде деятельности солдат до попадания в штатную команду. Списочный состав штатной команды в 1781 г. представлен в табл. 1.

Удалось восстановить часть имён, проходивших службу в штатной команде позже 1781 г. В августе 1782 г. вновь фигурирует каптенармус Иван Рыбаков [25, л. 15 об.]. В 1788 г. он упомянут в качестве конвойного [26, л. 4 об.]. Вероятно, это о его кончине отмечается в 1789 г.: «1-му каптенармусу по день смерти за 5 дней», это зарплатная ведомость за сентябрьскую треть, т.е. дата 5 сентября [20, л. 189 об. – 190]. Упомянуты также рядовые:

<sup>5</sup> Инвалиды – военнослужащие, оказавшиеся неспособными к дальнейшей военной службе в строю вследствие полученных ран, увечий, болезней, дряхлости. В XIX в. инвалидами называли и ветеранов военной службы. Обычно им уже тяжело было нести строевую службу, но лишаться опытных солдат и офицеров военное ведомство не хотело.

<sup>6</sup> Формально, как военных, солдат штатной команды использовать на подобные должности не могли, но это делали, как видно из документов, в разных губерниях в разное время. На общегосударственном уровне привлекать служащих штатной команды к исполнению обязанностей счётчика стало возможным только в конце 1786 г. (см. ПСЗ Т. 22. С. 730 – 731. № 16. 473).

*Рядовой и унтер-офицерский состав Усть-Сысольской штатной воинской команды в 1781 г.\**

Имя (если указано отчество) Фамилия	Звание/должность	Возраст, лет	Семейное положение
Иван Рыболов	каптенармус	57	Нет данных
Андрей Микулинский	курьер	57	Нет данных
Афанасий Фёдосиев Сын Чувьюров	капрал	71	Жена Ефимия Иванова 46-ти лет, дети: Пелагея 19-ти лет, Татьяна 9-ти, Алексей 5-ти, Александр 4-х лет
Артамон Доментьев сын Пи- менов	капрал	40	Жена Степанида Захарова 33-х лет, дети: Акулина 12-ти лет, Александра 3-х лет
Пётр Куратов	рядовой/счётчик	45	Жена Авдотья Никифорова 50-ти лет, дочь Катери- на 15 лет
Тихон Петров	рядовой	37	Жена Стефанида
Пётр Бабилин	—“—	57	Нет данных
Иван Бабков	—“—	51	Жена Прасковья Самойлова 27-ти лет
Афанасий Андреев	—“—	38	Нет данных
Семён Абрамов	—“—	43	Нет данных
Михаил Фёдоров	—“—	38	Жена Марфа Наумовна
Тихон Елагин	—“—	40	Нет данных
Спиридон Маслеников	—“—	45	Нет данных
Андрей Абурегов	—“—	55	Жена Марфа Сидорова 18-ти лет
Козьма Зайцев	—“—	64	Нет данных
Еремей Игнатов	—“—	57	Нет данных
Лука Яковлев сын Коюшев	—“—	60	Жена Настасья Елфимовна 60-ти лет, дочь Катери- на 3-х лет
Всего 17 человек			

\*Составлена по ГУРК НАРК Ф. ф-296 Оп. 1. Д. 1. Л. 112 – 112 об., здесь и в последующих таблицах со-  
хранён стиль документа.

Спиридон Маслеников, январь 1784 г. (конвойный) и Еремей Игнатов, март 1784 г. (конвойный)<sup>7</sup>; имя Е. Игнатова названо в документах в июле 1788 г. [26, л. 114 об.]; в марте 1790 г. [27, л. 33 об.] Петр Куратов с 1782 по 1787 гг., одновременно служивший счётчиком в Усть-Сысольском уездном казначействе. В 1782 г. у него появилось собственное домовладение в городе. Находясь в служебной командировке, 28 июня 1787 г. он утонул в результате несчастного случая [28, л. 1+]. В рядах штатной команды упомянуты в январе и марте 1788 г. (конвойным) солдат Василий Макаров [26, л. 35 об.; 20, л. 23 об.], в апреле 1786 г. – солдат Иван Мараков [29, л. 8]. Он назван в прежнем статусе и в мае 1789 г. [20, л. 94 об.]. В середине 1792 г. И. Мараков, будучи солдатом штатной команды состоит сторожем при городническом правлении [23, л. 15]. Афанасий Попов в марте 1789 г. исполнял обязанности конвойного [30, л. 81 об.]. Он же 3 июля 1789 г., будучи при кладовой часовым солдатом, подрался с другим солдатом штатной команды Семёном Медведевым [30, л. 139 об.]. В мае 1790 г. он упомянут в рапорте городничего как муж оштрафованной за небытие на исповедь Марии Федотовой – дочери [27, л. 87 об.]. Михаил Фёдоров в августе 1788 г. исполнял обязанности конвойного [31, л. 25 об.]. В 1789 г. упомянут капрал Артамон Пименов [20, л. 141 об.]. Встречаются сведения о некоем Афанасии Черемисине [20, л. 73 об.], который, на-

ходясь в карауле при казначействе, подвергался в апреле 1789 г. нападению со стороны «усть-сысольских мещан». Впоследствии по делу проводились очные ставки и другие следственные мероприятия. В середине 1793 г. названы как свидетели сержант штатной команды Дмитрий Ушаков и рядовой Иван Петроченков [23, л. 15, 16.]. В 1797 г. конвойным упомянут солдат Иноземцев [32, л. 24 об. - 25].

Сохранилась лишь одна подробная биография, которая может дать хоть какое-то представление о военнослужащих штатной команды. В следственном деле есть «формуляр» на солдата Николая Андреева сына Андреева, определённого в здешнюю штатную воинскую команду 27 октября 1797 г. [33.]. Отсутствие сведений в других источниках можно объяснить тем, что примерно с 1798 г. он находился в распоряжении администрации Северо-Екатерининского канала. Согласно материалам дела, ему в 1802 г. исполнилось 33 года. Из солдатских детей, русской грамоте и счёту не обучен, в службе с 29 мая 1788 г. Его семейное положение – холост (более подробные сведения в табл. 2).

Длительное время после своего создания Усть-Сысольская уездная штатная воинская команда имела некомплект личного состава (подробнее см. табл. 3).

В Усть-Сысольской уездной штатной воинской команде, вероятно, по инициативе губернских властей получила распространение практика откомандирования чинов в губернский г. Вологду. В каких целях оно производилось, установить не удалось. Впервые подобная практика фиксируется документами со второй половины 1788 г., когда часть чинов штатной команды (численность не ясна) на-

<sup>7</sup> Конвойный солдат – скорее всего временное обозначение, свидетельствующее, что (в нашем случае) он отряжен сопровождать денежную казну.

Таблица 2

**Биографические данные и описание Николая Андреева**

Внешность	Из какого состояния взят в службу	В каких компаниях участвовал	Наказания, когда и за что именно
Рост 3 аршина и 3 ½ вершков, лицом бел, волос тёмно-русый, глаза серые, нос прямой	Тамбовской губернии Липецкого уезда села Студёнки из солдатских детей	С 29 мая 1788 г. участвует в Турецкой войне, при осаде и штурме г. Очаков; в 1789 – 1791 гг. находился в Турции; в 1792–1793 гг. – в Польше	15 апреля 1788 г. «за учиненный им побег» (по другой записи за воровство) прогнан шпицрутенами через 1000 человек 3 раза; 10 июня 1796 г. «за пьянство и другие качества» прогнан через 1000 человек; 2 октября того же года «за утечку» прогнан через 1000 человек; в 1797 г. за отлучку наказан нещадно палками

Таблица 3

**Численность Усть-Сысольской уездной штатной воинской команды**

Год	Командир	Пеших в городе/всего	Конных в городе/всего	Лошадей	Нижних чинов в городе Усть-Сысольске	Всего чел.
1781	Прапорщик Матвей Перелётов	-/-	-/-	-	17	18
1783		24/-	9/-	-	33, на конец года недокомплект	34
1784	Прапорщик М. Перелётов	24/-	1/-	-	26	
1785	-	-/-	-/-	9	-	
1788	Прапорщик М. Перелётов	-/-	-/-	9	недокомплект	
1789	Прапорщик М. Перелётов	18/22	2/3	9	21	27, включая барабанщика
1791	Прапорщик М. Перелётов	-/-	-/-	9	22	23
1797					33	34
1799	Прапорщик М. Перелётов	24	9/9	9	33*	34, включая рядового «оставленного при губернской роте»
1801	-	31/33	Нет в штате	Нет в штате	31	34 (рядовой и сержант при губернской роте)

\* цифра конных и пеших чинов взята автором из расчета полного комплекта, в источнике приведена только общая численность штатной команды. НАРК Ф. 152 Д. 66 Л.11 об. – 12; 23 об. – 24.

ходила в губернском г. Вологде. Они получали финансирование непосредственно из казенной палаты. По косвенным данным можно утверждать, что, вероятно, и в 1789 г. шесть нижних чинов были откомандированы из Усть-Сысольска, но куда не ясно. Такая же ситуация повторилась и в июле 1790 г. – семь чинов Усть-Сысольской штатной команды получали провиантные деньги в Вологде [27, л. 78 об.].

Финансирование штатной команды предусматривало разные источники. Обычно деньги шли из местного Усть-Сысольского уездного казначейства, однако документы показывают, что существовала и возможность финансирования из более высоких инстанций. Сам процесс передачи финансов мог быть организован по-разному. Деньги на фураж и продовольствие шли под ответственность и поручительство городничего непосредственно командиру команды (сначала ежемесячно, примерно к 1798 г. могли идти и одной суммой на весь

год). Деньги на верхнюю и нижнюю амуницию, починку амуниции и оружейных вещей, заточку оружия могли идти как через городничего, т. е. по гражданскому ведомству [16, л. 25; 9. л. 63 об.], так и по военному, непосредственно через командира [34, л. 68; 9. л. 90 об.]. Деньги на содержание получали в казначействе, но не обязательно только лишь в уездном казначействе. Механизм финансирования через городничего получался такой: при возникновении какой-либо потребности в финансах в уездное казначейство писалось соответствующее прошение на выделение денежных средств, с насколько возможно подробным описанием, на что пойдут деньги. После чего (часто в тот же день) денежные средства выдавались на руки, в прошении указывался и получатель – как правило, командир штатной команды, реже деньги мог получить сам городничий.

Суммы на различные нужды были следующими. Так, например, на закупку нижней амуниции

в 1784 г. на пешего выходило 2 р. 71  $\frac{1}{4}$  с  $\frac{1}{8}$  коп. в год, на конного – 2 руб. 31 $\frac{3}{4}$   $\frac{1}{8}$  [17, л. 108 об.]. В 1789 г. на подготовку нижней амуниции выходило: на пехотинца – 3 руб. 33 $\frac{3}{4}$   $\frac{1}{8}$  коп.; на конного – 3 руб. 33 $\frac{3}{4}$   $\frac{1}{8}$  коп.; на барабанщика 3 руб. 33 $\frac{3}{4}$   $\frac{1}{8}$  коп [20, л. 90 об. – 91].

Положенный солдату штатной команды пищевой рацион, иначе как скромным назвать нельзя: во всяком случае, если верить документам, его вообще можно смело назвать «вегетарианским». В 1789 г. официально пищевой рацион состоял из муки ржаной (в месяц на человека полагалось 1 пуд и 32 фунта), крупы овсяной (полтора гарнца или весом 7  $\frac{1}{2}$  фунта) [20, л. 85 об. 100 об.]. В 1791 г. месячный рацион военнослужащего – пуд и 32  $\frac{1}{2}$  фунта ржаной муки и 7  $\frac{1}{2}$  фунта овсяной крупы [22]. В 1799 г. годовое довольствие военнослужащего составляло: мука – 21 пуд 30 фунтов, крупа – 2 пуда 10 фунтов [24, л. 11 об. – 12.]. Видимо, солдаты сами разнообразили свой рацион доступными им способами, в том числе и за счёт выдаваемого денежного содержания, выплачиваемого им каждую треть<sup>8</sup> года. Деньги на закупку провианта выдавались, исходя из справочных нижних цен. Справочная нижняя цена – это минимальная на что-либо стоимость в данной местности. Порядок покупки провианта штатным командам регулировал подготовленный сенатом и одобренный императрицей Указ от 16 января 1783 г., предусматривавший «покупать провиант и фураж по справочным или торговым ценам, и в случае недостатка ассигнованной по штатам суммы, дополнять оной из сумм Остаточным Казначействам принадлежащим [35, С. 797.]».

Поскольку штаты уездных воинских команд предполагали наличие девяти драгун, то в их составе должны были находиться и девять лошадей. На каждую лошадь полагалось в 1789 г. ежемесячно ячменя – 1 четверть, сена – 15 пудов [20, л. 6 об. – 7; 67 об. – 68.]. Цифры не изменились и в 1791 г. Для обеспечения лошадей кормами проводились специальные торги, на которые приглашались желающие обеспечить в течение года поставку требуемого фуража. В летние месяцы лошади могли выпасаться на приписанных к городу сенокосных угодьях. Соответствующими полномочиями для организации этого процесса по «уложению о губерниях» обладал городничий. О месте их содержания и ветеринарном обслуживании лошадей документов пока не обнаружено. Согласно Сенатскому указу от 9 ноября 1788 г., вместо 12 руб. из расчёта закупки фуража на 8 месяцев (в северных губерниях к ним причислена и Вологодская губерния) вводилось 11-месячное содержание драгунских лошадей с общей суммой 16 руб. 50 коп. в год «употреблять деньги по справочным тамошним ценам и на четыре летние месяцы» [10, с. 1128].

Военнослужащим штатных команд, кроме продуктового и вещевого довольствия, полагалось

ещё и денежное содержание. Денежное содержание солдат и офицеров Усть-Сысольской штатной воинской команды весьма разнилось между собой. Судя по документам, содержание выдавалось согласно штатам 1763 г. Выплаты прописывались и губернскими штатами, согласно которым устанавливалось следующее довольствие (руб. в год): командиру уездной штатной команды (в штатном расписании подпоручику) положено – 126 руб. 38 коп., остальным военнослужащим: сержанту – 15 руб., капралу – 11 руб., рядовой и барабанщик получали по 7 руб. в год соответственно [36, с. 258]. В архивных фондах нами найдены размеры денежного довольствия: в 1789 г. офицер штатной команды получал – 41 руб. 71  $\frac{1}{4}$  коп. за треть или – 125 руб. 13  $\frac{3}{4}$  коп. в год, капральский оклад – 21 руб. 78 коп., рядового – 7 руб. 4  $\frac{1}{4}$  коп. в год (т. е. 62  $\frac{3}{4}$  коп. ежемесячно) [20, л. 83 об. л. 131 об.].

Опираясь на документы 1801 г., можно утверждать, что в основном размещение воинских чинов штатной команды происходило путём определения их на постой у горожан, а командир мог жить и в собственном доме [33]. Заболевшие офицеры, унтер-офицеры и нижние чины уездных штатных команд могли получить квалифицированную медицинскую помощь. По крайней мере, в делах казначейства предусматривались нормы вычетов из жалования при получении медицинской помощи, к тому же в городе время от времени присутствовали городские и уездные доктора или лекари.

Таким образом, можно говорить о том, что деятельность Усть-Сысольской уездной штатной воинской команды в 1780 – 1790-х гг. практически не отличалась от деятельности других штатных команд. Основное различие заключалось в отступлении от штатного расписания. Во-первых, занимаемые отдельными военнослужащими должности не соответствовали их званиям. Во-вторых, длительное время не было полной укомплектованности штата. И в-третьих, сложилась практика продолжительного откомандирования военнослужащих штатной команды за пределы уезда, что не предусматривалось законодательно. О соблюдении указов, предписывающих комплектовать штатные команды только бывшими военнослужащими, нельзя сказать ничего конкретного из-за недостаточности биографических данных по военнослужащим.

### Выводы

Усть-Сысольская штатная воинская команда была, так же как и остальные воинские команды, элементом государственного управления. Проанализировав её состояние, можно судить и о дееспособности власти в целом. Обмундированная и укомплектованная по остаточному принципу, Усть-Сысольская штатная воинская команда ещё справлялась со своими обязанностями в качестве гарнизонного подразделения. Однако любая внештатная ситуация в пределах уезда могла иметь катастрофические последствия именно в силу самого способа комплектования штатных воинских команд. При всей своей неэффективности они, кроме всего прочего, обходились государству в очень внуши-

<sup>8</sup> Согласно существующей практике, выдача жалованья происходила по третям – анализ современного квартала, делившего год на четыре части.

тельную сумму. Нет ничего удивительного в том, что, в конце концов, государство решило получить если не сокращения расходов в этой сфере, то хотя бы повышения эффективности имеющихся в его распоряжении вооружённых формирований. В этой связи расформирование в сентябре 1811 г. всех, в том числе и Усть-Сысольской штатной воинской команды, было вполне обоснованным.

**Литература и источники:**

1. *Готье Ю.В.* История областного управления в России от Петра I до Екатерины II. Реформа 1727 года. Областное деление и областные учреждения 1727–1775 гг. М., 1913. 472 с.
2. *Власенко В.Т.* История Внутренних войск (Краткий очерк) Часть 1. // Анатомия армии URL <http://army.armorg.kiev.ua/hist/BVA.php> (дата обращения 10. 10. 2011.).
3. *Сысоев И.Г.* Тайный сыск России. От жандармов до чекистов. М.: Вече, 2005. 512 с.
4. *Писарькова Л.Ф.* Государственное управление России с конца XVII до конца XVIII века. Эволюция бюрократической системы. М.: РОССПЭН, 2007. 743 с.
5. *Абрамов Д.А., Исаев А.П.* Управление Калужским наместничеством в последней четверти XVIII века. СПб.: СЗАГС, 2008. 224 с.
6. *Лобанов Д.А.* Штатные команды Пермского наместничества 1781–1796 гг. Особенности комплектования, вооружения, снаряжения и обмундирования. Пермь: Геральдическая комиссия Пермской области, 2005.
7. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 12.*
8. *ПСЗ Т. 20.*
9. *ПСЗ Т. 16.*
10. *ПСЗ Т. 22.*
11. *ПСЗ Т. 23.*
12. *ПСЗ Т. 26.*
13. *ПСЗ Т. 31.*
14. *ГУРК НАРК Ф. 335. Д. 6.*
15. *Государственное учреждение Республики Коми Национальный архив Республики Коми (далее ГУРК НАРК) Ф. 152. Д. 7.*
16. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 8.*
17. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 13.*
18. *ГУРК НАРК Ф. 99. Д. 116.*
19. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 27.*
20. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 33.*
21. *ГУРК НАРК Ф. 296. Оп. 1. Д. 1.*
22. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 2781.*
23. *Государственный архив Вологодской области (далее ГАВО) Ф. 832. Оп. 1 Д. 699.*
24. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 66.*
25. *ГУРК НАРК Ф. 335. Д. 11.*
26. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 25.*
27. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 42.*
28. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 21.*
29. *ГУРК НАРК Ф. 335. Д. 47.*
30. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 31.*
31. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 26.*
32. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 52.*
33. *ГУРК НАРК Ф. 99. Д. 95.*
34. *ГУРК НАРК Ф. 152. Д. 9.*
35. *ПСЗ Т. 22.*
36. *Полное собрание законов Российской империи (далее ПСЗ). Т. 44. Книга штатов. СПб., 1830.*

Статья поступила в редакцию 15.11.2012.

УДК 630.64 (470.13)

**КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ ОСОБОЙ ФОРМЫ ИННОВАЦИИ – СОВОКУПНОГО ИННОВАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОДУКТА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ\***

**Н.М. БОЛЬШАКОВ, В.В. ЖИДЕЛЕВА**

*Сыктывкарский лесной институт, г. Сыктывкар  
[institut@sfi.komi.com](mailto:institut@sfi.komi.com)*

Статья посвящена теоретико-методологическим вопросам определения сущности, роли и места качества образовательных услуг в современной системе профессионального образования. На основе объективных экономических законов и закономерностей проведен политико-экономический анализ системной взаимосвязи качества образовательных услуг и производительности общественного труда в образовательной сфере. Выделены общие черты субъектов отраслевых образовательных кластеров, позволяющие создать особую форму инновации – совокупный инновационный образовательный продукт. Предложена новая модель кластера, дающая возможность предсказывать характеристики продуктов инновации в сложных системах.

**Ключевые слова:** профессиональное образование, политико-экономический анализ, отраслевые кластеры, совокупный инновационный продукт, обобщенная модель кластера

**N.M. BOLSHAKOV, V.V. ZHIDELEVA. CLUSTER APPROACH AS A BASIS FOR THE CREATION OF SPECIAL FORM OF INNOVATION – CONSOLIDATED INNOVATIONAL EDUCATIONAL PRODUCT: THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS**

The paper deals with theoretical-methodological problems of defining the essence, role and place of the quality of educational services in the modern system of vocational training. On the basis of objective economic laws and regulations the political-economic analysis of the system interrelations of the quality of educational services and productivity of social activities in the educational sphere is carried out. Common features of subjects of the branch educational clusters are singled out, which help to create a special form of innovation – a consolidated innovational educational product. A new cluster model is proposed, which enables us to predict the characteristics of innovation products in complex systems.

**Key words:** vocational training, political-economic analysis, branch clusters, consolidated innovational product, generalized cluster model

В настоящее время соотношение спроса и предложения в сфере высшего профессионального образования смещается в сторону предложения. Другим по значимости противоречием, как отмечено в Федеральной целевой программе развития образования на 2011–2015 гг. [1], является «несогласование номенклатуры предоставляемых образовательных услуг и требований к качеству и содержанию образования со стороны рынка труда». В традиционном толковании под услугой понимаются

действия (или деятельность), совершаемые одним лицом (физическим или юридическим) в интересах другого лица (или лиц).

С разработкой новой экономической модели – креативной экономики – появилась возможность глобального тиражирования образовательной услуги как нематериального экономического продукта [2], которая приведет к дальнейшему обострению противоречий. Все большую роль будут играть финансовые составляющие конкуренции национальных образовательных систем, основанной на непрерывных инновациях. Эта конкуренция обеспечивает решительное сокращение затрат или повы-

\* Статья печатается в порядке постановки вопроса об оценке образовательных услуг.

шение качества. Именно она будет угрожать российским университетам вплоть до полного банкротства.

Такой сложной экономической категорией, как качество образования, являющейся теоретическим выражением общественных отношений, эффективно управлять можно только за счет нормативного финансирования с измеряемыми показателями. Поэтому нам представляется необходимым привлечь внимание к проблемам повышения потребительной стоимости и качества образовательных услуг, их значения в образовательной практике; показать важность их учета в стратегии реформы образования, особенно в современный труднейший переходный период к новым социально-экономическим отношениям в сфере образования.

Известно, что К. Маркс после опубликования первого тома «Капитала» отмечал, что самым лучшим в его книге является подчеркнутый уже в первой главе двойственный характер труда, смотря по тому, выражается ли он в потребительной стоимости или в меновой стоимости – на этом, как он подытоживал, основывается все понимание фактов [3].

В настоящих условиях, когда необходимо обоснование системы мер по приведению в соответствие стоимостных и действительных пропорций (соответствующих требованиям ФГОС), воплощенная в потребительной стоимости товара [4] диалектическая взаимосвязь двух видов труда – образовательной услуге и затратах совокупного общественного труда на ее производство – требует более глубокого теоретического исследования. Без этого, на наш взгляд, будет сложно реализовать концепцию формирования современной инновационной образовательной сферы. Во многих своих работах К. Маркс придавал большое значение потребительной стоимости как важнейшей экономической категории. Можно, к примеру, привести следующее заключение: «Потребительная стоимость сама играет роль экономических отношений. Где она играет эту роль, вытекает из самого анализа рассматриваемых отношений... Здесь мы снова имеем пример того, как потребительная стоимость как таковая приобретает экономическое значение» [5].

Сущность и главную характеристику потребительной стоимости выражает качество продукции (услуг), которое имеет примерно такое же различие с последней, как стоимость товара (услуг) и уровень затрат необходимого общественного труда на единицу продукции (услуг). Не случайно и в классическом определении стоимости товара качество присутствует и влияет на его смысл и полноту: «...стоимость всякого товара определяется тем рабочим временем, которое требуется для производства товаров нормального качества» [6].

Таким образом, уже в «Капитале» заложены основы методологии исследования такой сложной экономической категории, как качество продукции (услуг). В самом деле, так как нормальное качество образовательных услуг опосредует процесс сведения индивидуальных затрат труда к общественно необходимым, то отсюда следует важнейший вывод: нормальное качество образовательных услуг –

это уровень общественно необходимого качества, определяемого уровнем развития производительных сил общества и соответствующим ему уровнем развития потребностей людей.

Когда господствуют условия конкуренции производителей образовательных услуг, пропорции при товарообмене регулируются не только общественно необходимыми затратами труда, но также и общественно необходимым качеством продуктов производства (образовательных услуг). Оказывается в выигрышном положении образовательное учреждение, которое производит товар (услуги) выше уровня общественно необходимого качества, поскольку имеет возможность реализовывать на рынке услуг высшего качества в силу повышенного спроса на них по более высоким ценам. При прочих равных обстоятельствах образовательное учреждение, производящее услуги ниже общественно необходимого качества, оказывая, скажем, услуги устаревшего компетентностного уровня, терпит убытки, так как вынуждено реализовывать свои услуги по относительно заниженным ценам или вообще в силу отсутствия спроса на услуги заниженного качества может их не реализовать. Конечно, это всего лишь схематическое изображение, дающее общее представление о ведущих закономерностях в соотношении между качеством образовательных услуг и их меновой стоимостью. При этом единство этих двух сторон образовательных услуг как товара принимается как данность. На практике же все обстоит сложнее, ибо это единство является таким результатом образовательного процесса, который надо всякий раз обеспечивать заново. И там, где это организовано и поставлено лучше, образовательное учреждение работает эффективнее и является более конкурентоспособным.

Вот почему важно не уповать на автоматизм действия рыночных рычагов, а формировать и включать в действие систему регулирования (управления) соотношений и пропорций между потребительной ценностью и стоимостью объема образовательных услуг – между качеством и ценами услуг. В отличие от стоимости ценность синтезирует в себе, во-первых, значимость образовательных услуг (во всей их возможной многогранности) для удовлетворения потребности человека и, во-вторых, затраты труда человека (в денежном выражении – цена услуг) на приобретение данной услуги.

В настоящее время наглядно видно, к чему привел отказ от всякого регулирования этих основополагающих положений наше профессиональное образование. Теперь надо исправлять ошибку, отходить от допущенных крайностей. Нашей стране, по оценкам академика Е. Примакова [7], нужен финансовый рывок в обеспечении образования для сокращения разрыва с развитыми странами. Так, например, в США в 2010 г. на образование тратили 3,6 тыс. долл. на душу населения, в Японии – 1,5 тыс., в России – всего 400 долл.

Современный опыт свидетельствует, что успеха добиваются те страны, которые на первое место ставят качество продукции (услуг). Так, японская продукция (услуги), как правило, отличается

высоким качеством. В развитии профессионального образования в Японии отводят безусловный приоритет повышению соотношения «качество/цена», благодаря чему и увеличивают свою долю в глобальном тиражировании продукции (услуг). Сегодня потребитель все больше внимания уделяет такому «неценовому» фактору, как качество. Острые конкурентной борьбы на рынке услуг высшего профессионального образования сдвигается в сторону конкуренции по качеству. Теперь работа по совершенствованию качества, в том числе и образования, является в Японии задачей общенационального масштаба и решается в общенациональном масштабе, исходя из чего и выстраиваются образовательная политика государства и система регулирования общественного воспроизводства.

Надо признать, что в современных условиях под воздействием НТП и новых организационных и экономических форм обобществления (федеральных и национальных исследовательских университетов, университетских комплексов, кластеров, сетевых структур и др.) произошел важнейший сдвиг: качество образовательных услуг стало одним из определяющих факторов расширенного воспроизводства. Отсюда следует, что в развитии общественного производства образовательной сферы наряду с всеобщим законом повышающейся производительности труда (снижения образовательных ресурсов) действует четко выраженная тенденция систематического возрастания качества продукции (образовательных услуг).

Качество образовательных услуг можно рассматривать в двух аспектах. В обыденном смысле под качеством образовательной услуги понимается ее соответствие требованиям федерального государственного образовательного стандарта. В более широком смысле качество образовательных услуг означает процесс повышения потребительской стоимости услуг в связи с совершенствованием потребностей людей, общества и бизнеса. В этом воспроизводственном по своей сути процессе происходит модернизация существующих потребительских стоимостей, исчерпание возможностей старых и создание новых образовательных услуг, соответствующих уровню современных потребностей и требований к качеству образования. При этом образовательные потребности в современном быстро изменяющемся обществе носят все более и более комплексный характер, и для их удовлетворения необходимы взаимодействие, взаимодополнение друг другом многих потребительских стоимостей разных уровней (ступеней) образования: общего среднего, начального профессионального (НПО), среднего профессионального (СПО) и высшего профессионального (ВПО). Отсюда следует, что совершенствованию и росту образовательных потребностей людей должно отвечать совершенствование всей системы производимых образовательных услуг, в том числе каждой отдельной услуги как элемента этой системы.

В масштабе общественного производства, в том числе и образовательной сферы, действует объективная необходимость поддержания соответствия между систематическим улучшением качества и

структуры общественной стоимости (номенклатуры образовательных услуг) и динамикой снижения затрат общественного труда (образовательных ресурсов) на производство единицы полезного эффекта (потребительской стоимости) совокупного конечного продукта (образовательной услуги). Данную объективную закономерность можно сформулировать и таким образом: общественно нормальному уровню качества образовательных услуг соответствует уровень общественно необходимых затрат труда (образовательных ресурсов) на их производство.

Указанные экономические законы и закономерности определяются системной взаимосвязью (синтезом) и взаимодействием качества образовательных услуг и производительности общественного труда в образовательной сфере (снижением образовательных ресурсов). Приведение нашей образовательной политики и системы образования в соответствие с ними приобретает актуальное значение. К сожалению, учреждения высшего профессионального образования поставлены сейчас в такие условия, когда экономически выгоднее и прибыльнее не думать об использовании в своей образовательной практике объективного закона повышения качества (потребительской ценности) образовательных услуг, когда они допускают иной, ставший теперь накатанным способ получения доходов – посредством снижения качества услуг и роста цен. Понятно, что этот путь разрушает расширенное воспроизводство образовательных услуг и систему образования страны. Тем не менее, он сохраняется и это является главным препятствием на пути вывода профессионального образования из кризисной ситуации.

В последние годы получил развитие научный подход к исследованию системных резервов повышения качества образовательных услуг, основанный на целостном восприятии единого образовательного пространства. В его рамках рассматривается проблема целостной совокупности образовательных учреждений, их способности к саморазвитию через этапы интеграции и дифференциации, конкуренции и кооперации. В современном образовании с выраженными тенденциями глобализации, которые определяют прогрессивные синтетические модели пространственной организации, одной из перспективных организационных форм создания инновационного образовательного пространства региона представляется формирование образовательных кластеров, таких, например, как развивающийся образовательный кластер Республики Коми в области лесного дела [8].

Анализ развития образовательных кластеров не возможен без опоры на фундаментальную теоретическую базу. Для оценки развития образовательного продукта, рассматриваемого как результат деятельности всех субъектов кластера в целом, необходимо использовать понятие парадигмы (модели мышления). Данное понятие многозначно. Но один из основных смыслов этого понятия – мировоззренческие основания научного знания «совокупность наиболее общих представлений о рациональном устройстве инновационного образовательного продукта». Это понятие описывает

переход его с низших уровней на высшие. Это процесс приращения компетенций, добавления новой компетенции к уже имеющимся. В политико-экономическом анализе важно видеть общие черты субъектов образовательных кластеров, дающие возможность объединить их в единый всеобщий процесс инновационной деятельности, связанный с кластерной системой распространения новых знаний и технологий в сфере образования, науки и производства, результатом которой станет создание особой формы инновации – **совокупного инновационного образовательного продукта**. Это, во-первых, постоянное движение новых форм образования как ответ современным тенденциям развития общества (потребность в новых образовательных услугах, появление большого количества междисциплинарных связей) при первостепенном значении потребительной стоимости образовательных услуг по отношению к текущим затратам труда. Во-вторых, в связи с многообразной потребностью образовательных услуг, они, переходя с различных уровней, из отдельных образовательных учреждений воплощаются не в единичные потребительные стоимости образовательных услуг (многое), а в особую форму инновации – **совокупный инновационный образовательный продукт как комплекс социально-образовательных благ** (единое). Здесь *единое* и *многое* есть логически необходимое противоречие, антиномия, ибо одно не может быть без многого и требует его, а многое есть тоже нечто единое. Это противоречие логически синтезируется в новой категории, именно в кластере как в целом. Таким образом, кластер как «целое» есть диалектический синтез «одного» и «многого». Выделение в совокупном инновационном образовательном продукте кластера двух начал – одного и многого – непосредственно вскрывает сущность, прокладывая путь к его глубинному познанию.

Чем бóльшая сумма образовательных благ будет создана при одной и той же величине образовательных ресурсов, тем рациональнее кластер использует объединенный ресурсный потенциал, если при этом в течение перспективного периода сокращается величина затрат на единицу потребительной стоимости.

Для всего национального образования в целом с его разнообразными потребностями главное значение имеют не отдельные социально-образовательные блага и величины затрат на них, а вся совокупность потребительных стоимостей, посредством превращения в которые происходит движение образовательных ресурсов. Его интересуют в первую очередь также общественно необходимые затраты труда на всю совокупность произведенных образовательных благ. Поэтому, как нам представляется, ресурсно-образовательному потенциалу должна быть отведена как в теории, так и в практике современной экономики образования исключительно важная роль. В системе образовательных благ и услуг, а не в отдельном благе выражается характер взаимосвязей общества с государством. Он должен являться одним из основных пунктов, по поводу которого возникают социальные отношения

и исходным в организации социально ориентированного образования. Фактическое подтверждение данному тезису авторы находят не столько в завершенных преобразованиях, сколько в тенденциях развития. Здесь можно говорить о попытках создания отраслевых образовательных кластеров [9, 10], хотя главной формой первичного звена по-прежнему могут оставаться федеральные, национальные исследовательские университеты. Но в то же время следует иметь в виду, что наше образование в целом не достигло того уровня обобществления, который с точки зрения теории должен быть присущ рыночному хозяйству. Вероятно, это касается и его главного звена. На основе выше изложенного образовательно-ресурсный цикл можно представить как единство движения потребительной стоимости образовательных услуг и труда:

Образовательно-ресурсный цикл	=	Движение образовательных услуг (потребительные стоимости) Поток общественного труда (общественно необходимые затраты)
-------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Поток общественного труда – это совокупный фонд рабочего времени, планомерно направляемый на производство необходимых потребительных стоимостей образовательных услуг.

В современных условиях появляется настоятельная необходимость определения разумных потребностей в образовательной отрасли, формирования стратегических целей образовательной политики с постепенным к ним приближением посредством все большей рационализации образовательно-ресурсных элементов. Главным ориентиром должен быть рост качества жизни общества при заданных параметрах образовательной ресурсной базы.

Все усилия по развитию качества национального образования будут определяться экономическими соображениями и потребностями общества, т. е. затратами, на которые готово пойти общество. Экономические потребности общества выступают определяющей силой, вызывающей к жизни новый этап обобществления производства, включая и сферу образования.

Нормирование качества образовательных услуг не только сохраняет свою значимость, но в условиях глобального образовательного рынка становится совершенно необходимым. Теперь нормы нужны, чтобы определить положение субъекта системы национального образования на глобальном образовательном рынке, т.е. знать, есть ли шансы при соответствующих общественно-необходимых затратах образовательных ресурсов иметь на рынке положительный результат. Без такого знания нельзя рассчитывать на успех. Возможно «вытеснение» отечественных университетов иностранными, причем в глобальном масштабе «университетами из сети». Ведь с нормативами связано самое важное в рыночных условиях – финансирование. Социально-экономическое содержание понятия «кластер» образуется путем соединения философского понятия кластера как биполярной системы (закон единства и борьбы противопо-

ложностей), в которой находятся в равновесии два противоположных начала: единое и многое, и социально-экономического результата деятельности его субъектов в форме **совокупного инновационного образовательного продукта** как комплекса социально-образовательных благ.

Таким образом, проблему образовательного кластера можно определить, пользуясь дуализмом Декарта, как достижение магической формулы, каковую все мы ищем: ПЛЮРАЛИЗМ = МОНИЗМ. Такая разнородная сеть образовательного кластера («ткань из лоскутов») противоположна централизованной системе, и в то же время она формирует особое видение образовательного кластера, особый «монизм», выражающийся в создании особой формы инновации – **совокупного инновационного образовательного продукта**.

Представленная модель дает возможность в общем случае предсказать морфологические характеристики продуктов инновации в сложных системах на основе полного описания дуальных характеристик среды и происходящих в ней процессов.

Оптимизация единства движения потребительной стоимости и общественных образовательных ресурсов связана с соблюдением некоторых наиболее общих условий, входящих в состав отношений системности. Во-первых, необходимо отойти от представления о разной значимости образовательных уровней (ступеней). В процессе движения образовательного продукта ни один из уровней не должен рассматриваться главным в ущерб другим. Во-вторых, в рамках единства движения потребительной стоимости и образовательных ресурсов общественные затраты на каждую потребительную стоимость не обязательно надо стремиться снизить. Важен конечный результат – минимум на весь образовательный процесс. И, в-третьих, территориальные образовательные учреждения должны организовать единство движения потребительной стоимости и общественных затрат, исходя из интересов населения, а не ведомств и первичных образовательных звеньев. Следует иметь в виду, что в конечном счете эта деятельность служит повышению эффективности народного хозяйства посредством улучшения социальных условий его функционирования.

Относительно соблюдения закона повышающегося качества образовательных услуг росту производительности общественного труда (снижающимся затратам образовательных ресурсов на подготовку специалистов) следует заметить, что возможность увеличения прибыли за счет роста цен и инфляции не только не способствует повышению качества образовательных услуг, но и порождает практику завышения затрат на их производство. Дело в том, что финансовое благополучие коллективов вузов может достигаться сейчас даже при сокращении численности студентов и снижении качества образовательных услуг – путем повышения платы за оказание образовательных услуг. Создание посреднических структур непомерно увеличивает издержки обращения образовательного капитала, которые вызывают увеличение контрактных цен. Но хуже всего то, что отмеченное выше

все больше ослабляет стимулы образовательной деятельности, а центром коммерческого образования делает спекулятивный оборот в сфере обращения. Именно в этой сфере образуются большие капиталы, за которыми не стоит прирост интеллектуального богатства общества.

В свое время К. Маркс отмечал, что издержки обращения возмещаются за счет прибавочного продукта общества. Но сейчас, при отсутствии реальной конкуренции, чистые издержки обращения, доходы от коммерциализации образования, извлекаемые в сфере обращения, возмещаются за счет необходимого продукта, вследствие чего происходит снижение уровня жизни населения. Выходом из этого состояния, которое мешает подъему образования, в перспективе реально может стать переход к новой системе государственного регулирования образования через рейтинговое управление. Отсюда государственная программа, которую необходимо разработать в связи с принятием Закона «Об образовании в Российской Федерации» [11], целью развития профессионального образования должна поставить рост качества жизни населения на основе роста **совокупного инновационного образовательного продукта**. В итоге повышение качества образования будет служить важным источником увеличения производства и производительности общественного труда.

#### Литература

1. *Федеральная целевая программа развития образования на 2011–2015 годы* / Утв. Постановлением Правительства РФ от 07.02.2011 № 61. Электронный ресурс. Режим доступа: [www.fcpro.ru](http://www.fcpro.ru).
2. *Абрамов Е.Г.* Мы вошли в эпоху креативной экономики // *Российское предпринимательство*. 2012. № 2. С. 72–78.
3. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 31. С. 277.
4. *Будажанова Д. Ц.-Д.* Особенности и проблемы развития регионального рынка услуг высшего профессионального образования // *Региональная экономика: теория и практика*. 2011. № 10 (193). С. 60–64.
5. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 26, ч. III. С. 260; Т. 46, ч. II. С. 149.
6. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 23. С. 84.
7. *Примаков Е.* Идеи дороже денег // *Российская газета*. 2013. 16 янв. С. 5.
8. *Большаков Н.М., Жиделева В.В.* Обобществление региональной образовательной сферы как фактор повышения конкурентоспособности // *Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития*. 2009. № 1 (38). С. 78–85.
9. *Глыбочко П., Свистунов А., Фомин В.* Инновационный образовательный кластер «Юный сеченовец» // *Вузовский вестник*. 2012. № 21 (165). 1–15 нояб.
10. *По кластерному типу* // *Лесная газета*. 2013. № 2 (январь).
11. *Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации»* от 29.12.2012 г. № 2730-ФЗ. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru>.

Статья поступила в редакцию 05.03.2013.

## РОЛЬ УНИВЕРСИТЕТОВ В РЕАЛИЗАЦИИ АРКТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РОССИИ

*Публикация основных итогов межрегиональной научно-практической конференции «Роль университетов в реализации арктической стратегии России: экологические, технологические и социокультурные аспекты» (Ухта, 10-12 октября 2013 г.) продиктована, прежде всего, интересом редколлегии журнала «Известия Коми научного центра УрО РАН» к особо значимым конференциям и совещаниям по проблемам Севера и Арктики в надежде, что это «существенно дополнит информационное поле комплексных (междисциплинарных) исследований в части регионального развития» [1, с.164; 2].*

**Предпосылки выбора тематики конференции.** В ряде публикаций Ухтинского государственного технического университета (УГТУ) как инициатора конференции показана его сопричастность к формирующейся арктической стратегии России. При этом в контексте обсуждаемого проекта ФЗ «Об Арктической зоне РФ» особое внимание обращается на «арктическую мобилизацию» образовательного потенциала северных вузов, которая по времени совпала с процессами преобразования в самой системе образования. А «это уже само по себе – вызов времени» [3, с. 66], поскольку ведущая идея модернизации российского образования – создание университетских комплексов с учётом социально-экономических и природно-ресурсных особенностей развития регионов их размещения. УГТУ в этом процессе занимает активную позицию.

Вокруг университета объединяются вузы, средние специальные учебные заведения и научные организации нефтегазовой специализации. В настоящее время перспективы формирования инновационного территориального кластера Республики Коми (РК) «Нефтегазовые технологии» определены так, что в итоге УГТУ стал «признанным центром нефтяной и газовой промышленности РК и плацдармом индустриального освоения Печорского Севера» [3, с. 65]. Не случайно в структуре университетского комплекса усилена арктическая составляющая за счет реорганизации Воркутинского филиала УГТУ: в его состав вошел старейший технический вуз РК – Воркутинский горный институт как филиал Национального минерально-сырьевого университета «Горный». Коми научный центр УрО РАН также определил своё место в научном сегменте данного кластера [4]. Воркутинский филиал УГТУ по сути стал арктическим форпостом университета. В нём упор будет сделан на сохранение традиционных горных специальностей, которые сегодня столь востребованы не только в угольной, но и горнорудной и нефтегазовой отраслях.

Развитие Усинского филиала УГТУ также связано с арктической тематикой, что «вполне соответствует логике развития университета в составе Национального научно-образовательного инновационно-технологического консорциума вузов минерально-сырьевого и топливно-энергетического комплексов» [3, с. 69]. Эти мотивы и объясняют выбор Ухты местом проведения первой конференции об арктической направленности высшего образования.

**Основные цели, задачи и структура конференции.** Основная роль университетов в Арктике, безусловно, видится прежде всего в подготовке кадров высокой квалификации, способных работать в специфичных природно-климатических условиях высоких широт. Студентов надо учить не только профессии, но и тому, как повышать их интеллектуальный уровень для понимания и осмысления широкого круга междисциплинарных проблем. Не случайно официальное открытие конференции предварял созданный телестудией УГТУ фильм под названием «Борьба за Арктику – борьба за интеллект». Один из путей интеллектуализации – интегрирование северных вузов в единое образовательное пространство циркумполярного масштаба. На северные университеты, кроме традиционных, ложатся сложнейшие геополитические функции.

Такой концептуальный взгляд на задачи конференции определил выбор заказных пленарных докладов (далее по тексту помечены звездочкой) и тематику секционных заседаний: «Сбалансированное природопользование: экологический и технологический аспекты» (руководители – к.геогр.н. Г.Г. Осадчая (УГТУ) и к.т.н. О.А. Конык (СЛИ, Сыктывкар); «Социально-экономические и правовые основы развития северных территорий» (руководители – к.геогр.н. Т.М. Красовская (МГУ) и к.геогр.н. Т.Е. Дмитриева (Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар). Проблемам профессионального образования была посвящена дискуссия на Круглом столе «Региональные системы образования северных вузов» (руководители – д.пед.н. О.А. Сотникова (УГТУ), к.б.н. Л.В. Чалышева (КГПИ, Сыктывкар) и М.В. Кузьбожева (Гимназия искусств при Главе РК им. Ю.А.Спиридонова, Сыктывкар). В Год охраны окружающей среды в РФ не менее актуальна была тематика и двух других круглых столов: «Экология в семейном воспитании» (ведущие – Л.Л. Афанасьева, КРО Национальной родительской ассоциации социальной поддержки семьи и защиты семейных ценностей, Сыктывкар и Д.Н. Безгодов, член Президиума КРО НРА, УГТУ); «К созданию Ухтинского отделения Российского географиче-

ского общества» (ведущий — П.П. Юхтанов, Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар). В реализации программы приняли участие около 120 чел. из 9 городов (Москва, Архангельск, Ярославль, Нарьян-Мар, Сыктывкар, Ухта, Усинск, Воркута, Инта). На пленарных заседаниях обеспечено широкое участие студенчества. Заслушано 43 доклада.

**Процедура открытия конференции.** Пленарные заседания вел Президент Союза городов Заполярья и Крайнего Севера, Председатель попечительского совета УГТУ И.Л. Шпектор. Первое слово было предоставлено ректору УГТУ д.т.н., проф. Н.Д. Цхадая. Он осветил значимость выбранной проблематики конференции для дальнейшего развития университета. Ректор подчеркнул, что «развитие системы образования» выделено в арктической стратегии России (<http://government.ru/docs/22846/>) в качестве одного из основных мероприятий. Выпускники северных вузов подготовлены и лучше мотивированы на работу в северных широтах, нежели выпускники из других регионов. Об этом свидетельствует кадровый состав северных предприятий. Северные вузы выполняют важную геополитическую миссию, обеспечивая научно-инновационные позиции России в мировом циркумполярном поясе. Научно-образовательный потенциал УГТУ позволяет этому вузу позиционировать себя в качестве северного форпоста российского технического образования, существенно при этом укрепляя статус Ухты как индустриального центра Республики Коми с филиалами в Воркуте и Усинске (фото 1).



Фото 1. Открытие конференции. В Президиуме (слева направо): Л.В.Ивашов, И.Н.Михель, Н.Д.Цхадая, И.Л.Шпектор, Ю.В.Лисин, М.П.Роцевский, Д.А.Беляев. На заднем плане – прямая связь с Воркутинским филиалом УГТУ. (Фото представлены фотоклубом УГТУ).

**И.Л. Шпектор** в своей эмоциональной вступительной речи сделал упор на «кричащие» экологические проблемы в российском секторе Арктики. В открытии конференции также приняли участие министр природных ресурсов и охраны окружающей среды РК **Ю.В. Лисин**, зам. министра образования РК **Д.А. Беляев**, советник РАН, акад. **М.П. Роцевский**, зам. главы администрации НАО по социальным вопросам **О.В. Барташова**, руководитель администрации г. Ухты **И.Н. Михель**, заместители глав администраций городов Инта (**Л.В. Титовец**), Воркута (**Я.Н. Мельников**), Усинск (**И.Б. Смирнов**).

Первое же на открытии конференции выступление д.и.н. **Л.Г. Ивашова** (МГИМО, Москва) о геополитической роли России в Арктике заставляет о многом задуматься. Очерчены слагаемые значимости Арктики, среди которых основные – обилие невозобновляемых и частично возобновляемых природных ресурсов суши и шельфа. Сосредоточение в арктической зоне (АЗ) 58% углеводородных запасов мировых шельфов. Но в то же время вклад нефти в энергию Земли – менее 1% (более 80% ее обеспечивают радиоактивные элементы). Российский сектор Арктики – один из самых значительных среди всех арктических государств с огромными (среди страновых секторов) неразведанными запасами нефти (41%) и газа (70%). Но на этот потенциал претендуют шесть приарктических государств. Возможны конфликты и поэтому необходима разработка путей по защите российских интересов. На первое место пока выдвигаются политико-дипломатические и внутривластные.

**Научная проблематика конференции (краткий обзор).** Первая для УГТУ конференция арктической направленности была задумана еще и как своего рода демонстрация успехов студентов и место их встречи с представителями академической, вузовской и отраслевой науки. И студентами, и более

опытными исследователями был рассмотрен широкий круг специфичных для Севера и Арктики проблем. Символично, что конференция в Ухте проводилась одновременно с «Фестивалем науки» (Сыктывкар). К началу работы конференции все поступившие материалы, в том числе и с заочным участием, обобщены в электронном диске и размещены на сайте УГТУ ([www.ugtu.net/conference/13962](http://www.ugtu.net/conference/13962)). Далее по тексту ссылка на него и цитирование авторов по: [Электр. ресурс]. Все сообщения сопровождаются библиографическими ссылками, подчас очень обширными. И в этом также большая ценность проведенного этапа обобщения. На заключительном этапе планируется публикация материалов конференции отдельным изданием.

Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечение национальной безопасности до 2020 г. предусматривает разработку госпрограммы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации». Основная ее цель обозначена как «ускорение развития Российской Федерации за счет масштабного вовлечения в хозяйственный оборот природных возможностей Арктической зоны России». Среди основных задач программы указаны:

- развитие науки и технологий, научно-техническое обеспечение развития Арктической зоны РФ;
- покрытие российского сектора Арктики глобальными системами обеспечения экологической безопасности и мониторинга;
- обеспечение положительных демографических процессов и необходимых социальных условий хозяйственной деятельности.

Академическая наука исторически особенно тесно связана с Севером. Примером тому служит программа фундаментальных исследований «Арктика» Уральского отделения РАН. Результаты анализа 51 проекта данной программы показал чл.-корр. РАН **В.Н. Лажнецов\*** (Коми НЦ УрО РАН). Он подчеркнул, что природно-ресурсный профиль экономики северных и арктических регионов в сочетании с их специфическими климатическими, экономико-географическими и этнокультурными характеристиками во многом предопределяет выбор тематики научно-исследовательских работ, нацеленных на решение проблем адаптации человека и технико-технологических систем к суровым условиям внешней среды. Формирование такой тематики происходит в рамках отдельных наук, исходя из логики их собственного развития, но вместе с тем сами науки могут «прирасти» новыми направлениями, когда Север (включая Арктику) специально рассматривается как особый объект материального и духовного мира. Здесь природное проникает в социальное наиболее глубоко, а потому проблемы надежности и устойчивости изначально целесообразно проецировать на природно-хозяйственные системы. Их воспроизводство становится генеральной задачей науки и региональной политики.

На конференции был представлен целый комплекс проблем междисциплинарного характера. При этом подчеркивается, что «специфика арктического субрегиона республики представляет яркий пример особенностей и противоречий, характерных для Арктики в целом» (к.геогр.н. **Т.Е. Дмитриева\***, Коми НЦ УрО РАН). Автор особо акцентирует внимание на следующих тревожных тенденциях. Печоро-Уральская Арктика как «ресурсная кладовая» отличается устойчивыми экологическими нарушениями природной среды. Вследствие этого серьезными угрозами для субарктических муниципалитетов РК являются: историческое разрушение условий традиционного природопользования в пользу развития добычи угля, транспорта и добычи углеводородов; значительная убыль населения (Воркута потеряла 59% своего населения) и возрастание доли пожилых людей; обслуживающий характер экономической основы большей части северных населенных пунктов, что говорит о слабом потенциале развития и серьезных рисках их стабильного существования; сохранение населения, вынужденно искать работу на выезде.

Острой для Севера проблемой вахтового метода был мотивирован научно-исследовательский материал **Е.Н. Нуйкиной** с обобщением итогов изучения этой проблемы в Воркуте. Особый интерес вызвал доклад «Труд и здоровье работников вахтовых форм труда при разведке и добыче углеводородов в арктической зоне Российской Федерации» (д.м.н. **Г.Н. Дёгтева**, НИИ Арктической медицины Северного государственного медицинского университета, Архангельск).

Для приарктических территорий России всё более актуальной становится экономическая оценка их экологического потенциала. Арктическая доктрина России (2008 г.) предусматривает дальнейшее экономическое освоение высокоширотных территорий, но при условии сохранения их природы. Важнейший механизм для осуществления этой сложной задачи – формирование регионального экологического каркаса (д.геогр.н. **Т.М. Красовская\***, МГУ). Он выполняет ресурсные, средообразующие и социальные функции, обеспечивая тем самым устойчивое развитие региона. (В Российской Арктике 23 «горячих точки» с деградирующими геосистемами, среди которых – Воркута). Важные базисные элементы экологического каркаса – особо охраняемые природные территории. В Республике Коми сеть ООПТ слабее всего представлена в Большеземельской тундре. А об единой экологической сети ООПТ, которая формирует «зеленые пояса» в Российской Арктике, пока вообще говорить не приходится.

Экономическая оценка потенциала экосистем получает свое развитие на примере субарктической территории Республики Коми (к.э.н. **Т. В. Тихонова**, Коми НЦ УрО РАН). Автором описаны рыночные и нерыночные экономические методы оценки экосистемных услуг, в том числе и ООПТ применительно к Республике Коми. Сделан главный вывод: «Методы оценки тех богатств (промышленных), которыми обладает территория, более практичны для краткосрочных выгод... На долго-

срочный период необходимо учитывать выгоды от удерживания метана мерзлотой, поглощения загрязнения леса и болотами, ценность традиционных видов природопользования».

Для сохранения природного равновесия, «которое позволит не только обеспечить рациональное природопользование и охрану среды обитания, но и сохранение потенциала территории для традиционных видов природопользования», требуется разработка соответствующих критериев и показателей - индикаторов устойчивого развития (к.геогр.н. **Г.Г. Осадчая**, УГТУ и к.геогр.н. **Т.Ю. Зенгина\***, МГУ). Исключительно актуальна эта проблема для Северо-Востока европейской части России с обширными территориями Большеземельской тундры, которые пока еще не утратили биосферные функции. Но наращивание в перспективе на этой территории разработок богатейших месторождений углеводородного сырья грозит еще более серьезными экологическими проблемами. Поскольку практически вся территория Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции относится к зоне разной интенсивности распространения многолетнемерзлых пород (криолитозона) с низким потенциалом восстановления.

Оценка степени нарушенности земель криолитозоны Большеземельской тундры показала, что «через 20-30 лет после начала освоения при наличии развитой транспортной инфраструктуры фиксируется существенное превышение биосферной емкости территории месторождения, связанное с ростом площади нарушенных земель в его пределах». Поэтому «еще на прединвестиционном этапе при территориальном планировании необходимо четко определять ограничения к природопользованию, которые позволили бы учитывать не столько экономические, сколько экологические и социальные функции территории». Авторами предложено учитывать экологические (законодательные и геоэкологические), инженерно-геологические и природоресурсные ограничения при освоении северных территорий. А реализовать их можно только при изменении целого ряда законодательных и административных элементов управления природопользованием.

Особое внимание на конференции было уделено инженерно-экологическому аспекту освоения арктических и субарктических регионов России (д.г.-м.н. **М.А. Минкин\***, ОАО «Фундаментпроект», Москва) и изучению вечной мерзлоты морского шельфа (д.геогр.н. **Н.А. Шполянская\***, МГУ). Направленность развития шельфовой мерзлоты позволяет прогнозировать динамику арктических берегов и оценивать степень их устойчивости, а также определять геоэкологические условия на шельфе и тем самым – условия его освоения. В континентальных условиях вечноммерзлые грунты – нестабильные и динамичные по времени образования. Изменения их теплового и водного режимов становятся основными причинами деформаций сооружений и экологических нарушений. Но этими ситуациями можно управлять. Наиболее эффективным методом сохранения мерзлотных грунтов является метод термостабилизации. Автором продемонстрированы способы и технологии. Ряд перспективных технологий бурения вскрытия многолетнемерзлых пород и газогидратных залежей разработаны в УГТУ (к.т.н. **Г.В. Буслаев**, УГТУ; **О.Н. Буслаева**, «ПечорНИПИнефть», Ухта).

Особенности природной среды заполярных территорий определяют необходимость ускорить восстановительный процесс на обширных нарушенных посттехногенных территориях (к.б.н. **И.А. Лиханова**, д.б.н. **И.Б. Арчегова**, Коми НЦ УрО РАН; к.э.н. **В.А. Андрианов**, Коми республиканская ассоциация независимых экспертов, Сыктывкар). Авторы изложили первые результаты лесной рекультивации в Усинском районе РК, положив в основу концепцию природовосстановления, новую теоретическую базу процесса восстановления нарушенных земель. В рамках этой концепции разработана и в условиях Крайнего Севера «с положительным эффектом испытана оптимизированная технология восстановления лесных экосистем».

Одним из современных и перспективных методов качественного проведения государственной экологической экспертизы при оценке воздействия хозяйственной деятельности на уязвимые природные комплексы Севера является метод биоиндикации, или оценка экологического состояния природных территорий по биологическим показателям. Но для этого нужны многолетние мониторинговые наблюдения за разными в систематическом плане организмами (к.б.н. **Н.Л. Иванова**, Ярославский госуниверситет). Автор на базе кафедры промышленной безопасности и охраны окружающей среды УГТУ провела мастер-класс «Применение биологических показателей для оценки состояния водных объектов Севера».

Фундаментальные исследования по биоиндикации в Большеземельской тундре отличают самые длительные ряды наблюдений, которые среди арктических регионов России до сего времени сохраняют свое приоритетное значение (д.б.н. **М.В. Гецен**, ред. [Эл. ресурс]). Этот подход широко используется при оценке современного состояния водных и наземных тундровых экосистем Большеземельской тундры. Комплексные экологические исследования в этом регионе вдоль трассы газопровода – яркое тому подтверждение. Газопровод «Бованенково–Ухта» – пример масштабности промышленного объекта, который существенно изменил экологическую ситуацию в Большеземельской тундре. Сведения о его влиянии на природные комплексы тундры практически отсутствуют (к.б.н. **Е.Н. Патова**, к.б.н. **В.В. Елсаков**, **А.С. Стенина**, **М.Д. Сивков**, к.б.н. **Е. М. Лаптева**, к.б.н. **А. Н. Панюков**, Коми НЦ УрО РАН). Несмотря на молодость этого линейного сооружения, в природных комплексах происходят серьезные структурные изменения. Интенсивная эксплуатация автотрассы без бетонного покрытия создает угрозу сильного пылевого загрязнения фитоценозов. Тем самым наносится серьезный ущерб, прежде всего, кормовой базе оленеводства. В равнинных и горных участках территорий строительства газопровода необходимо выделить особо охраняемые участки с целью сохранения их природоохранной ценности.

На конференции освещены перспективы межрегионального сотрудничества Республики Коми и Ненецкого автономного округа по управлению водными ресурсами. Показано состояние водных ресурсов и ключевые проблемы водохозяйственного комплекса Печорского бассейна. В рамках схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов определены показатели для контролируемого поэтапного достижения качества вод (А.В. Осинина, Т.Н. Кукса, Двинско-Печорское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов, Архангельск). Межрегиональное сотрудничество НАО и РК – важнейшее условие и для сохранения мезенской семги. С инициативой разработки межрегиональной программы восстановления и сохранения ресурсов атлантического лосося выступил Коми региональный фонд «Серебряная тайга» (В.Т. Семяшкина, к.с.-х.н. Ю.А. Паутов).

Важнейший аспект программы конференции – социальная сфера в арктических регионах. К.э.н. М.М. Стыров\* (Коми НЦ УрО РАН) показал остроту социальных проблем в северных регионах страны: однобокая сырьевая специализация, демографический кризис и сильное удорожание стоимости жизни, недооценка роли человеческого капитала. Первый важнейший вызов ближайшего десятилетия – демографическая нагрузка на социальные расходы со снижением доли трудоспособного населения. Представлены сценарии развития социальной сферы (инерционный и активно целевой). Наиболее правилен, по мнению автора, компромиссный путь, направленный на объединение усилий всех заинтересованных сторон (органы власти, граждане и заинтересованные предприятия). При этом один из главных источников дополнительных вложений – средства государства за счет пересмотра бюджетной политики.

Арктические и субарктические регионы играют важную роль в формировании экономики республики. Поэтому представленный на конференции анализ современной и потенциальной их трудообеспеченности имеет большое значение (д.э.н. Л.А. Попова, Коми НЦ УрО РАН). Автор указала на повышенные темпы демографического старения в республике, чем в целом по стране, в связи с миграцией. И вместе с тем, в Республике Коми уровень трудообеспеченности продолжает еще оставаться довольно высоким. Важным фактором видится вовлечение в социальную практику молодежи.

В тематике конференции была представлена и острая для субарктических муниципалитетов республики проблема социально-экономического положения аборигенного населения (к.э.н. А.А. Максимов, Коми НЦ УрО РАН). Анализ мирового опыта показывает, что изменения к лучшему среди коренных народов Севера начинают происходить только в связи с признанием и реализацией их исконных прав на земли, ресурсы, самоуправление и развитие. Все эти вопросы государству необходимо решать в комплексе.

В последние годы в республике наблюдается активизация с участием коренных жителей туристской деятельности. Этому способствует активная позиция местных и республиканских властей, а также развитие рекреации (при высоком потенциале в Печоро-Уральской Арктике рекреационных ресурсов) и транспортной инфраструктуры (к.э.н. В.А. Щенявский, Коми НЦ УрО РАН). Но в то же время для бизнеса туризм пока не привлекателен. Причины – слабая транспортная инфраструктура, низкий уровень туристской индустрии и культуры. Низок пока и удельный вес туристских услуг (3,5%) в объеме платных услуг населения.

В итоге при обсуждении проблем социальной сферы в субарктических муниципалитетах республики участники конференции акцентировали внимание на том, чтобы:

- перспективное развитие экономики республики увязать с учетом нарастающего дефицита трудовых ресурсов и их квалификационного уровня;
- в городах на Крайнем Севере республики развитие экономики и транспортной инфраструктуры планировать с учетом вахтового метода труда;
- при дальнейшем развитии и совершенствовании в республике инфраструктуры туризма необходимо ориентироваться на туристов разных возрастных, образовательных и экономических категорий.

**Инновационная система профильной подготовки кадров для северных регионов.** В Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. указывается, что «для устойчивого развития Арктики безальтернативна необходимость подготовки собственных кадров». Одним из путей, обеспечивающих реализацию поставленной цели, является эффективная реализация Концепции модернизации российского образования, предусматривающая формирование «Системы специализированной подготовки (профильного обучения) в старших классах общеобразовательной школы, ориентированной на индивидуализацию обучения и социализацию обучающихся, в том числе с учетом реальных потребностей рынка труда, <...> отработки гибкой системы профилей и кооперации старшей ступени школы с учреждениями начального, среднего и высшего профессионального образования» (фото 2).

Следуя арктической стратегии России, систему образования в северных регионах страны необходимо базировать на идее «Подготовка кадров для Арктики». Обсуждению этой проблемы и был посвящен на конференции Круглый стол. Он проведен в форме «мозговой атаки» на двух уровнях, соотносимых с уровнями образования: довузовское образование и высшее образование. В дискуссии «Довузовская подготовка кадров» приняли участие директора школ с разным опытом функционирования заполярных «Роснефть-классов»: уникальный 10-летний опыт профильной подготовки в совме-



Фото 2. Заседание Круглого стола «Региональные системы образования северных вузов». Ведущие – О.А.Сотникова (стоит в центре), Л.В.Чальшева (сидит в центре) и М.В.Кузьбожева (слева).

стной работе с нефтяной компанией ОАО «Роснефть» имеет школа №3 г.Усинска. По мнению директора **Ю.А. Орлова**, работа этих классов инновационная, она направлена на подготовку будущих нефтяников. В чем эффект «компаний-классов» профильной школы для подготовки кадров для Арктики? И есть ли на самом деле этот эффект в решении проблемы, обозначенной круглым столом? Основная часть выпускников школы все же поступает в вузы за пределами Республики Коми. Аналогичный опыт, но только на уровне первых шагов, в своем выступлении продемонстрировала директор заполярной школы пос. Искатели г. Нарьян-Мара **Д.С. Стрельцова**. Удастся ли ей по итогам обсуждения проблемы на конференции выработать в своей образовательной деятельности конкретную стратегию в реализации арктической линии? Проблемность данного вопроса обусловлена тем, что заполярные города республики ранее не рассматривали свое участие в решении подготовки кадров для Арктики как первоочередную задачу. Об этом говорят, к примеру, выступления на круглом столе директоров школ г. Нарьян-Мара **А.С. Шамова** и **А.А. Тотмянина**, а также **М.Б. Герт**, директора школы №40 г. Воркуты. С открытием при поддержке УГТУ первого профильного класса в городе М.Б. Герт связывает надежды в образовательной деятельности школы.

Ухтинский государственный технический университет в своих образовательных технологиях широко использует вузовский потенциал. Директор Ухтинского технического лицея им. Г.В. Рассохина **С.П. Румянцева** во время экскурсии в лицей и дискуссии на Круглом столе подчеркнула, что не мыслит интеллектуального развития учащихся без вклада УГТУ. Программа экскурсии участников дискуссии в лицей включала также публичную лекцию **Л.В. Чальшевой** «Биосфера: перспективы развития». Сколько выпускников лицея связывают свою профессиональную деятельность с «арктическими профессиями»? По статистике таких выпускников примерно 30%. Но опять-таки, много это или мало? Оригинальной идеей подготовки кадров для регионов поделилась директор начальной школы «Росток-УГТУ» **С.В. Виноградова**. Суть идеи многопрофильного начального образования заключается в его адекватности структуре высшего образования. Реализация этой идеи позволит не только воплотить личностно-ориентированную парадигму образования, но и взять курс на ее арктическую составляющую. Преподаватель Коми республиканского лицея при СыктГУ **Г.В. Пчелкина** продемонстрировала технологию решения образовательной задачи для Севера через использование интернет-ресурсов и проектную деятельность учащихся. И, наконец, трудно не согласиться с **М.В. Кузьбожевой** (директор Гимназии искусств при Главе РК им. Ю.А.Спиридонова) в том, что образование в северных регионах должно стать этнокультурным. Она связывает это с воспитательным эффектом, что не может не способствовать делу подготовки кадров силами образовательной системы северных регионов.

*Вузовская подготовка кадров.* В качестве примера специфики подготовки кадров по геолого-разведке на Севере в докладе проф. УГТУ к.г.-м.н. **А.М. Плякина** избрана система обучения в этом техническом вузе. Но не только технические вузы реально способны решить задачи арктической позиции. Академические сообщества, выделяя в своем арсенале базовые кафедры, решают проблему укрепления минерально-сырьевого и кадрового потенциала Республики Коми. Это проиллюстрировала к.г.-м.н. **Т.П. Майорова** на 15-летнем опыте работы базовой кафедры геологии СыктГУ в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН. Участники Круглого стола обратили внимание, что арктические профессии должны быть «экологизированы». Этот аспект подготовки кадров был акцентирован в докладе к.б.н. **С.Н. Плюснина**, д.б.н. **А.А. Москалева** и к.б.н. **И.Н. Юраневой** (доложен **Ю.В. Шабалиной**, УГТУ). Освещено влияние профессиональной деятельности кафедры экологии СГУ на развитие экологического образования, науки и охраны природы Европейского Севера России.

Итог работы Круглого стола по проблеме профильной подготовки кадров для северных регионов сводится к следующим основным позициям. Профильная подготовка специалистов для работы на Севере – это не только подготовка будущих специалистов в добывающих отраслях производства. Вопрос: а кто будет осуществлять эту самую профильную подготовку? К сожалению, сегодня очень остро стоит проблема обеспечения школ на Севере педагогическими кадрами. Оптимальные условия для формирования сети профильных классов в районах Севера, ориентированных на дальнейшее получение выпускниками профессий, востребованных на Севере, созданы пока лишь в единичных образовательных учреждениях. Софинансирование образовательных услуг в профильных классах имеет пока весьма низкую эффективность, так как значительная часть выпускников профильных классов (на поддержание эффективной работы которых затрачиваются немалые спонсорские средства), поступив в центральные вузы, не имеет намерения вернуться для работы на Север.

Повышение мотивации будущих специалистов – одна из сложнейших задач. Решению данной задачи, по мнению участников дискуссии, может способствовать формирование сетевого взаимодействия и тесного социального партнерства между образовательными учреждениями разных уровней (от школ до колледжей и вузов) и потенциальными работодателями, гарантирующими трудоустройство будущих специалистов. А это требует изучения потребностей рынка труда и ориентации выпускников школ на получение профессий не «модных», а «нужных». Выстраивание системы такого взаимодействия — процесс длительный, болезненный и сопряженный помимо всего прочего, с немалыми финансовыми затратами.

В качестве возможных путей решения проблемы профильной подготовки кадров для Севера и Арктики могут быть:

- проведение инвентаризации передового педагогического опыта работы профильных классов в школах северных регионов;
- изучение эффективности сотрудничества системы «школа–вуз»;
- организация смотров-конкурсов образовательных учреждений, внедряющих программы профильного обучения;
- формирование программы поддержки выпускников школ, решивших продолжить обучение в регионе.

В ходе заседания Круглого стола «*Экология в семейном воспитании*» с одноименным сообщением выступил **Д.Н. Безгодов**. Он рассказал об оригинальном теоретико-методологическом подходе к воспитательной работе, осуществляемом в УГТУ – модели «ценностно-компетентностного параллелепипеда» (ЦКП). ЦКП включает в себя, наряду с другими направлениями воспитательной работы, экологическое и семейно-бытовое воспитание. **Д.Н. Безгодов** определил точки концептуального пересечения данных направлений. **Я.Ю. Васильев** (УГТУ) в своем сообщении рассмотрел механизм социологического мониторинга эффективности экологического и семейно-бытового воспитания в соответствии с моделью ЦКП. **И.В. Афанасьева** (УГТУ) сделала сообщение на тему «Экологическая этика в семье» (фото 3).

Работа Круглого стола включала в себя учредительное заседание Ухтинского местного отделения общероссийской общественной организации «Национальная родительская ассоциация социальной поддержки семьи и защиты семейных ценностей» (НРА). О целях и задачах ассоциации сообщила председатель Коми республиканского отделения НРА, депутат Госсовета Республики Коми **Л.Л. Афанасьева**. Она особо отметила то, что проблемы семьи являются животрепещущими, в последнее время внимание государства к ним исключительно высоко. По инициативе депутатов Государственной Думы Российской Федерации была создана Национальная родительская ассоциация, ее возглавила заместитель Председателя Государственной Думы **Л.И. Швецова**. Присутствующие поддержали инициативу **Л.Л. Афанасьевой** и приняли решение о создании Ухтинского местного отделения Национальной родительской ассоциации. Председателем отделения был единогласно избран директор УГТУ **Д.Н. Безгодов**.

Коллектив Ухтинского государственного технического университета занимается разработкой информационно-коммуникационного проекта «Ухта – родина первой российской нефти», который имеет колоссальный «брендовый потенциал» [4] в рамках программы возрождения Ухтинского отделения Русского географического общества. На заседании Круглого стола зам. председателя Коми отделения РГО **П.П. Юханов** обобщил основные итоги его деятельности за 65-летний период, показав



Фото 3. Заседание Круглого стола «Экология в семейном воспитании». Ведущие (в центре) – Л.Л.Афанасьева и Д.Н.Безгодов.

прошлое, настоящее и планы на ближайший период. Обеспечивая преемственность поколений, важно было показать вклад Ухтинского отделения, которое активно работало в 1960–1980-е гг. (Оно насчитывало более 40 чел. Его возглавлял **К.Ф. Седых**, ученый-биолог, путешественник, педагог, основатель уникального музея «Природа Земли»). Первым прозвучал доклад проф. **А.М. Плякина** (УГТУ). Он раскрыл тему продуктивной интеграции в 50–80-е гг. XX столетия ученых разных ведомств (вузы, экспедиции Министерства геологии, Институт геологии Коми научного центра АН СССР (ныне – РАН)) в изучении геологии и открытии минеральных богатств Тимана, центром которого является Ухта. Очень важно было осветить роль ухтинских краеведов в истории Европейского Северо-Востока и формировании современного статуса Ухты (**И.Д. Пашковская**) и показать вклад Российской академии наук в изучении недр Европейского Северо-Востока России (к.г.-м.н. **А.А. Иевлев**, акад. **А.М. Асхабов**).

Участники заседания использовали работу Круглого стола и для обсуждения вопроса для возрождения Ухтинского отделения РГО. В работе приняли участие члены Ученого совета Коми отделения РГО **Т.Е. Дмитриева**, **В.А. Щенявский**, **Г.Е. Марковский**. Большую заинтересованность в возрождении Ухтинского отделения РГО проявил ректор УГТУ, член Попечительского совета Коми отделения РГО, проф. **Н.Д. Цхадая**. Участники заседания обратились к нему с просьбой возглавить отделение РГО в Ухте, на что было получено его согласие. Заместителем единодушно избран краевед и турист **А. Лебедев**.

Руководство университета, руководитель администрации г. Ухты **И.Н. Михель** и участники Круглого стола в торжественной церемонии установили мемориальную доску д.г.-м.н. **Василию Михайловичу Сениокову**, стоявшему у истоков газовой индустрии страны (фото 4).

#### Заключение

Отличительная особенность проведенной конференции – широкое привлечение научных работников республики с многолетним опытом изучения Севера и Арктики. Акцент сделан на инновационные подходы для минимизации ущерба природной среде при ее освоении. Вектором будущего должен стать уход от колониальной экономики Севера к ее новой модели, в основу которой должно быть положено сбалансированное природопользование. Участники конференции подытожили:

- природно-адаптированные методы природовосстановления и инженерного использования территории – основной путь совершенствования эколого-экономической системы устойчивого развития Севера;



Фото 4. Открытие мемориальной доски В.М. Сенюкову.  
(слева направо): А.М. Плякин, Н.Д. Цхадая, Д.Н. Безгодов, корреспондент газеты «Ухта» Е.И. Нестерова.

- при территориальном планировании в основу должен быть положен учет экологических функций геосистем;

- расширение сети особо охраняемых природных территорий в зонах Арктики и Субарктики должно максимально учитывать и законодательно закреплять интересы оленеводов.

Участники конференции были единодушны в понимании той ответственности, которая при подготовке кадров ложится на северные вузы. В масштабах Печоро-Уральского региона системообразующее положение в сфере подготовки кадров для Севера занимает УГТУ. Его ключевые позиции прочны в образовательной деятельности для нефтегазового сектора экономики республики с выходом на арктические проекты. Для дальнейшей деятельности УГТУ значение конференции видится прежде всего в том, что она раздвигает географические границы деятельности этого технического вуза, повышая тем самым его привлекательность и конкурентоспособность. Особого внимания заслуживает представленная на конференции инновационная система УГТУ по профильной довузовской подготовке будущих нефтяников. Надеемся, что конференция будет способствовать и объединению усилий северных университетов региона, выявит новые возможности их сотрудничества по разработке адаптированных к арктическим условиям учебных программ и внесет коррективы в структуру и содержание образовательного процесса УГТУ.

**Руководители Программного комитета и координаторы конференции: д.б.н. М.В. Гецен и проректор УГТУ Д.Н. Безгодов.**

#### Литература

1. *Резолюция У1 Межд.науч.-практ. конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития»* (Апатиты, 12-14 апреля 2012 г.) // Известия Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар, 2012. Вып. 2(10). С.164–167.
2. *Обсуждение проблем Севера и Арктики* // Известия Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар, 2012. Вып. 3(11). С.133–134.
3. *Цхадая Н.Д. Укрепляя университетский комплекс: арктический поворот* // Высшее образование в России. 2013. №5. С.64–69.
4. *Беляева О. Северный форпост: стиль остается прежним. Ухтинскому государственному техническому университету – 55 лет* // Регион. 2013. №4. С.7–9.

## ЛАРИСА ПАВЛОВНА РОЩЕВСКАЯ



11 декабря 2013 г. отметила свой юбилей заслуженный деятель науки Российской Федерации, заслуженный деятель науки Коми ССР, академик Российской академии естественных наук, главный научный сотрудник отдела «Научный архив и энциклопедия» Коми научного центра Уральского отделения Российской академии

наук, доктор исторических наук, профессор **Лариса Павловна Рощевская**.

Лариса Павловна – известный и уважаемый научной общественностью специалист, человек многогранный, чрезвычайной порядочности и интеллигентности. Она внесла существенный вклад в становление и развитие научных исследований в области истории европейского Севера и Сибири, общественного движения и репрессивной политики в отечественной истории, историко-культурных процессов, истории академической науки, архивоведения и библиотековедения. В Республике Коми с именем Л.П.Рощевской связано формирование новых направлений исследований: модернизация локальной библиотечной культуры европейского Севера; становление и развитие республиканского книгоиздания; история академической науки в контексте модернизации северных территорий.

Творческий путь Л.П.Рощевской начался в Тюменском университете, где она читала лекции по отечественной истории. Научные интересы Ларисы Павловны были связаны с вопросами политической ссылки и развития общества в дореволюционной Сибири. В качестве особого этапа ее развития Л.П.Рощевская впервые выделила период 1860–1880-х гг., констатировала, что в пореформенной России одной из наиболее важных частей являлась польская политическая ссылка. Впервые в источниковедении этой проблемы Лариса Павловна стала использовать статистические источники. Заложила основы для гендерного изучения общественной жизни Сибири и выявила наиболее ранние упоминания в Тобольске в 1860-х гг. общественной деятельности женщин.

Проблемы, связанные с Сибирью, продолжили интересовать Л.П.Рощевскую и после переезда в 1978 г. в Сыктывкар. Однако основное внимание Лариса Павловна обратила на историю Коми края и его самобытную культуру. Л.П.Рощевской исследована позитивная роль православной церкви и монастырей в развитии эконо-

мики и культуры Коми края. Значительный вклад она внесла в изучение локальной книжной и библиотечной культуры европейского Севера России в конце XVIII – начале XX в. Выявлены книжные издательства и типографии, действовавшие в XIX–начале XX в. в отдаленных провинциях Севера и Сибири, сыгравшие определяющую роль в формировании библиотек. Проведено изучение книжной культуры в Коми с 1906 г. до конца Великой Отечественной войны.

Л.П.Рощевская внесла значительный вклад в развитие архивного дела в Республике Коми. Она явилась одним из инициаторов подготовки путеводителей по фондам ведущих республиканских архивов. Результатом многолетней, титанической, кропотливой работы по аннотированию документальных фондов стало введение в научный оборот и для широко общественного использования огромного массива документальной, научно-справочной информации о Республике Коми.

В 1978–2006 гг. Л.П. Рощевская преподавала в Сыктывкарском государственном университете, в 1990 г. ей было присвоено ученое звание «профессор». В 1991–1998 гг. она возглавляла кафедру отечественной истории. За годы работы Лариса Павловна серьезное внимание уделяла учебному процессу, ежегодно разрабатывала новые спецкурсы. Для спецкурса «Культурные связи русских и коми на Европейском Севере» подготовила к изданию библиографические указатели трудов выдающихся деятелей культуры коми народа К.Ф.Жакова, П.А.Сорокина и др.

В течение 1995–2007 гг. вела активную работу по подготовке квалифицированных кадров, являясь председателем диссертационного совета по отечественной истории Сыктывкарского государственного университета.

С 1996 г. Л.П.Рощевская работает главным научным сотрудником в отделе «Научный архив и энциклопедия» Коми научного центра Уральского отделения РАН. Ей принадлежит концепция современного развития архива как научной лаборатории, в которой помимо традиционной составляющей (комплектование, хранение и использование) большое внимание уделяется научному творчеству: научному формированию, обработке и изучению документальных фондов. Под ее научным руководством коллектив Научного архива с начала 2000-х гг. приступил к планомерным научно-исследовательским работам. Под ее руководством была изучена история Коми научного центра УрО РАН, проведен анализ документального фонда, на основе которого был издан двухтомник «Документальная история Коми научного центра УрО РАН» за 1944–1987 гг., в

котором показано развитие научной, научно-организационной и общественной жизни научного учреждения. По результатам исследований Л.П.Рощевская сформулировала концептуальный вывод, что исследования Коми научного центра УрО РАН послужили обоснованием для сохранения культурного наследия и систем жизнеобеспечения населения Севера, и определения социально-экономического и ресурсного направлений в государственной политике на северных территориях.

Л.П.Рощевская регулярно выступает на международных, всероссийских и региональных научных конференциях. Ею опубликовано около 600 научных работ, в том числе 29 монографий, учебных пособий и научно-справочных изданий, более 100 энциклопедических статей, статьи в отечественных и зарубежных научных сборниках и журналах.

Л.П.Рощевская ведет большую научно-организационную работу. Она стала одним из инициаторов возрождения Общества изучения Коми края и признанным лидером краеведческих исследований в республике. Была председателем Совета общества с 1989 по 1995 гг., член Совета Всероссийского союза краеведов с 1990 по 1995 г. При активном участии Ларисы Павловны и благодаря ее организаторскому таланту были вновь объединены краеведы, возобновлена краеведческая работа, стали ежегодно проводиться научные конференции, издаваться сборники статей, журнал «Известия Общества изучения Коми края».

Долгие годы Л.П.Рощевская была членом ученого совета Сыктывкарского университета и ученого совета Института языка, литературы и истории. Сегодня она является членом редакционных коллегий «Известий Общества изучения Коми края», научно-гуманитарного, художественно-публицистического журнала «Concept» (УГТУ), энциклопедии «Республика Коми», членом ученого совета Национальной галереи Республики Коми. Ведет активную редакторскую и рецензионную работу по научным изданиям, посвященных проблемам истории науки и культуры, архивного и музейного дела, истории местных органов исполнительной власти.

Лариса Павловна уделяет большое внимание пропаганде и популяризации научных знаний, ею опубликовано около 100 краеведческих статей, научно-популярных заметок в средствах массовой информации.

Лариса Павловна обладает огромным обаянием и жизнелюбием, трудолюбием и ответственностью, отзывчивый и добрейший человек, обладает высокой работоспособностью, свободно ориентируется в современных гуманитарных исследованиях, внимательно и уважительно относится к коллегам, умеет увлечь коллектив новыми интересными идеями.

Заслуги Л.П.Рощевской отмечены медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени.

Искренне поздравляем Л.П.Рощевскую с юбилейной датой и желаем доброго здоровья, счастья и новых творческих успехов.

*редколлегия*

## ВИКТОР ВИЛЬГЕЛЬМОВИЧ ФАУЗЕР



3 октября 2013 г. исполнилось 60 лет известному исследователю в области демографических и миграционных процессов, занятости населения и социального менеджмента, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, заслуженному работнику Республики Коми, лауреату премии Правительства Республики

Коми в области научных исследований, заведующему отделом социальных исследований Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, доктору экономических наук, профессору **Виктору Вильгельмовичу Фаузеру**.

С отличием окончив в 1979 г. экономический факультет Сыктывкарского университета, В.В. Фаузер получил направление в Отдел экономики Коми филиала Академии наук СССР. Почти сразу молодого перспективного сотрудника откомандировали на стажировку в Централь-

ный экономический научно-исследовательский институт. Еще будучи стажером, Виктор Вильгельмович начал работу над кандидатской диссертацией, поэтому аспирантуру Института социологических исследований АН СССР, последовавшую вслед за стажировкой, он окончил досрочно, защитив к концу второго года обучения диссертацию «Проблемы формирования населения в районах Севера (на примере Коми АССР)».

После окончания аспирантуры В.В. Фаузер несколько лет проработал в области практической социологии, руководил лабораторией научной организации труда, управления производством и социологии на Сыктывкарском ЛПК. Разработанные и апробированные в стенах лаборатории методики сбора и обработки социологической информации впоследствии оказались очень полезными в научной работе в стенах Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН, куда Виктор Вильгельмович пришел в 1988 г. С тех пор уже более четверти века трудовая биография юбиляра неразрывно связана с Коми научным центром.

Разработанная В.В. Фаузером концепция формирования населения северных регионов, от-

вечающая жизненным интересам коренных жителей и экологическим требованиям легкоранной северной природы, легла в основу докторской диссертации «Проблемы демографического развития Российского Севера», блестяще защищенной в 1996 г. в Институте социально-политических исследований РАН. В развитие этой концепции В.В. Фаузером предложена методология и разработан методический аппарат раскрытия общих черт и региональных особенностей воспроизводства и миграции населения, позволяющие социологическими методами выявлять факторы и условия демографического развития Российского Севера.

В.В. Фаузер много лет успешно сочетает научную и педагогическую деятельность. Более четверти века Виктор Вильгельмович преподает в Сыктывкарском государственном университете. Под его руководством защищено свыше 100 дипломных работ, некоторые из них легли в основу кандидатских диссертаций. На протяжении 15 лет В.В. Фаузер возглавлял кафедру менеджмента, проявляя поистине отеческую заботу о студентах. За это время в рамках основной специализации в СыктГУ были открыты новые специальности, в учебный процесс введены новые научные дисциплины. Долгие годы В.В. Фаузер курировал направление «менеджмент» в рамках Президентской программы подготовки управленческих кадров для организаций народного хозяйства Российской Федерации. Консультирование трех докторских, руководство 20-ю кандидатскими и пятью магистерскими диссертациями позволило Виктору Вильгельмовичу создать в республике целое научное направление по изучению социально-демографической и трудовой проблематики северных территорий. Им опубликовано более 400 научных работ, в том числе свыше 50 монографий, 40 брошюр и 20 учебных пособий.

С 1993 по 2007 гг. В.В. Фаузер являлся ученым секретарем, а затем заместителем председателя регионального диссертационного совета по защите кандидатских диссертаций при ИСЭиЭПС

Коми НЦ УрО РАН. Защитившиеся в этом диссертационном совете соискатели составляют сегодня костяк среднего возраста научных сотрудников института.

Виктор Вильгельмович ведет большую научно-организационную работу, возглавляя Коми региональные отделения Союза социологов России и Российской академии социальных наук. Он является членом Межведомственной комиссии по вопросам кадровой политики, трудовых отношений, охраны труда и занятости населения при Экономическом совете Республики Коми; Научного экспертного совета при Ассоциации финно-угорских народов России; Экспертного совета по национальной политике при Правительстве Республики Коми; Общественно-консультативного совета при УФМС России по Республике Коми; членом редколлегий ряда научных журналов.

В.В. Фаузер уделяет большое внимание укреплению межнациональных и межконфессиональных отношений в нашем многонациональном регионе. Много времени и сил отдает он популяризации демографических знаний. Созданные Виктором Вильгельмовичем серии брошюр «Библиотека демографа» и «Библиотека менеджера» адресованы самому широкому кругу читателей: от высшего управленческого персонала, исследователей в области общественных наук и специалистов-практиков до аспирантов, студентов и всех, кто интересуется демографическими проблемами северных территорий России.

Виктор Вильгельмович щедро делится накопленными знаниями и опытом со своими коллегами и аспирантами. Он умеет хорошо организовать рабочий процесс – возглавляемая им лаборатория является примером организованности и дисциплины для всего института.

Поздравляем Виктора Вильгельмовича с юбилеем и желаем дальнейших творческих успехов.

*редколлегия*

## СЕРГЕЙ КАРПОВИЧ КУЗНЕЦОВ



16 октября исполнилось 60 лет доктору геолого-минералогических наук, заместителю директора Института геологии Коми НЦ УрО РАН, руководителю лаборатории минералогии **Сергею Карповичу Кузнецову**.

С.К. Кузнецов – известный специалист в области минералогии, внесший большой вклад в изучение месторождений полезных ископаемых, развитие минерально-сырьевой базы Тимано-Североуральского региона. В 1975 г. он окончил геолого-географический факультет Томского госу-

дарственного университета по специальности «геохимия». До 1976 г. работал в этом же университете в лаборатории экспериментальной минералогии и геохимии. Со студенческих лет занимался экспериментальной и технической минералогией, созданием стеклокристаллических материалов – каменного литья и ситаллов на основе горных пород, угольных шлаков и шламов глиноземного производства. Им были получены опытные образцы этих материалов для практического применения. Уже тогда сформировался его интерес к минералогии и петрологии, познанию процессов кристаллизации, физико-химических условий минералообразования.

В 1976 г. перешел на работу в Институт геологии Коми филиала Академии наук СССР в лабораторию генетической и экспериментальной

минералогии, которой руководил Н.П. Юшкин, и поступил в очную аспирантуру. С того времени в течение многих лет Сергей Карпович занимается проблемами генетической, эволюционной и технологической минералогии, топоминералогии, металлогении.

С.К. Кузнецовым проведено изучение месторождений пьезооптического кварца, горного хрусталя и жильного кварца для оптики и электроники, получены важные данные о фундаментальных особенностях кристалломорфологической эволюции, пространственно-временных закономерностях гидротермального минералообразования. Им выполнено минералогическое картирование и выявлена зональность кварцево-жильно-хрусталеносных полей и месторождений, изучены минералого-технологические особенности жильного кварца. Для Приполярноуральской кварцевожильно-хрусталеносной провинции составлены прогнозно-минерагенические схемы. В рамках крупного проекта совместно с другими сотрудниками института проведено изучение жильного кварца основных месторождений Урала, Прибайкалья и Карелии, выделены месторождения, наиболее перспективные в отношении особо чистого кварцевого сырья, относящегося к стратегическим видам полезных ископаемых.

В последние десятилетия ученый уделял большое внимание изучению месторождений благородных металлов. С его участием на севере Урала и Тимане выявлен ряд новых коренных и россыпных проявлений золота. На Приполярном и Полярном Урале установлены и изучены проявления золото-палладиевой минерализации, получены сведения о вещественном составе руд, условиях рудообразования.

Характерной особенностью научной деятельности С.К. Кузнецова является направлен-

ность его исследований на решение практических задач, тесное сотрудничество со специалистами академических и отраслевых институтов, производственных геологических предприятий.

С.К. Кузнецов – руководитель и ответственный исполнитель научно-исследовательских тем Института геологии, ряда программ РАН, договоров с производственными предприятиями, организатор совещаний по проблемам минералогии, прогнозирования месторождений различных видов полезных ископаемых. Большое внимание уделяется подготовке специалистов по минералогии и кристаллографии, геологии, поискам и разведке месторождений полезных ископаемых, минерагении.

Сергей Карпович – автор 250 научных работ, включая шесть монографий, обладатель двух авторских свидетельств об изобретениях в области технической минералогии, методов поисков и оценки месторождений полезных ископаемых.

С.К. Кузнецов – член президиума Коми НЦ УрО РАН, ученого и диссертационного советов. За успешную научную и научно-организационную работу он награжден Почетной грамотой РАН и Профсоюза работников РАН (1999), памятным нагрудным знаком «300 лет горной геологической службы России» (2000), почетными грамотами Республики Коми (2003), Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми (2003), знаком «Отличник разведки недр» (2008), Почетной грамотой УрО РАН (2008), Премией Республики Коми в области науки (2011), Почетной грамотой РАН (2012), присвоено почетное звание «Заслуженный работник Республики Коми» (2013).

Поздравляем Сергея Карповича с юбилеем и желаем дальнейших творческих успехов.

*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](mailto:journal@presidium.komisc.ru). Текст должен быть набран на компьютере (шрифт Times New Roman, кегль 14) в одну колонку через 1,5 интервала на бумаге форматом А4. По всей статье шрифт должен быть одинаковым. Поля страниц оригинала должны быть не менее: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм, нижнее – 25 мм. Объем иллюстраций (таблицы, рисунки, фото) в статье не должен превышать 8-10, а список литературы – 15 наименований. Количество иллюстраций в кратких сообщениях не должно превышать, соответственно, 5.

**Первая страница рукописи оформляется следующим образом:** в начале статьи указывается индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); затем прописными буквами печатается название статьи, которое должно быть максимально кратким (информированным) и не содержать сокращений; далее следуют инициалы и фамилии авторов. Отдельной строкой дается название учреждения и города (для иностранных авторов – также страны). Ниже печатается электронный адрес для переписки. При наличии авторов из нескольких организаций необходимо арабскими цифрами указать их принадлежность. Через один полуторный интервал следует краткая аннотация (8-10 строк), в которой сжато и ясно описываются основные результаты работы. После аннотации через полуторный интервал приводятся ключевые слова (не более 6-8). Далее идут название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.

Текст статьи состоит, как правило, из введения, основного текста, заключения (резюме) и списка литературы. В статье, описывающей результаты экспериментальных исследований, рекомендуется выделить разделы: «Материал и методы», «Результаты и обсуждение». Отдельно прилагаются подрисовочные подписи.

Во введении (заголовком не выделяется) в максимально лаконичной форме должны быть изложены цель, существо и новизна рассматриваемой задачи с обязательным кратким анализом данных наиболее важных и близких по смыслу работ других авторов. Однако введение не должно быть обзором литературы. В разделе «Материал и методы» должны быть четко и кратко описаны методы и объекты исследования. Единицы измерения следует приводить в Международной системе СИ. Подробно описываются только оригинальные методы исследования, в других случаях указывают только суть метода и дают обязательно ссылку на источник заимствования, а в случае модификации – указывают, в чем конкретно она заключается.

При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в аннотации), необходимо давать их полное наименование, и сокращение в скобках, в последующем применяя только сокращение. Сокращение проводить по ключевым буквам слов в русском написании. Все используемые, включая общепринятые, аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом упоминании. Все названия видов флоры и фауны при первом упоминании в тексте обязательно даются на латыни с указанием авторов.

В разделе «Результаты и обсуждение» полученные данные приводят либо в табличной форме, либо на рисунках, без дублирования одной формы другой, и краткого описания результатов с обсуждением в сопоставлении с данными литературы.

\* Включен в перечень ведущих периодических изданий ВАК.

*Таблицы* должны быть составлены в соответствии с принятым стандартом, без включения в них легко вычисляемых величин. Все результаты измерений должны быть обработаны и оценены с применением методов вариационной статистики. Таблицы нумеруются по мере упоминания в статье, каждой дается тематический заголовок, и размещаются на отдельной странице. Таблицы призваны иллюстрировать текстовый материал, поэтому описывать их содержание в тексте не следует. Ширина таблицы должна быть либо 90 мм (на одну колонку), либо 185 мм (на две колонки). Текст в таблице набирается шрифтом Times New Roman, кегль 9-10, через два интервала. Сокращение слов в шапке таблиц не допускается. Пустые графы в таблицах не допускаются. Они должны быть заменены условными знаками, которые объясняются в примечании. Единицы измерения даются через запятую, а не в скобках: масса, г. Если таблица в статье одна, то ее порядковый номер не ставится и слово «Таблица» не пишется.

*Рисунки* представляются пригодными для непосредственного воспроизведения, пояснения к ним выносятся в подрисуночные подписи (за исключением кратких цифровых или буквенных обозначений), отдельные фрагменты обозначаются арабскими цифрами или буквами русского алфавита, которые расшифровываются в подрисуночных подписях. На рисунках, выполненных на компьютере, линии должны быть яркими (4-5 рix).

Ширина рисунков должна быть либо 90 мм, либо 185 мм, а высота – не более 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунках – Times New Roman, кегль –9-10. На рисунках следует использовать разные типы штриховок с размером шага, допускающим уменьшение, а не оттеночные заливки серого и черного цветов. Каждый рисунок должен быть выполнен на отдельной странице. На обратной стороне рисунка простым карандашом или ручкой указывается фамилия первого автора статьи и номер рисунка.

*Карты* должны быть выполнены на географической основе ГУГК (контурные или бланковые карты). Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания.

*Фотографии* представляют нескрепленными на белой глянцевой бумаге в двух экземплярах (один из них чистый, без каких-либо надписей) в конверте. Желательно обрезать их до необходимого размера репродукции, чтобы они попадали в размеры страницы. На обратной стороне (на полях) фотографий простым карандашом указываются фамилии первого автора, название статьи, порядковый номер рисунка, его верх или низ. Подрисуночные подписи оформляются на отдельной странице. В подписях к микрофотографиям указываются увеличение объектива и окуляра, метод окраски.

Местоположение каждой таблицы, рисунка, карты, фотографии при первом упоминании их в тексте отмечается на полях рукописи в квадратных рамках простым карандашом.

*Математические и химические обозначения и формулы* печатаются или вписываются с соблюдением размеров прописных и строчных букв. Во избежание неясности прописные и строчные буквы, имеющие одинаковое начертание (с, k, j, p, u, v, w, x, y, ψ), следует подчеркнуть двумя черточками: прописные – снизу (S), а строчные – сверху (p). Необходимо тщательно вписывать такие буквы, как j («йот») и l («эль»). Греческие буквы обводятся кружком красного цвета. Знак суммы (Σ) красным не обводится. Название неясных букв желательно написать карандашом на полях (например, «эль», «кси», «дзета», «не эль», «и», «йот»).

*Математические символы*, которые набираются прямым, а не курсивным шрифтом, типа log, lim, max, min, sin, tg, Ri, Im, числа Релея (Re), Россби (Ro), Кибеля (Ki) и другие, а также химические символы, отмечаются снизу квадратной скобкой. Необходимо также дать расшифровку всех используемых в статье параметров, включая подстрочные и надстрочные индексы, а также всех аббревиатур (условные сокращения слов). Следует соблюдать единообразие терминов. Нумерация формул (только тех, на которые есть ссылка в тексте) дается в круглых скобках с правой стороны арабскими цифрами.

*В тексте цитированную литературу* приводить только цифрами в квадратных скобках. Список литературы должен быть представлен на отдельной странице и составлен в порядке упоминания источников в тексте в соответствии со следующими правилами описания. Журнальные публикации: фамилии и инициалы всех авторов, полное название статьи журнала, название журнала (в соответствии с рекомендованным ВИНТИ списком сокращений), год, том, выпуск (номер), страницы (первая и последняя). Книги: фамилии и инициалы всех авторов, полное название книги, инициалы и фамилии редакторов, город, год, страницы (если ссылка не на всю книгу) или число страниц в книге. Сборники: фамилия и инициалы авторов, полные названия статьи и сборника, первая и последние страницы. Если сборник содержит материалы конференций, необходимо указать их форму (труды, доклады, материалы) и название конференции. Диссертации: фамилия и инициалы автора, полное название диссертации, на соискание какой степени, каких наук, город, институт, в котором выполнена работа, год. Ссылки на авторефераты допускаются в исключительных случаях с указанием фамилии и инициалов автора, полного названия работы, места и года защиты, общего количества страниц. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Список литературы оформляется по нижеприведенным примерам (следует обратить особое внимание на знаки препинания):

1. Иванов И.И. Название статьи // Название журнала. 2005. Т.41. № 4. С. 18-26.

2. *Петров П.П.* Название книги. М.: Наука, 2007. Общее число страниц в книге (например, 180 с.) или конкретная страница (например, С. 75.).

3. *Казаков К.К.* Название диссертации: Дис. «...». канд. биол. наук. М.: Название института, 2002. 164 с.

4. *Мартынюк З. П.* Патент RU № 92963 на полезную модель "Фотограмметрическое средство измерений объемов круглых лесоматериалов при проведении погрузо-разгрузочных работ". Патенто-обладатель(и): Учреждение Российской академии наук Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

При наличии четырех авторов в списке литературы указываются все, а более четырех – только первые три, а далее пишется «и др.».

Для статей журналов, имеющих русскую и английскую версию, необходимо давать в списке литературы двойную ссылку (под одним номером), например:

1. *Иванов И.И., Петров П.П.* Название статьи // Название журнала. 2008. Т. 47. № 1. (8-18). *Ivanov I., Petrov P.* Article name // Magazine name. 2008. 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 коллегия не позднее, чем через 1 месяц. Корректуру принятой в печать статьи редакционная коллегия иногородним авторам рассылает по e-mail. Автор в течение 7-10 дней должен вернуть ее в редакционную коллегия или передать правку по указанному телефону или электронному адресу (e-mail) редакционной коллегии. В случае отклонения материала рукописи, приложения и дискета не возвращаются.

#### **Требования к электронной версии статьи**

При подготовке материалов для журнала с использованием компьютера рекомендуются следующие программы и форматы файлов.

**Текстовые редакторы:** Microsoft Word for Windows. Текст статьи набирается с соблюдением следующих правил:

- набирать текст без принудительных переносов;
- разрядки слов не допускаются;
- 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](mailto:journal@presidium.komisc.ru).**  
**[www.izvestia.komisc.ru](http://www.izvestia.komisc.ru)**

*Научный журнал*

**ИЗВЕСТИЯ**

Коми научного центра  
Уральского отделения  
Российской академии наук

**Вып. 4(16)**

Редактор Т.В.Цветкова  
Компьютерный дизайн и стилистика Р.А.Микушев  
Компьютерное макетирование Н.А.Сулейманова

Лицензия № 0047 от 10.01.1999.  
Подписано в печать 20.12.2013. Выход в свет 30.12.2013.  
Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Усл.-печ.л. 16,5. Уч.-изд.л. 16,25. Тираж 300. Заказ №44. Цена свободная.

---

Редакционно-издательский отдел  
Коми научного центра УрО РАН.  
167982, ГСП, г.Сыктывкар, ул.Первомайская, 48.

Адрес учредителя: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Коми научный центр УрО РАН,  
167982, ГСП-2, г.Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.