

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"  
ФАКУЛЬТЕТ АРКТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**  
МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
(Мурманск, 4–8 апреля 2016 г.)

Часть 1

Мурманск  
Издательство МГТУ  
2016

УДК 001: [5+62] (08)

ББК 20+3я431

Н 34

Редакционная коллегия:

*М. В. Васеха*, канд. техн. наук;

*С. В. Власова*, д-р филос. наук, доцент;

*М. А. Волков*, канд. физ.-матем. наук, доцент (ответственный за выпуск);

*С. Ю. Бурыченко*, заведующая кафедрой;

*Н. Е. Козлов*, д-р геол.-минерал. наук, профессор;

*В. С. Мальшев*, канд. техн. наук, доцент;

*О. А. Федорова*, канд. техн. наук, доцент

Н 34 Наука и образование в Арктическом регионе : мат. междунар. науч.-  
практ. конф., Мурманск, 4–8 апреля 2016 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Федер. гос.  
бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм.  
гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – 186 с. : ил.

ISBN 978-5-86185-916-5 (общ.)

ISBN 978-5-86185-917-2 (ч. 1)

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-  
практической конференции "Наука и образование в Арктическом регионе",  
которая состоялась 4–8 апреля 2016 г. в Мурманском государственном тех-  
ническом университете.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работ-  
ников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследо-  
вания по направлениям работы конференции.

УДК 001: [5+62] (08)

ББК 20+3я431

© Мурманский государственный  
технический университет, 2016

ISBN 978-5-86185-916-5 (общ.)

ISBN 978-5-86185-917-2 (ч. 1)

## СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АРКТИКЕ.....	6
Использование низкочастотной связи в аварийных ситуациях при выполнении подземных горных работ на Кольском полуострове.....	7
Бекетова Е. Б., Степанова А. В.	
Формирование структур электрического поля в авроральной полости.....	15
Волков М. А.	
Определение параметров ОНЧ волн по результатам трехкомпонентных наземных наблюдений .....	20
Никитенко А. С., Лебедь О. М., Федоренко Ю. В.	
Сеть синхронизированных с мировым временем регистраторов инфразвуковых атмосферных возмущений .....	27
Пильгаев С. В., Ларченко А. В., Филатов М. В., Федоренко Ю. В., Носков С. П.	
Исследование мелкомасштабных неоднородностей в F-области среднеширотной ионосферы .....	33
Романова Н. Ю.	
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	39
Дополнительное обучение сотрудников МДЦ: проблемы, возможные пути решения.....	40
Александрова Е. А., Романовская Ю. В.	
Научно-исследовательское творчество студентов технических специальностей как основа эффективного развития профессиональных компетенций .....	43
Баус С. С.	
Подготовка инженеров в области электроэнергетики и электротехники в европейских и российских вузах.....	48
Власова С. В.	
Реформирование инженерного образования в России и мире.....	55
Власова С. В.	
Геоинформатика, изъяны её в преподавании .....	62
Деймундт А. С.	

Опыт инновации в обучении по охране труда работников строительного предприятия .....	66
Кувшинов А. В., Кувшинов Д. А.	
Модернизация морского образования в России.....	73
Михайлюк А. В.	
Образование и научные журналы (по материалам журнала "Успехи физических наук").....	79
Никонов О. А., Шолохов В. С.	
О необходимости совершенствования инженерного образования .....	85
Пашеева Т. Ю., Баева Л. С.	
<b>ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ АРКТИКИ.....</b>	<b>91</b>
Палеопротерозойские месторождения и рудопроявления золота Финской Лапландии.....	92
Калинин А. А.	
Методы непараметрической статистики в геологии и устойчивость эволюционных трендов отличий объектов докембрия и фанерозоя.....	99
Мартынов Е. В., Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О., Марчук Т. С., Фомина Е. Н.	
Ультракремнистые риолиты в брекчиях Печенгского рудного поля .....	108
Скуфьин П. К.	
Проблема "Великого оледенения" Скандинавии .....	115
Чувардинский В. Г., Скуфьин П. К.	
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.....</b>	<b>122</b>
К вопросу о необходимости прохождения производственного контроля на предприятии.....	123
Барашев А. М., Широнова А. Ю.	
Интенсификация выделения биофлокулянтов из биомассы активного ила .....	128
Барашева Ю. М., Углова Н. В., Васильева Ж. В.	
Экологические проблемы освоения месторождений полезных ископаемых в Арктической зоне России .....	132
Баус С. С.	
Мультиагентная система поддержки принятия решений в сфере управления экологической безопасностью региона .....	137
Бокарева А. В., Маслобоев А. В.	
Особенности химического состава природных вод в зоне интенсивного воздействия выбросов Кольской ГМК (площадка Мончегорск).....	143
Евтюгина З. А., Копылова Ю. В.	
Пути обращения с твердыми коммунальными отходами в Карелии.....	150
Кирилкина А. А., Емельянова Е. Г.	
Проблемы проведения в инженерно-экологических изысканий при строительстве карьера по добыче полезных ископаемых .....	156
Кушнир Ю. В., Широнова А. Ю.	

Изучение свойств биофлокулянтов, выделенных из биомассы избыточного активного ила.....	160
Мошняцкая Е. Ю., Васильева Ж. В.	
Проблемы ликвидации аварийных разливов нефти в условиях арктических морей.....	165
Сальников А. В., Грибов Г. Г.	
Мультиагентная система поддержки принятия решений в сфере управления устойчивым развитием монопрофильных муниципальных образований региона....	170
Семакова Е. А., Маслобоев А. В., Малыгина С. Н.	
Обоснование целесообразности строительства полигона захоронения твердых коммунальных отходов для Карелии .....	174
Сирица А. А., Емельянова Е. Г.	
Обзор методик фитотестирования почв, почвенных вытяжек и загрязненных вод.....	180
Яшкина А. А.	

# **ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АРКТИКЕ**

## **Использование низкочастотной связи в аварийных ситуациях при выполнении подземных горных работ на Кольском полуострове**

**Бекетова Е. Б.<sup>1</sup>, Степанова А. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(г. Анапиты, КФ ФГБОУ ВПО "Петрозаводский государственный университет", кафедра физики горных процессов и геофизики, e-mail: elena.beketova@gmail.com);

<sup>2</sup>(г. Анапиты, КФ ФГБОУ ВПО "Петрозаводский государственный университет", кафедра физики горных процессов и геофизики)

**Аннотация.** Организация аварийной связи является важным фактором для повышения вероятности выживания попавших в беду горняков. В настоящей работе рассчитана вертикальная компонента индукции магнитного поля малогабаритного датчика на частотах 1–10 кГц для глубины 200 м – 2 км и более. Показана возможность увеличения дальности связи.

**Abstract.** Reliable and stable communications in emergency situations is an important factor for improving the probability of survival of miners caught in a disaster. In this paper we calculated the vertical component of the magnetic field of small-sized sensor for frequencies 1–10 kHz for a depth of 200 m – 2 km or more that may be used to establish a link with miners. The possibility of increasing the communication range is demonstrated.

**Ключевые слова:** средства связи на горных предприятиях, малогабаритный индукционный датчик магнитного поля, глубина проникновения магнитного поля в толщу горных пород, вертикальная составляющая напряженности вектора магнитного поля от вертикального магнитного диполя, несущая частота.

**Key words:** means of communication in mines, small induction magnetic field sensor, penetration depth of magnetic field in the rock, the vertical component of the magnetic field vector from a vertical magnetic dipole, the carrier frequency.

При подземных авариях в шахтах, которые сопровождаются обрушениями горных пород, очень часто возникает ситуация, когда подземный персонал шахты сосредотачивается в пределах изолированных участков выработок за завалами или попадает непосредственно в завалы пород. Организация аварийной связи, пусть даже односторонней, является важным фактором для повышения вероятности выживания попавших в беду горняков.

В настоящее время существуют средства поиска людей под завалами, но их работа значительно осложнена наличием горных пород на пути распространения радиоволн. Это приводит к значительным потерям энергии сигнала от передатчика. Поэтому дальность обнаружения объектов поиска существенно ограничена.

Для создания канала связи часто используют сверхнизкочастотные электромагнитные волны, которые обладают свойством проникать в проводящую среду, например, в проводящие породы разрабатываемых месторождений. В качестве антенны передатчика, как правило, используется заземленная на концах проводная линия, в разрыв которой подается модулированный тем или иным способом сигнал. Для передачи большого количества информации нужно повышать частоту сигнала, однако при этом уменьшается глубина проникновения сигнала вглубь. Приемником является измеритель низкочастотного поля – соленоид с сердечником из материала с высокой магнитной проницаемостью, причем чувствительность такого приемника прямо связана с его размерами. Очевидно, что чем меньше размер приемника, тем более он удобен в эксплуатации. Для оптимизации размеров приемника в сторону уменьшения необходимо учесть как глубину расположения шахтных выработок и величину проводимости горных пород, так и частоту сигнала, и параметры передающей системы.

Как следует из вышесказанного, если мощность передатчика и размеры его антенны заданы, оптимальная чувствительность приемника определяется частотой передаваемого сигнала, глубиной расположения шахты и проводимостью горных пород.

Наиболее распространенными средствами поиска и оповещения на горных предприятиях, функционально более развитыми и постоянно совершенствующимися, являются системы "СУБР-1" и "Радиус-2". Способ поиска людей, застигнутых аварией, основан на детектировании сверхнизкочастотного сигнала (СНЧ-сигнала, диапазон электромагнитных волн 30–300 Гц), излучаемого индивидуальным маяком, активизирующимся при подаче сигнала аварийного оповещения, небольшая дальность действия – 20–2 000 м. При этом, исходное (т. е. непосредственно перед аварией) местонахождение человека, застигнутого аварией, в шахте неизвестно (в лучшем случае, положение определяется с точностью до выработки). На практике горноспасатели лишь предположительно оценивают факт нахождения человека в определенных выработках [1].

Другие системы подземной радиосвязи, получившие распространение на горных предприятиях в последние годы, на основе излучающего кабеля и микросотовых технологий (DECT, WiFi) имеют значительно более широкие функциональные возможности и способны выполнять все функции аварийного оповещения, но наличие кабелей и аппаратуры в подземных выработках при аварии приведет, в первую очередь, к выходу их из строя, а значит к потере связи с горняками.

Хибинский горный массив привязан к крупной структуре Балтийского кристаллического щита, как и весь Кольский полуостров. Многолетняя интенсивная эксплуатация хибинских месторождений апатит-нефелиновых руд приводит к углублению горных работ и увеличению площади очистной выемки, что существенным образом влияет на исходное поле напряжений. Это создает предпосылки для формирования предельно напряженных участков массива пород и влечет за собой резкое ухудшение горнотехнической обстановки, что резко повышает требования к безопасному ведению горных работ.

Электрические характеристики горных пород являются основными параметрами, определяющими дальность передачи радиоволн. Из [2] известно, что удельное электрическое сопротивление  $\rho$  кристаллических горных пород, выходящих на дневную поверхность или залегающих близко к ней, находится в среднем в пределах  $2 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$  Ом·м.

В горных породах, даже содержащих магнетит, относительная магнитная проницаемость  $\mu_r$  обычно не превышает 10. В дальнейшем везде будем пренебрегать намагниченностью пород и полагать  $\mu_r = 1$ . Отметим, что в некоторых ситуациях, возникающих в практической геоэлектрике,  $\mu_r$  может существенно зависеть от частоты приложенного поля.

Сотрудниками Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Научно-исследовательский радиофизический институт" [4] разработан малогабаритный индукционный датчик магнитного поля (МД) для диапазонов крайне низких – очень низких частот. Так как датчик создает собственный шум, то необходимо найти такую частоту, чтобы собственные шумы датчика не искажали полезный сигнал. Расчетные величины спектральной плотности собственных шумов датчика МД приведены на рис. 1.

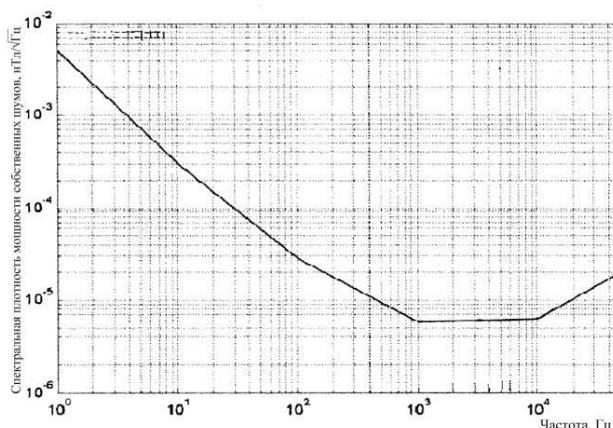


Рисунок 1 – Собственные шумы датчика МД

Спектральную плотность мощности собственных шумов датчика в диапазоне частот 1–10 кГц составляет  $5 \text{ фТл}/\sqrt{\text{Гц}}$ . Предполагаем, что только шумы датчика ограничивают его способность принимать слабые сигналы на глубине, а вклад других источников шума незначителен.

Вследствие того, что линейные размеры рамочной антенны пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием от генератора до приемника, источник электромагнитного поля можно представить как вертикальный магнитный диполь с соответствующим дипольным моментом  $M$

$$M = I \cdot N \cdot S,$$

где  $I$  – сила тока в петле, А;

$S$  – площадь витков рамочной антенны,  $\text{м}^2$ ;

$N$  – число витков антенны.

Для оценки глубины  $z$  проникновения магнитного поля в толщу горных пород рассчитаем вертикальную составляющую напряженности магнитного поля  $H_{0z}$  [3, 5]:

$$H_{0z} = -k^2 A_z + \frac{\partial^2 A_z}{\partial z^2}, \quad k = \sqrt{-i\omega\mu\sigma}, \quad (1)$$

где  $A_z$  – магнитный вектор-потенциал диполя, А·м [3,5];

$k$  – волновое число, рад/м;

$\omega$  – круговая частота генерируемого поля, рад/с;

$\mu$  – магнитная проницаемость, Гн/м;

$\sigma$  – удельная электропроводность (электропроводность) среды, См/м.

Магнитный вектор-потенциал  $A_z$  для случая  $0 < z < h$  (начало координат совпадает с местоположением диполя, ось  $Z$  направлена вверх) выражается формулой:

$$A_z = \frac{M}{4\pi_0} \int_0^\infty \frac{\lambda}{p_1} \left( e^{-p_1 z} + \frac{p_1 - p_0}{p_1 + p_0} e^{-2p_1 h - p_1 z} \right) J_0(\lambda r) dr, \quad (2)$$
$$p_{0,1} = \sqrt{\lambda^2 + k_{0,1}^2}.$$

где  $k_0$  и  $k_1$  – волновые числа для верхнего и нижнего полупространств, соответственно;

$r$  – расстояние по горизонтали от источника до точки наблюдения;

$J_0$  – функция Бесселя первого рода;

$\lambda$  – переменная интегрирования.

Уравнение (1) решалось численно с учетом (2).

Для установления аварийной связи с горняками, находящимися под завалом, машина с портативным генератором выезжает к предполагаемому месту аварии и разворачивает кольцевую антенну (рис.2), которая содержит 10 витков провода. Пусть генератор создает ток 20 А в кольцевой магнитной антенне диаметром 10 м. Горняки имеют приемник с датчиком МД, принимающим кодовый сигнал. Антенна и генератор с близкими параметрами применялись в исследованиях, описанных в [5].

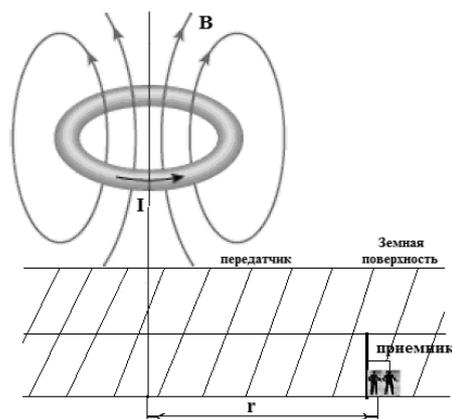


Рисунок 2 – Схема установления аварийной связи с горняками

$B$  – силовые линии индукции магнитного поля;  $I$  – сила тока;

$r$  – горизонтальное расстояние от центра кольцевой антенны до предполагаемого места аварии; стрелками показаны направления вектора индукции и тока

Из рисунка 2 следует, что под антенной передатчика вертикальная компонента вектора магнитной индукции  $B_z$  максимальна, ее определяем по формуле:

$$B_z = \mu_0 \cdot H_{0z},$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  – магнитная постоянная, Гн/м.

Амплитуды  $H_{0z}$  для набора частот генерации электромагнитных волн вычислялись для следующих значений параметров: глубина приема  $z$  изменялась от 200 м до 2 000 м, удаление приемника от передатчика по горизонтали  $r$  – от 0 до 1 000 м, электропроводность  $\sigma$  скальной горной породы, характерная для Кольского полуострова, изменялась от  $10^{-5}$  См/м до  $10^{-3}$  См/м.

На рисунке 3 (а–м) приведены результаты расчетов индукции вертикального магнитного поля в зависимости от глубины для частот  $f_0 = 1,2,5$  и 10 кГц, а также уровень собственных шумов датчика в полосе в 1/10 от величины несущей частоты  $f_0$ .

Жирные линии 1, 2, 3, 4 – индукции магнитного поля  $B_z$  под антенной передатчика в зависимости от глубины  $z$  в горной породе типичной для Кольского полуострова на несущих частотах 1 кГц, 2 кГц, 5 кГц и 10 кГц. Тонкими горизонтальными линиями 1, 2, 3, 4 показаны уровни собственных шумов приемника низкочастотного поля на этих частотах в полосе 1/10 от величины несущей частоты.

Из рисунка 3, б следует, что уровень сигнала 1 на частоте 1 кГц превышает уровень собственных шумов приемника во всем диапазоне возможных глубин и, следовательно, может быть использован для передачи сигналов в область аварии на любую глубину. Ширина полосы передаваемого сигнала на этой частоте при принятых ранее предположениях составит 100 Гц. Передать речевой сигнал в такой полосе невозможно, поэтому сообщения должны передаваться кодовыми посылками. На частоте несущей (прямая 4) 10 кГц, где уже возможно передать речевой сигнал в полосе 1 кГц, максимальная глубина приема (жирная линия 4) не превышает 1 600 м. Таким образом, если известна глубина аварийного участка, использование результатов расчетов индукции магнитного поля  $B_z$  дает возможность выбора оптимальной несущей частоты передатчика, исходя из компромисса между глубиной проникновения магнитного поля и его частотой. Как следствие, при этом может быть достигнута максимальная скорость передачи сигналов в конкретной аварийной ситуации.

На горизонтальном расстоянии  $r = 500$  м (рис. 3, ж, з, и) от антенны передатчика нормальная компонента индукции магнитного поля  $B_z$  изменяет знак при увеличении глубины (это ясно видно при рассмотрении картины силовых линий на рис. 3, з), что приводит к уменьшению поля на малых глубинах по сравнению с полем при  $r = 0$  м. На глубинах (в данном случае при  $z > 800$  м) поведение  $B_z$  как функции глубины слабо отличается от поведения  $B_z(z)$  при  $r = 0$  м.

На расстоянии  $r = 1\ 000$  м (рис. 3, к, л, м) по горизонтали от передатчика прием нормальной компоненты индукции магнитного поля  $B_z$  не является оптимальным, скорее всего лучше принимать горизонтальную компоненту поля или ориентировать датчик вдоль предполагаемого направления магнитных силовых линий. Анализ этой ситуации выходит за рамки настоящей работы, так как требует проведения дополнительных расчетов.

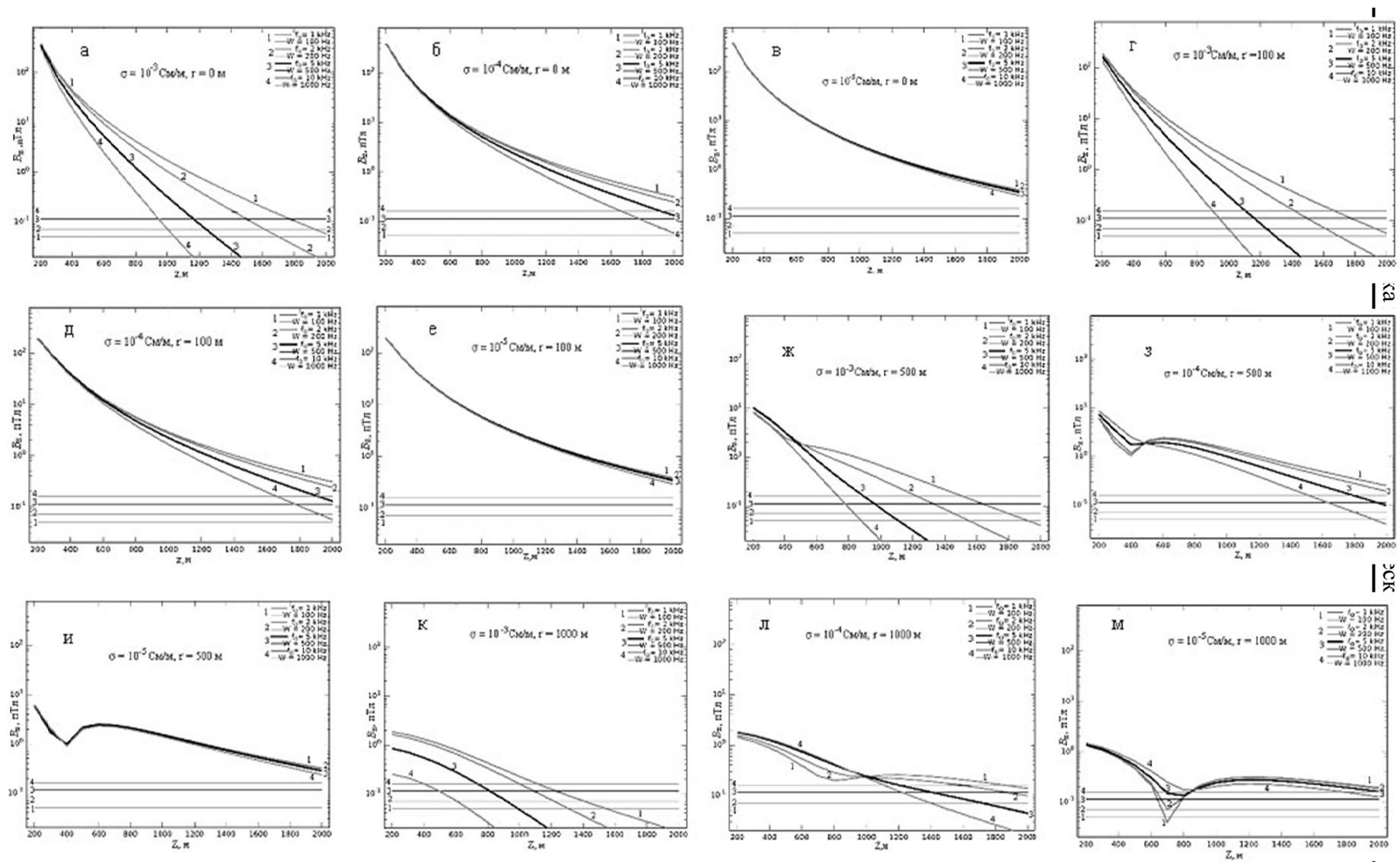


Рисунок 3 – Результаты расчета индукции вертикального магнитного поля в зависимости от глубины в горной породе

### **Библиографический список**

1. Ваганов, В. С. Многофункциональные системы безопасности, применяемые при производстве горных работ URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/prombez/6930-mnogofunktsionalnye-sistemy-bezopasnosti-primenyaemye-pri-proizvodstve-gornyx-rabot> (дата обращения: 23.03.2016).
2. Жамалетдинов, А. А. Оценка электропроводности литосферы по данным лабораторных исследований и результатам глубинных зондирований с МГД-генератором // Геофизические исследования литосферы Европейского севера СССР. – Апатиты, 1989. – С 22–35.
3. Заборовский, А. И. Переменные электромагнитные поля в электро-разведке. – М. : МГУ, 1960. – 183 с.
4. Поляков, С. В., Резников Б. И., Шлюгаев Ю. В. [и др.]. Линейка индукционных датчиков магнитного поля для геофизических исследований // препр. ФГБНУ НИРФИ. – Нижний Новгород, 2013. – 48 с.
5. Терещенко, Е. Д., Любич В. А., Миличенко А. Н., Пильгаев С. В. Использование электромагнитных волн экстремально низкочастотного диапазона для аварийной связи в шахтах // Вестн. КНЦ РАН. – 2013. – № 1(12) – С. 36–42.

## Формирование структур электрического поля в авроральной полости

**Волков М. А.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: volkovma@mstu.edu.ru)

**Аннотация.** Изучается распространение "инерционной" альвеновской волны в авроральной полости. Получены уравнения, описывающие распространение волн. Из анализа которых определены продольные и поперечные (вдоль и поперек магнитного поля Земли) масштабы волновых структур.

**Abstract.** The propagation of the "inertia" waves in the auroral cavities was studied. The equations description of the waves propagation were determined. From the analysis of these equations the longitudinal and transverse (along and across magnetic field of the Earth) scales wave structures were obtained.

**Ключевые слова:** альвеновская волна, магнитосфера, ионосфера.

**Key words:** alfvén waves, magnetosphere, ionosphere.

**Введение.** В работе получено уравнение для "инерционной" альвеновской волны в неоднородной магнитосферной холодной плазме. Эти волны играют важную роль в механизме формирования авроральных структур [1]. "Инерционная" альвеновская волна имеет компоненту электрического поля, направленную вдоль магнитного поля Земли и поперечную компоненту электрического поля. Продольная компонента электрического поля может ускорять магнитосферные электроны, которые затем высыпаются в ионосферу. Ускорение электронов происходит на высотах нескольких радиусов Земли, где концентрация магнитосферных частиц резко падает и величина продольного поля в волне становится заметной. Такое резкое уменьшение концентрации наблюдается над авроральным овалом в вечерние и полуночные часы. Данная область в магнитосфере называется авроральной полостью. Концентрация плазмы в этой области изменяется не только с высотой, но и с широтой, поперек авроральной области. Уравнение распространения "инерционной" альвеновской волны рассматривается для случая поперечно неоднородной концентрации магнитосферной плазмы.

**2. Описание ионосферы.** Ионосферу будем считать тонким (в сравнении с продольной длиной "инерционной" волны) проводящим слоем с интегральными проводимостями Педерсена и Холла  $\Sigma_{p, h}$ . Используем прямоуголь-

ную систему координат, ось  $y$  направим на запад ось  $x$  к югу, ось  $z$  – вниз, вдоль магнитного поля (Северное полушарие). Будем рассматривать двумерные возмущения, зависящие от  $x$  и  $z$ , т. е.  $\partial/\partial y = 0$ . Граничное условие для волны в ионосфере получается из уравнений непрерывности для тока и заряженных ионосферных частиц [2], в данной работе рассматриваться не будет.

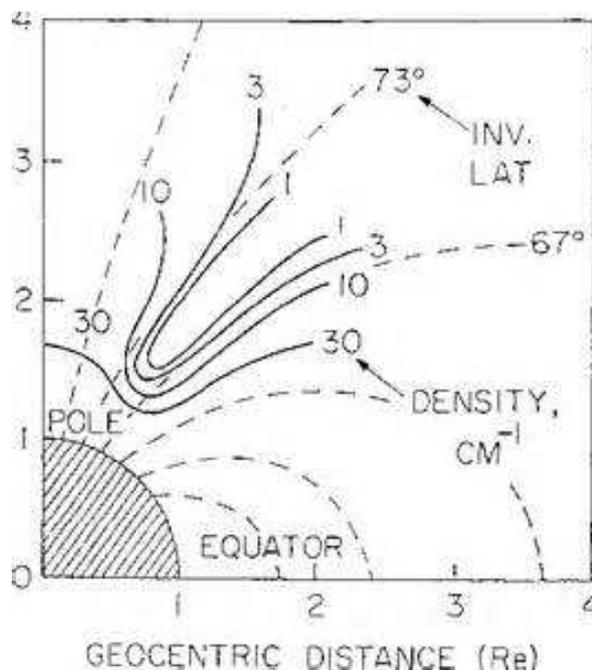


Рисунок 1 – Авроральная полость. Density – концентрация электронов в  $\text{см}^3$ , LAT-магнитная широта, DISTANCE – расстояние от центра Земли в радиусах Земли  $R_E$ .

### 3. Описание магнитосферы.

Будем считать, что магнитосферная плазма состоит из холодных ионов и электронов. Электроны переносят ток вдоль магнитных силовых линий. Возмущением концентрации плазмы пренебрегаем. Будем считать, что концентрация магнитосферной плазмы однородна по высоте и меняется только поперек магнитного поля в направлении  $x$ . Продольное электрическое поле  $E_z$  определяется из уравнения движения электронов вдоль магнитного поля, полагая магнитный момент электронов равным нулю:

$$m_e \partial v / \partial t = -e E_z, \quad (1)$$

где  $e$  – заряд электрона,  $m_e$  – масса электрона,  $v$  – возмущение скорости электронов. Уравнение (1) лучше переписать в другой форме:

$$m_e \partial (j_z / n) / \partial t = e^2 E_z, \quad (2)$$

где  $j_z$  – плотность продольного тока,  $n$  – концентрация магнитосферной плазмы. Единственной поперечной компонентой возмущенного электрического поля является  $E_x$ , магнитного –  $H_y$ . Холодные ионы переносят ток поляризации поперек магнитного поля. Из уравнения движения для холодной плазмы в магнитном поле в системе координат, движущейся вместе с плазмой, получаем выражение для поляризационного тока в альвеновской волне:

$$j_x = 1/(\mu_0 v_a^2) \partial E_x / \partial t, \quad (3)$$

где  $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума,  $v_a^2 = \rho \mu_0 / B^2$  – квадрат альвеновской скорости,  $\rho(x)$  – плотность плазмы,  $B$  – индукция магнитного поля в магнитосфере.

Из уравнений Максвелла:

$$-\partial E_z / \partial x + \partial E_x / \partial z = -\mu_0 \partial H_y / \partial t, \quad \partial H_y / \partial z = -j_x, \quad \partial H_y / \partial x = j_z,$$

и уравнения непрерывности для тока  $\partial j_z / \partial z = -\partial j_x / \partial x$  и (1–3) получим уравнение для  $H_y$ :

$$\partial H_y / \partial t^2 = \partial (v_a^2 \partial H_y / \partial z) / \partial z + \partial (m_e / (e^2 \mu_0 n(x)) \partial (\partial^2 H_y / \partial t^2) / \partial x) / \partial x, \quad (4)$$

где  $n(x)$  – концентрация плазмы. Магнитные силовые линии считаем прямыми, но расходящимися, индукция магнитного поля изменяется с расстоянием  $r$  от центра Земли по закону:  $B = B_0 (r_3 / r)^3$ ,  $r_3$  – радиус Земли. Концентрация магнитосферной плазмы (протоны)  $n = n_0 (1 - 0.5 \exp(-(x - x_0) / L_x))^2$ ,  $n_0$  – концентрация в магнитосфере,  $n_0 = 2 \cdot 10^6$  1/м<sup>3</sup>.  $L_x$  – ширина авроральной полости, на уровне ионосферы  $L_x = 400$  км,  $x_0 = 200$  км.

**4. Решение волнового уравнения.** Будем рассматривать периодические по времени решения. В этом случае  $\partial / \partial t$  заменяем на  $i\omega$ . Далее используем метод разделения переменных  $H_y = X(x)Z(z)$ . В результате получаются два дифференциальных уравнения с одной переменной:

$$\partial^2 Z / \partial z^2 + k_z^2 Z = 0; \quad (5)$$

$$\partial (\omega^2 / \omega_p^2 \partial X / \partial x) / \partial x + ((v_a^2 k_z^2 - \omega^2) / c^2) X = 0, \quad (6)$$

где  $\omega_p^2 = e^2 \mu_0 n(x) / \epsilon_0 m_e$  – плазменная частота,  $c$  – скорость света,  $k_z$  – некоторая константа, которую можно рассматривать как продольное волновое число. Решение первого уравнения имеет вид:

$$Z = C_1 \exp(ik_z z) + C_2 \exp(-ik_z z), \quad (7)$$

где  $C_{1,2}$  – некоторые константы, определяемые из граничных условий.

Решение второго уравнения будем искать в следующем приближении, пусть характерный масштаб изменения  $X$  много меньше поперечных размеров авроральной полости, тогда уравнение принимает следующий вид:

$$\partial^2 X / \partial x^2 + (\omega_i \omega_e k_z^2 / \omega^2 - \omega_p^2 / c^2) X = 0, \quad (8)$$

где  $\omega_{i,e}$  – гирочастота протонов и электронов соответственно. Решение этого уравнения имеет волновой вид в области, где множитель перед  $X$  больше нуля. Вне этой области значение  $X$  экспоненциально спадает до нуля. Точки, где этот множитель обращается в ноль, можно назвать точками поворота. Вблизи точек поворота данное уравнение можно аппроксимировать уравнением Эйри и оценить характерный поперечный пространственный масштаб структур магнитного и электрического полей.

**5. Оценка пространственных масштабов структур электрического поля.** Сначала оценим продольные масштабы электрического поля, т. е.  $k_z^{-1}$ . Наибольшее значение  $k_z^{-1}$  определяется расстоянием от ионосферы до экваториальной области в магнитосфере и может быть принято равным  $10 R_E$  (в радиусах Земли).

Для оценки поперечного масштаба рассмотрим уравнение вблизи точки поворота, когда множитель при  $X$  обращается в ноль. Пусть координата одной из точек поворота  $x_1$ , разложим  $\omega_p^2$  в окрестности  $x_1$ , сохранив члены разложения до первого порядка  $(x-x_1)$  включительно. Корень квадратный из множителя при  $(x-x_1)$  будет равен величине обратной поперечному масштабу структур электрического и магнитного полей:

$$\Delta_x = (c/\omega_p(x_1))(L_x / |x_1 - x_0|)^{1/2},$$

если принять  $L_x / |x_1 - x_0| = 2$ ,  $n(x_1) = 1.5 \cdot 10^6$   $1/M^3$ , получим  $\Delta_x = 6$  км. Следует отметить, что на ионосферном уровне из-за сходимости магнитных силовых линий поперечные масштабы будут меньше. Нижняя граница авроральной полости находится на расстоянии  $2R_E$ , тогда на ионосферном уровне  $\Delta_x \approx 2$  км.

Далее найдем характерные временные изменения полей  $\tau$ . Множитель при  $X$  обращается в ноль при условии:

$$\omega = (\omega_i \omega_e / \omega_p^2)^{1/2} k_z c,$$

если принять  $k_z^{-1} = 2\pi/(10R_E)$ ,  $\omega = 4\pi c^{-1}$  или  $\tau = 0.5$  с.

**5. Выводы.** Получены дифференциальные уравнения, описывающие распространение "инерционной" альвеновской волны с учетом поперечной

неоднородности холодной магнитосферной плазмы в условиях авроральной полости.

Из анализа полученных уравнений, определены продольные и поперечные масштабы структур электрического и магнитного полей в "инерционной" альвеновской волне. Поперечные масштабы в пересчете на ионосферный уровень получились порядка одного километра.

Существуют точки поворота "инерционной" альвеновской волны на краях авроральной полости, т. е. возможно существование резонанса, если характерные времена изменений в волне порядка одной секунды.

### **Библиографический список**

1. Волков, М. А. Авроральная турбулентность ионосферной конвекции / Вестн. МГТУ. – Т. 19. – № 1/2. – 2016. – С. 222–226.
2. Волков, М. А. Расчет потока электромагнитной энергии над дугой сияния / Вестн. МГТУ. – Т. 17. – № 1. – 2014. – С. 199–203.

## Определение параметров ОНЧ волн по результатам трехкомпонентных наземных наблюдений

**Никитенко А. С., Лебедь О. М., Федоренко Ю. В.** (*г. Анапиты, Полярный Геофизический Институт, e-mail: alex.nikitenko91@gmail.com*)

**Аннотация.** Предложен алгоритм определения параметров поля электромагнитной волны в диапазоне 100–1 800 Гц по данным наземной регистрации. Алгоритм основан на методах нелинейной оптимизации и подавлении шума волновода Земля-ионосфера в сигналах СНЧ/ОНЧ регистраторов. Определены параметры ЭМ волн, зарегистрированных в обсерватории Ловозеро во время нагревного эксперимента в Тромсе (Норвегия) 26 октября 2014 г. При ожидаемом азимутальном угле волновой нормали в  $113^\circ$ , определяемому по известному положению источника над нагревным стендом, его измеренные значения в пяти сеансах составили 119, 115, 107, 110 и 101 градус, а при ожидаемом угле падения  $86^\circ$  получены значения 87, 86, 87, 86 и 81 градус, что вполне приемлемо при интерпретации результатов измерений естественных ОНЧ сигналов.

**Abstract.** An algorithm for determining the parameters of the electromagnetic incident wave in the frequency range of 100–1800 Hz is proposed. It is based on the nonlinear optimization and Earth-ionosphere waveguide noise reduction. The parameters of EM waves recorded at the observatory Lovozero during heating experiment in Tromso (Norway) on October 26, 2014 are estimated. Measured azimuth of the source was amounted to 119, 115, 107, 110 and 101 degrees, while true angle was of  $113^\circ$ . The expected angle of incidence of  $86^\circ$  was measured as 87, 86, 87, 86 and 81 degrees, which is quite acceptable for arrival angles estimation of natural VLF signals.

**Ключевые слова:** ОНЧ излучения, электромагнитный волны, нагревной эксперимент.

**Key words:** VLF radiation, electromagnetic waves, heating experiments.

**Введение.** На ранних этапах исследования ОНЧ эмиссий, зарегистрированных на поверхности земли, большой интерес представлял вопрос о местоположении их области выхода из нижней ионосферы, а также изучение эффектов, связанных с распространением и преобразованием ОНЧ излучений при переходе из магнитосферной и ионосферной плазмы в волновод Земля-ионосфера. Во многих случаях локализация области выхода ОНЧ излучений в волновод сводится к определению угла падения и азимутального угла прихода волны.

Все существующие методы определения параметров регистрируемых электромагнитных ОНЧ волн по данным наземных измерений были разработаны еще во второй половине прошлого века. Наиболее простой метод определения азимутального угла прихода ОНЧ-волн был реализован с по-

мощью вращающейся вертикальной рамочной антенны – гониометра [1]. Наиболее точный результат измерения азимутального угла получался, если магнитное поле было линейно поляризовано и угол падения был близок к  $90^\circ$ . Изменение поляризации и уменьшение угла падения волны вело к увеличению ошибки, к тому же с помощью гониометра невозможно определить угол падения электромагнитной волны. Метод [2] основан на расчете вектора Пойтинга и предназначен для определения направления распространения эллиптически поляризованных волн. Для его осуществления необходимо регистрировать две горизонтальных компоненты магнитного поля и вертикальную компоненту электрического поля. Наилучшие результаты определения азимутального угла прихода волн данный метод дает в случае, когда область выхода ОНЧ излучений расположена вблизи точки наблюдения. Зенитный угол, напротив, можно рассчитать лишь если область выхода находится вдали от точки наблюдения. Метод, разработанный в токийском университете [3], позволяет определять компоненты вектора волновой нормали эллиптически поляризованной ОНЧ волны. Используя простые математические соотношения между компонентами полей, регистрируемых на поверхности земли, в данном методе было устранено влияние на результаты расчетов существования ТЕ моды в регистрируемом сигнале.

Из вышесказанного следует, что точность вышеперечисленных методов сильно зависит от характеристик регистрируемых волн. Помимо этого методы дают точные результаты, если уровень мощности регистрируемых компонентов поля много больше уровня шума волновода Земля-ионосфера. Это условие не всегда выполняется. Уровень регистрируемого естественного шума зависит в основном от расположения регистратора ОНЧ излучений. Попытки определения других параметров регистрируемых волн не либо не принимались, либо не увенчались успехом. В данной работе описан способ определения сразу всех параметров падающей в точку наблюдения электромагнитной волны – амплитуд ТЕ и ТМ мод, азимутального и зенитного углов и сдвига фаз между ТЕ и ТМ модами падающей в точку наблюдения плоской электромагнитной ОНЧ волны по результатам регистрации трех компонент поля – вертикальной электрической и двух горизонтальных магнитных. В основе способа лежит вычисление этих параметров волны методами оптимизации. Для увеличения соотношения сигнал/шум, и, следовательно, повышения точности результатов, применяется удаление "подстилающего" естественного шума волновода Земля-ионосфера с использованием свойств матрицы поляризации.

**Расчет параметров.** Для представления компонент поля СНЧ/ОНЧ диапазонов в точке наземной регистрации наиболее часто применяется модель плоской монохроматической волны, падающей из ионосферы на бесконечно проводящую плоскость, представляющую земную поверхность. Эта модель является упрощенной, так как верхняя стенка волновода Земля-ионосфера может направлять волны, отразившиеся от земной поверхности, обратно к ней, нарушая тем самым предположение о единственности падающей плоской волны. Коэффициенты отражения правополяризованных и левополяризованных волн от анизотропной ионосферы значительно различаются, особенно в ночных условиях, что делает учет отражений от ионосферы особенно сложным. Однако, если частота волны  $f$  не превышает критическую частоту волновода Земля-ионосфера  $f_c$ ,  $f_c = c/2h_{eff}$ ,  $c$  – скорость света в вакууме,  $h_{eff}$  – эффективная высота ионосферы,  $h_{eff} \approx 80$  км, то к точке регистрации может прийти только волна, прошедшая через ионосферу. Поэтому далее мы ограничимся диапазоном частот ниже  $f_c \approx 1.8$  кГц и будем считать, что модель плоской волны хорошо описывает поле у земной поверхности в этом диапазоне частот.

Запишем выражения для компонент поля в декартовой системе координат с началом  $O$  в точке наблюдения, осью  $X$ , направленной на Север,  $Y$  – на юг,  $Z$  – вниз и плоскостью  $XOY$ , совпадающей с земной поверхностью:

$$\begin{aligned} H_x &= (E_{TM}\sin\varphi + E_{TE}e^{i\alpha}\cos\theta\cos\varphi)e^{i\omega t} \\ H_y &= (-E_{TM}\cos\varphi + E_{TE}e^{i\alpha}\cos\theta\sin\varphi)e^{i\omega t} \\ E_z &= -E_{TM}\sin\theta e^{i\omega t} \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $i = \sqrt{-1}$ ,  $\omega$  – угловая частота волны,  $\alpha$  – сдвиг фаз между ТЕ и ТМ волнами,  $\varphi$  – азимутальный угол волновой нормали падающей волны,  $\theta$  – угол между волновой нормалью падающей волны и направлением оси  $Z$ ,  $E_{TM}$  и  $E_{TE}$  – удвоенные амплитуды ТМ и ТЕ волн, соответственно,  $H_x$ ,  $H_y$  и  $E_z$  – проекции на оси координат векторов электрического и магнитного поля суперпозиции падающей и отраженной от земной поверхности волн. Вектор магнитного поля ТЕ волны лежит в плоскости падения, а у ТМ волны он перпендикулярен плоскости падения.

Для расчета параметров волны по данным регистрации  $H_x$ ,  $H_y$  и  $E_z$  в одной точке основной интерес представляют связи между компонентами, т. е.

поляризация электромагнитного поля. Считая, что параметры  $\theta$ ,  $\varphi$  и  $\alpha$  изменяются значительно медленнее  $e^{i\omega t}$ , в первом приближении можно вообще пренебречь этими изменениями, описывая поляризацию средними значениями попарных произведений измеренных компонент, взятых в один и тот же момент времени [4]. Матрица поляризации, составленная из них:

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \langle H_x H_x^* \rangle & \langle H_x H_y^* \rangle & \langle H_x E_z^* \rangle \\ \langle H_y H_x^* \rangle & \langle H_y H_y^* \rangle & \langle H_y E_z^* \rangle \\ \langle E_z H_x^* \rangle & \langle E_z H_y^* \rangle & \langle E_z E_z^* \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{12}^* & J_{22} & J_{23} \\ J_{13}^* & J_{23}^* & J_{33} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Как легко видеть, эта матрица эрмитова,  $J_{12} = J_{21}^*$ , и содержит 9 вещественных величин, представляющих результат измерения компонент. Присоединяя строки матрицы друг к другу и оставляя элементы верхнего треугольника, запишем результат измерения в виде вектора

$$\mathbf{r} = [J_{11} \operatorname{Re} J_{12} \operatorname{Im} J_{12} \operatorname{Re} J_{13} \operatorname{Im} J_{13} J_{22} \operatorname{Re} J_{23} \operatorname{Im} J_{23} J_{33}]^T.$$

Вектор таких же элементов, полученный из модели

$$\mathbf{m} = [m_{11} \operatorname{Re} m_{12} \operatorname{Im} m_{12} \operatorname{Re} m_{13} \operatorname{Im} m_{13} m_{22} \operatorname{Im} m_{23} \operatorname{Re} m_{23} m_{33}]^T. \quad (3)$$

Здесь

$$\begin{aligned} m_1 &= E_{\text{TM}}^2 \sin^2 \varphi + E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \cos \alpha \sin 2\varphi \cos \theta + E_{\text{TE}}^2 \cos^2 \varphi \cos^2 \theta \\ m_2 &= -\frac{1}{2} E_{\text{TM}}^2 \sin 2\varphi + E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \cos \alpha \cos 2\varphi \cos \theta + \frac{1}{2} E_{\text{TE}}^2 \sin 2\varphi \cos^2 \theta \\ m_3 &= -E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \sin \alpha \cos \theta \\ m_4 &= -E_{\text{TM}}^2 \sin \varphi \sin \theta - \frac{1}{2} E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \cos \alpha \cos \varphi \sin 2\theta \\ m_5 &= \frac{1}{2} E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \sin \alpha \cos \varphi \sin 2\theta \\ m_6 &= E_{\text{TM}}^2 \cos^2 \varphi - E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \cos \alpha \sin 2\varphi \cos \theta + E_{\text{TE}}^2 \sin^2 \varphi \cos^2 \theta \\ m_7 &= E_{\text{TM}}^2 \cos \varphi \sin \theta - \frac{1}{2} E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \cos \alpha \sin \varphi \sin 2\theta \\ m_8 &= -\frac{1}{2} E_{\text{TE}} E_{\text{TM}} \sin \alpha \sin \varphi \sin 2\theta \\ m_9 &= E_{\text{TM}}^2 \sin^2 \theta. \end{aligned} \quad (4)$$

### Поиск минимума целевой функции метода наименьших квадратов

$$\Phi(E_{TM}, E_{TE}, \theta, \varphi, \alpha) = \sum_{i=1}^9 (r_i - m_i)^2 \quad (5)$$

выполнялся одним из методов нелинейной оптимизации из пакета NLOPT [5]. Наилучшие результаты показал симплекс-метод Нелдера – Мида [6].

При практическом применении описанного выше алгоритма определения параметров падающей в точку наблюдения плоской волны важную роль играет выбор начального приближения вектора аргументов целевой функции. При произвольном его выборе алгоритм [6] часто попадает в локальный минимум, что не позволяет получить значения параметров волны даже при отсутствии шума. Рассмотрим несколько величин, образованных из элементов (4), помогающих при выборе начального приближения.

Как показали испытания, сходимость алгоритма оптимизации к глобальному минимуму (5) слабо зависит от выбора начальных значений и, которые могут быть выбраны заведомо большими истинных значений. Начальное приближение угла падения осуществлялось как, выбор начального приближения азимутального угла зависел от значения. Если оказывалось мало, например, то азимутальный угол не вычислялся и приходящая волна считалась падающей сверху. При определялось не приближенное, а точное значение направление волновой нормали, причем знак определялся по знаку. При больших значениях вычислялось приближенное значение. Параметр принимался равным, причем знак выбирался по знаку .

**Устранение шума.** Поляризационная матрица (2) аддитивной смеси сигнала и некоррелированного с ним шума есть сумма матриц сигнала и шума [4], что может быть использовано для подавления шума, если известны статистические характеристики последнего. Эти характеристики шума волновода Земля-ионосфера изменяются в течение суток. Положим, что смена происходит достаточно плавно, поэтому будем считать шум стационарным на коротких временных интервалах длительностью порядка 10 минут. Пользуясь принципом суперпозиции, представим регистрируемое поле как сумму полезного магнитосферного сигнала и шума волновода. Основываясь на предположении, что природа возникновения сигнала и шума различна, будем считать их статистически независимыми. Тогда, выбирая записи только с шумом и подбирая интервалы усреднения, вычислим элементы матрицы и вычтем их из матрицы, в которой присутствует сигнал.

В качестве примера рассмотрим ОНЧ эмиссии, зарегистрированные в обс. Ловозеро 23 декабря 2014 г. в 2 300–2 310 UT. На рисунке 1 слева показана интенсивность электромагнитного поля. Считаем, что в промежуток времени (2 300–2 304 UT) регистратор фиксирует шум волновода Земля-ионосфера. Рассчитаем поляризационную матрицу шума. Составим поляризационную матрицу для всей записи целиком и вычтем из получившейся матрицы рассчитанную матрицу шума. На рисунке 1 справа представлена интенсивность электромагнитного поля после подавления шума волновода Земля-ионосфера. Видно, что четкость спектральных элементов значительно возросла, что показывает эффективность применения предложенного метода подавления шумов.

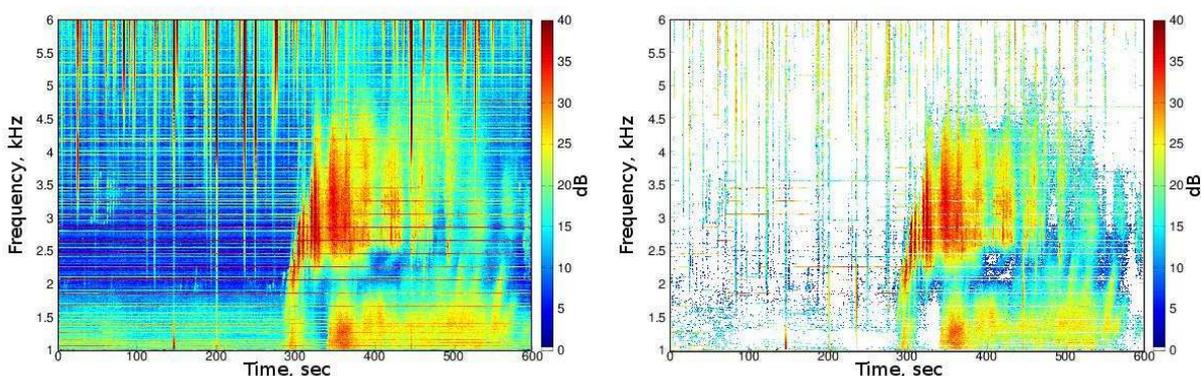


Рисунок 1 – Интенсивность ОНЧ излучений, зарегистрированных в обсерватории Ловозеро 23 декабря 2014 г. в 23:00 – 23:10 UT. Слева – смесь магнитосферного сигнала и шума волновода Земля-ионосфера, справа – шум подавлен

Для проверки работы предложенного метода были использованы зарегистрированные в обс. Ловозеро сигналы ионосферного источника с частотой 1 кГц, образованного в результате воздействия мощной КВ-волны стенда EISCAT/heating в Тромсе (Норвегия) 26 октября 2014 г. Получено, что при ожидаемом азимутальном угле волновой нормали, определяемой по известному положению источника над нагревным стендом в 113 измеренные значения в пяти сеансах составили 119, 115, 107, 110 и 101 градус, что приемлемо при интерпретации результатов измерений естественных ОНЧ сигналов. При ожидаемом угле падения 86 получены значения 87, 86, 87, 86 и 81 градус, что также доказывает правильность работы предложенного метода оценки параметров плоской волны по данным трехкомпонентных измерений у земной поверхности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-35-00293.

### **Библиографический список**

1. Watts, J. M., Direction findings on whistlers, *Journal of Geophysical Research*. 64, 2029, 1959.
2. Leavitt, M. K., A frequency-tracking direction finder for whistlers and other very low frequency signals, *Tech. Rep. 3456-2, Radioscience test Lab., Stanford Univ., Stanford, Calif., 1975.*
3. Tsuruda, K., and K. Hayashi, Direction finding technique for elliptically polarized VLF electromagnetic waves and its application to the low-latitude whistlers, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 37, 1193, 1975.
4. Рытов, С. М. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 1. Случайные процессы. – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1976. – 351 с.
5. Steven, G. Johnson, The NLOpt nonlinear-optimization package URL: <http://ab-initio.mit.edu/nlopt>.
6. Nelder, J. A., Mead R., A simplex method for function minimization, *The Computer Journal* 7, p. 308–313 (1965).

## Сеть синхронизированных с мировым временем регистраторов инфразвуковых атмосферных возмущений

**Пильгаев С. В., Ларченко А. В., Филатов М. В., Федоренко Ю. В., Носков С. П.** (г. Апатиты, Полярный геофизический институт, e-mail: *pilgaev@pgia.ru*)

**Аннотация.** В работе приводится описание программно-аппаратного комплекса для регистрации инфразвуковых возмущений с возможностью определения волнового вектора распространения акустических волн и возможной локации источника этих волн. Комплекс представляет собой сеть микробарографов территориально распределённых в окрестности Полярного геофизического института в г. Апатиты.

**Abstract.** It is presented the description of acoustic stations network for infrasound waves registration with possibilities to localize source of these waves and estimate the propagation vector. The network is geographically distributed in vicinity of Polar geophysical institute.

**Ключевые слова:** инфразвук, воздушные волны, микробарограф, сеть станций.

**Key words:** infrasound, atmospheric waves, liquid microbarograph, network.

**Введение.** Непрерывная регистрация флуктуаций давления в атмосфере с частотой до 1 Гц даёт возможность детектировать атмосферные события с оценкой излучаемой энергии на расстояниях до нескольких тысяч километров. Источниками таких атмосферных событий могут являться антропогенные воздействия, связанные с образованием ударной волны, процессы развития циклонов и тайфунов, вторжение метеорного вещества, и другие. Использование распределенной сети регистраторов атмосферного давления с привязкой данных ко времени позволяет рассчитать пространственные характеристики источника акустического воздействия на атмосферу. Таким образом, непрерывный мониторинг акустических явлений может быть использован как для пеленга источников воздействий на атмосферу и исследования их характеристик, так и в качестве дополнения в работе комплекса атмосферных станций.

В Полярном геофизическом институте с 2007 г. проводятся измерения колебаний атмосферного давления жидкостным микробарографом[1]. С целью упрощения развёртывания на пространственно разнесённых объектах и улучшения характеристик был разработан и введен в эксплуатацию модернизированный микробарограф. Ниже приведены описание особенностей прибора и первые результаты наблюдений.

**Описание аппаратуры.** Настоящий микробарограф представляет собой программно-аппаратный комплекс в составе инфразвукового датчика

и блока регистратора. Регистратор обладает функцией записи на энергонезависимую память, что позволяет избавиться от персонального компьютера для сбора данных и, таким образом, уменьшить габариты и снизить электропотребление прибора. Функциональная схема регистратора приведена на рисунке 1.

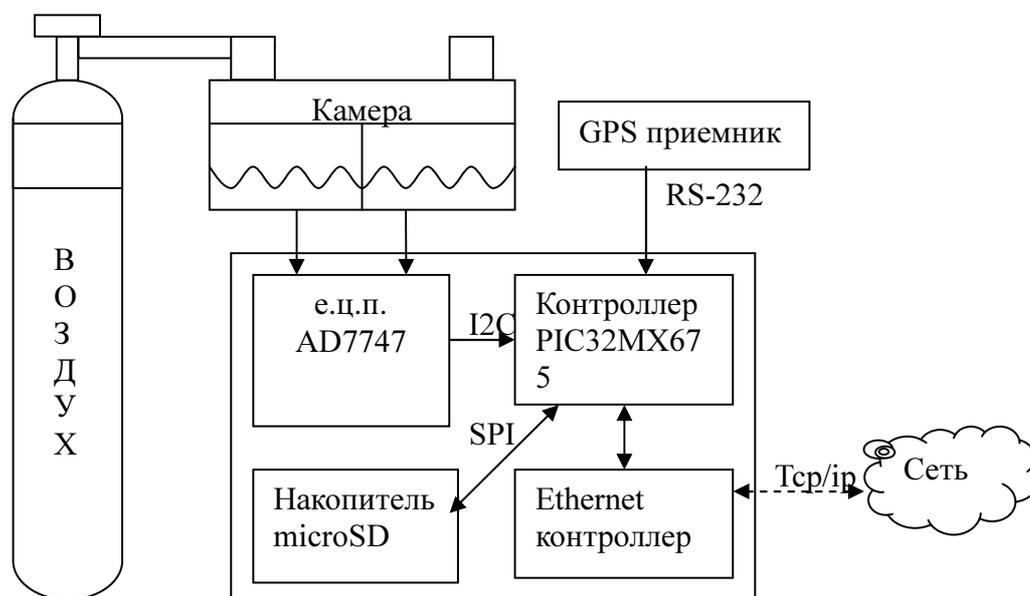


Рисунок 1 – Блок схема микробарографа

В качестве датчика используется камера, разделённая на две сообщающиеся части перегородкой, в каждой из которых расположены пластины конденсаторов. Камеры заполнены диэлектрическим трансформаторным маслом с диэлектрической проницаемостью, отличной от воздуха. Изменение давления в одной из камер приводит к изменению уровня масла в обеих камерах, и, следовательно, электрической ёмкости на выходе конденсатора. Одна часть камеры непосредственно контактирует с атмосферой, вторая подсоединена к пустой ёмкости, которая имеет сообщение с атмосферой через капилляр определённого диаметра. Путём подбора капилляра и объёма ёмкости достигнута фильтрация акустических сигналов от 0.001 до 1 Гц [2]. Преобразование аналоговой величины на выходе датчика производится сигма-дельта ёмкостно-цифровым преобразователем (ЕЦП) AD7747 [3] с разрешением до 20 аФ и погрешностью 10 фФ. Встроенный в микросхему термодатчик позволяет компенсировать отклонения величины ёмкости от нормального значения. Микроконтроллер PIC32MX675 [4] управляет режимами работы преобразователя через интерфейс I2C. Внутренний таймер микроконтроллера синхронизируется с мировым временем данными от GPS/GNSS приёмника. Каждому отсчёту данных ЕЦП присваивается временная метка отно-

сительно таймера контроллера. Для увеличения быстродействия операций стирание/запись обмен данными с flash памятью осуществляется блоками равными размеру стандартного сектора FLASH памяти [5] по 512 байт. Прибор оснащён Ethernet интерфейсом для обеспечения возможности его интегрирования в локальную или глобальную сеть. Для управления настройками прибора разработан WEB интерфейс. Он позволяет следить за статусом GPS/GNSS приёмника, свободным дисковым пространством и работой ЕЦП. Предусмотрено управление накопленными данными. Для настройки параметров работы ЕЦП выделена отдельная WEB страница, на которой указывается частота преобразования ёмкость-код и температуры. В реальном времени на странице происходит обновление текущего значения измеряемой ЕЦП ёмкости, что удобно для точной установки смещения нуля прибора. Предусмотрена возможность обновления микропрограммы контроллера.

**Разрешающая способность регистратора.** Для тестирования работы системы на вход регистратора вместо барокамеры были подключены два некалиброванных конденсатора в дифференциальном режиме. В течение 10 мин проведена запись величины ёмкости с частотой дискретизации 8 Гц. Анализ данных выявил соответствие параметров измерений прибора паспортным данным на применяемый преобразователь ёмкости в код.

Статистический анализ показал, что величина ёмкости попадает в интервал от  $-0.347$  до  $-0.3467$  пФ с вероятностью 95 %, как показано на рисунке 2. При полной шкале прибора  $-8.192 - +8.192$  пФ и 24 битном разрешении интервал соответствует разрешающей способности 19.2 бит, что соответствует паспортным данным.

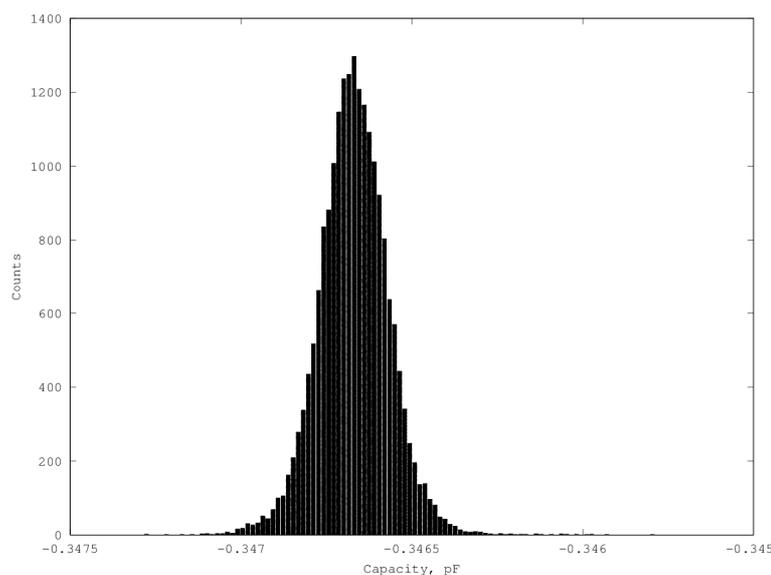


Рисунок 2 – Гистограмма величины измеренной ёмкости в пФ

**Фазовые измерения естественного сигнала.** Для упрощения обработки и интерпретации результатов измерений все системы сбора данных должны быть идентичными и не вносить фазовые искажения в данные. При испытаниях прибора установлено, что частота дискретизации ЕЦП варьируется в пределах 0.1 Гц под воздействием внешних факторов. Несмотря на это, применение GPS/GNSS приёмника для синхронизации времени приборов и интерполяция данных по времени позволила нивелировать данные различия.

Для оценки разности фаз приборов два из них были расположены в непосредственной близости друг от друга и произведена тестовая запись сигналов атмосферного давления. Результаты записи отображены на рисунке 3. Видно, что сдвиг фазы между сигналами, записанными двумя одинаковыми регистраторами, отсутствует. Это говорит о правильности работы датчиков.

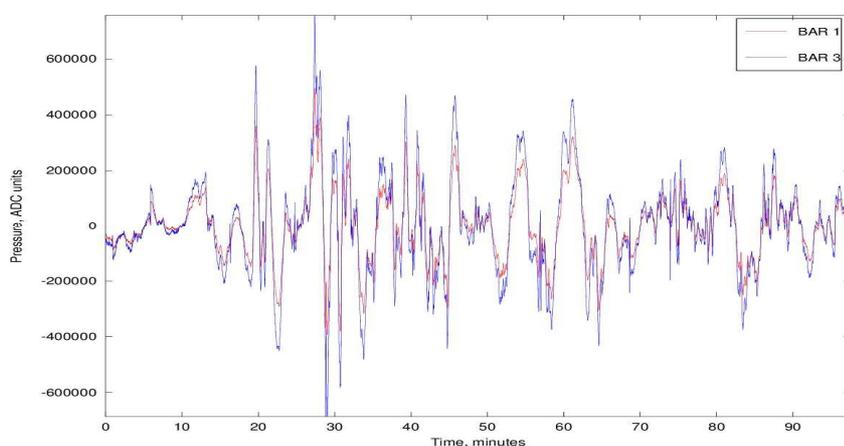


Рисунок 3 – Сравнение фаз двух регистраторов в непосредственной близости друг от друга

Таким образом, полученные результаты показывают соответствие регистраторов атмосферного давления заявленным характеристикам.

#### **Первые наблюдения.**

Регистраторы установлены на территории академгородка г. Апатиты, как показано на рисунке 4.



Рисунок 4 – Местоположение датчиков

В качестве примера, из данных двух регистраторов был выбран произвольный участок записи и построены волновые формы сигналов давления. На рисунке 5 показаны фазы этих сигналов, полученных двумя пространственно разнесенными датчиками, находящимися в точках А и С.

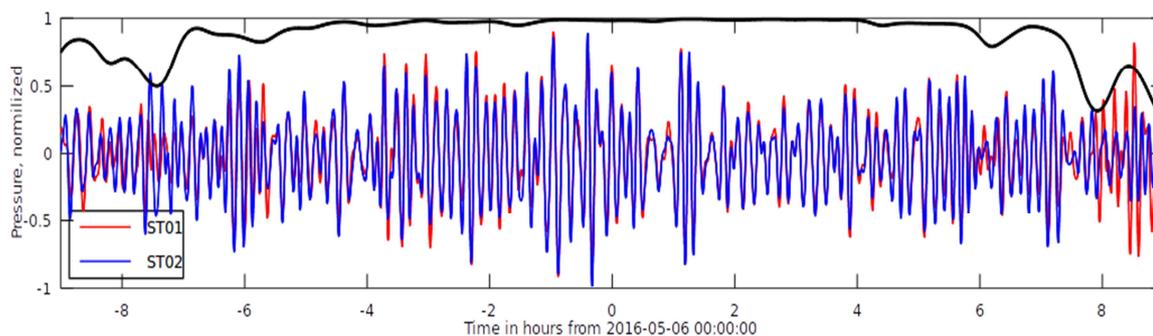


Рисунок 5 – Вариации давления, зарегистрированные микробарографами в точках А и С (рис. 4) в интервале периодов 5 – 20 мин. Черная кривая – текущий коэффициент корреляции между вариациями давления в точках А и С

Сравнительно небольшое расстояние между микробарографами (около 200 м), не позволяет произвести с достаточной точностью измерение скорости распространения вариаций давления в диапазоне периодов, характерных для внутренних гравитационных волн. Наблюдаемые вариации давления, показанные на рис. 5, по-видимому, вызваны прохождением вечернего и утреннего терминаторов. Коэффициент корреляции практически не отличается от единицы между закатом солнца в 22:12:00 UTC и восходом в 03:18:00 UTC, что свидетельствует о пренебрежимо малых шумах приборов и точности их синхронизации со временем.

**Выводы.** В конце 2015 г. в Полярном геофизическом институте введена в эксплуатацию сеть цифровых синхронизированных с мировым временем регистраторов вариаций атмосферного давления в диапазоне частот от одного до тысячных долей Гц. В настоящее время сеть функционирует в непрерывном режиме с целью получения характеристик источников значимых воздействий на атмосферу.

### Библиографический список

1. Жидкостный микробарограф / Ахметов О. И., Пильгаев С. В., Федоренко Ю. В., Днепровский Д. В. // Приборы и техника эксперимента. – 2010. – № 5. – С. 137–141.

2. Жидкостный микробарограф / Бовшеверов Б. В., Грачев А. И., Ломадзе С. О., Матвеев А. К. – Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана, 1979. – Т. 15. – С. 1215–1218.

3. 24-Bit Capacitance-to-Digital Converter with Temperature Sensor / <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7747.pdf>

4. PIC32MX5XX/6XX/7XX Family Data Sheet – Microchip / <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/61156H.pdf>

5. Open NAND Flash Interface Specification, rev. 4.0, 2014. – P. 191.

## Исследование мелкомасштабных неоднородностей в F-области среднеширотной ионосферы

**Романова Н. Ю.** (*г. Мурманск, Полярный геофизический институт, e-mail: romanova@pgi.ru*)

**Аннотация.** Исследуются мелкомасштабные неоднородности электронной плотности в F-области среднеширотной ионосферы. Ориентация поперечной анизотропии  $\Psi_A$  неоднородностей сопоставлена с направлением HWM07 горизонтального ветра для каждого случая. Показано, что неоднородности в перпендикулярной к магнитному полю плоскости вытягиваются вдоль направления горизонтального ветра.

**Abstract.** We investigated small-scale irregularities of electron density in F-region of middle-latitude ionosphere. Has been comparisons between the orientation of cross-field anisotropy  $\Psi_A$  of small-scale irregularities and the direction of horizontal wind, calculated the HWM07 model for many cases. It is shown that the irregularity cross-field anisotropy agrees quite well with the direction of horizontal neutral wind.

**Ключевые слова:** ионосфера (среднеширотная ионосфера; ионосферные неоднородности).

**Key words:** ionosphere (mid-latitude ionosphere; ionospheric irregularities).

**Введение.** Известно, что мелкомасштабные неоднородности электронной плотности (от нескольких сотен метров до первых километров) в F-области ионосферы вытянуты вдоль геомагнитного поля. В работе [1] дана их классификация по соотношению осей. Приведены типы неоднородностей: стержни (rods, соотношение осей  $a : 1 : 1$ ), крылья (winds,  $a:b:1$ ,  $a>b$ ) и листы (sheets,  $a : a : 1$ ). Приведены соотношения осей:  $5 : 1 : 1$ ,  $15 : 1 : 1$  и  $10 : 10 : 1$ . Предполагается, что наблюдение стержней более вероятно в высоких широтах, а наблюдение крыльев и листов – в средних широтах. С использованием метода спутникового радиозондирования и математической обработки радиосигнала [2], разработанного в Полярном геофизическом институте (ПГИ), в работе [3] описаны случаи наблюдения в среднеширотной ионосфере поперечно-анизотропных неоднородностей. Их параметры схожи с параметрами высокоширотных неоднородностей [4]: они вытянуты преимущественно вдоль геомагнитного поля ( $\alpha$ ) и в некотором направлении перпендикулярно ему ( $\beta$ ), т. е. поперечно-анизотропны. При различных геофизических условиях поперечная анизотропия, так же как и в высоких широтах, имеет различную ориентацию ( $\Psi_A$ ) относительно направления на север. Это сходство позволило предположить существование в средних широтах некоторого механизма, управляющего ориентацией поперечной анизотропии  $\Psi_A$ , аналогич-

ного дрейфу плазмы  $E \times V$  для высокоширотных неоднородностей. Но электрические поля в средних широтах в спокойных условиях малы (1–5 мВ/м), соответственно, незначителен и электромагнитный дрейф, в то время как величина горизонтального нейтрального ветра в ночное время может достигать 200 м/с [5]. Поэтому цель данной работы – сопоставить полученные в работе [3] экспериментальные данные об ориентации поперечной анизотропии  $\Psi_A$  с теоретическими расчетами направления горизонтального нейтрального ветра, выполненными на основе модели HWM07 [6, 7].

**Наблюдения.** В период с 2008 по 2012 гг. ПГИ проводил регулярный прием спутниковых радиосигналов тремя наземными станциями, расположенными в средних широтах, в г. Острогжск (50.87°N, 39.06°E), г. Ростов-на-Дону (47.21°N, 39.70°E) и г. Сочи (43.58°N, 39.77°E). Несмотря на продолжительность периода наблюдений, итоговое количество данных для сопоставления с моделью HWM07 невелико – 110, что составляет ~3 % от общего числа спутниковых сеансов. В основном, это связано с освещенностью: амплитудные сцинтилляции в спутниковом сигнале (показатель присутствия неоднородностей в ионосфере) наблюдались преимущественно в ночное время суток. Затем, интенсивность сцинтилляций не всегда была достаточной для применения метода определения параметров анизотропии мелкомасштабных неоднородностей [1]. Поэтому во всех примерах сопоставление с моделью будет сделано только для двух станций из трех.

Покажем, что при различных геофизических ситуациях в ионосфере неоднородности вытягиваются вдоль направления ветра. Начнем с тех случаев, когда обе станции показывали схожие значения  $\Psi_A$ .

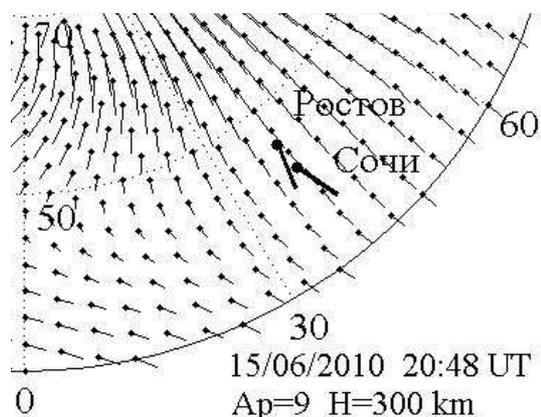


Рисунок 1 – Случай стационарного потока ветра. Распределение векторов скоростей горизонтального ветра для высоты 300 км и величины  $A_p = 6$ , рассчитанное моделью HWM07 (тонкие векторы с точкой в начале вектора), и ориентация поперечной анизотропии (толстые векторы). Система координат – географическая

В данном случае неоднородности были зарегистрированы в области стационарного потока ветра как в окрестности станций, так и по толщине F-слоя (200–400 км). Различие между ориентацией поперечной анизотропии и направлением ветра в Ростове  $\Delta\Psi = 11^\circ$  при  $V_W = 86$  м/с и в Сочи  $\Delta\Psi = -27^\circ$  при  $V_W = 77$  м/с. Очевидно, что модельные векторы соответствуют среднему значению экспериментальных данных. Учитывая этот факт, а также возможные в реальной ионосфере флуктуации потока ветра, приведшие к небольшому различию между значениями  $\Psi_A$  соседних станций, можно сделать вывод, что неоднородности вытягиваются вдоль направления ветра.

Часто встречались случаи, когда значения  $\Psi_A$  различались существенно (рис. 2), хотя расстояние между станциями невелико (3–3.5).

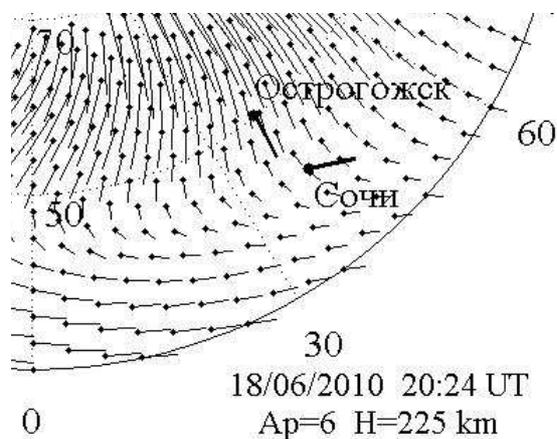


Рисунок 2 – Случай поворота потока ветра.  
Условные обозначения те же, что на рис. 1

Сопоставление с моделью НWM07 показало, что в таких случаях неоднородности регистрировались в области поворота потока ветра, и значения  $\Psi_A$  находились в согласии с модельными векторами для обеих станций. В данном случае в Острогжске  $\Delta\Psi = -13^\circ$  при  $V_W = 80$  м/с, в Сочи  $\Delta\Psi = -54^\circ$  при  $V_W = 33$  м/с. Большее различие в Сочи можно объяснить статистическим усреднением, используемым в любой модели.

Следующий пример (рис. 3) показывает, что наблюдаемый в окрестности станций стационарный поток можно считать стационарным только в плоскости фиксированной высоты.

В данном случае наблюдается изменение потока ветра от зонального направления на высоте 200 км (рисунок слева) к меридиональному направлению на высоте 300 км (рисунок справа). В первом случае с направлением ветра согласуется вектор  $\Psi_A$ , полученный в Сочи ( $\Delta\Psi = -18^\circ$ ), при  $V_W = 88$  м/с

и не согласуется вектор  $\Psi_A$ , полученный в Ростове ( $\Delta\Psi = 69^\circ$ ) при  $V_W = 90$  м/с. Во втором случае ситуация обратная: с направлением ветра согласуется вектор  $\Psi_A$ , полученный в Ростове ( $\Delta\Psi = 5^\circ$ ), при  $V_W = 48$  м/с и не согласуется вектор  $\Psi_A$ , полученный в Сочи ( $\Delta\Psi = 88^\circ$ ) при  $V_W = 44$  м/с. В других аналогичных случаях значения  $\Psi_A$  были близки к данным значениям  $\Psi_A$  и также согласовались с моделью. Таким образом, этот пример не только подтверждает гипотезу о связи  $\Psi_A$  с направлением ветра, но и объясняет различие между значениями  $\Psi_A$  на близких станциях: неоднородности, вероятно, расположены на разных высотах.

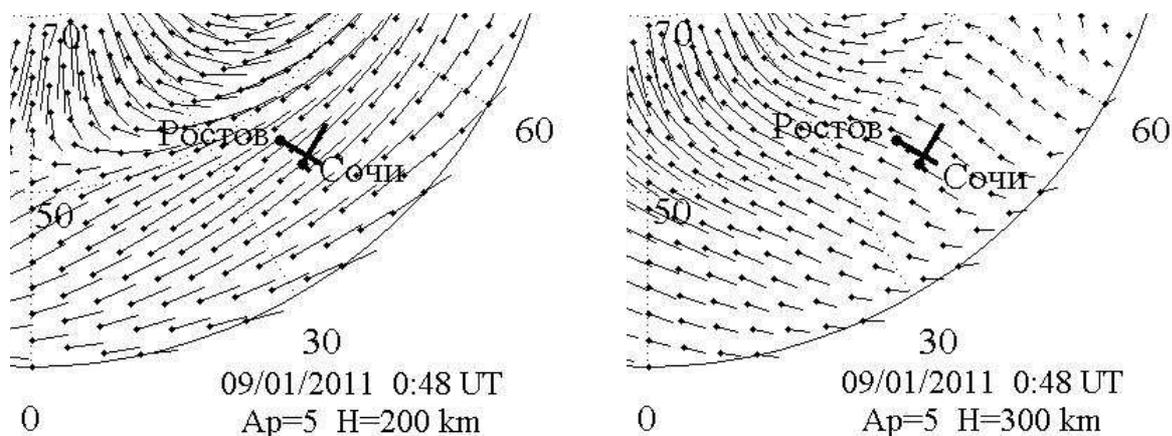


Рисунок 3 – Случай изменения потока ветра с высотой.  
Условные обозначения те же, что на рис. 1

На рис. 4 приведен результат численного сопоставления экспериментальных и теоретических данных за весь период наблюдений. Общее количество сопоставлений 161.

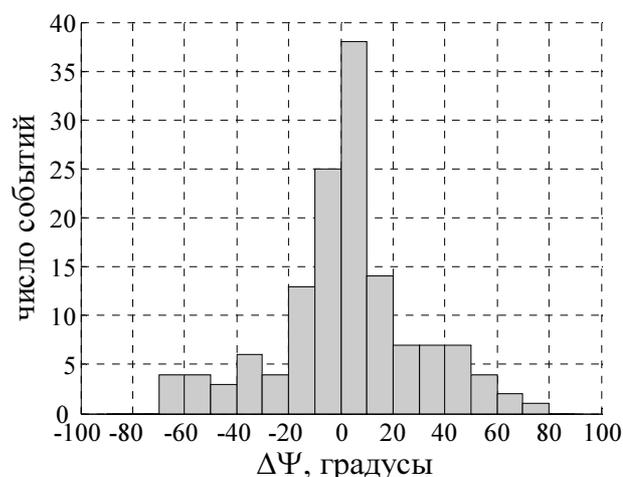


Рисунок 4 – Гистограмма различий между направлением горизонтального ветра и ориентацией поперечной анизотропии в период с июля 2008 г по март 2012 г.

Гистограмма показывает численное различие  $\Delta\Psi$  между значением ориентации поперечной анизотропии  $\Psi_A$  и направлением горизонтального ветра  $\Psi_W$  в каждом конкретном случае. Данные сгруппированы по интервалам с шагом  $20^\circ$ . Положительные величины гистограммы означают, что величина  $\Psi_A$  была больше величины  $\Psi_W$ . Отрицательные величины означают обратное. Очевидно, что максимум различий находится в интервале  $[-20^\circ \div 20^\circ]$  и количество случаев уменьшается с ростом  $\Delta\Psi$ . Таким образом, наблюдается согласие между направлениями разных физических явлений, из чего можно заключить, что анизотропия среднеширотных неоднородностей возникает под воздействием горизонтального нейтрального ветра.

**Выводы.** В данной работе исследованы анизотропные мелкомасштабные неоднородности электронной плотности в F-области среднеширотной ионосферы. По результатам численного сопоставления между ориентацией поперечной анизотропии неоднородностей и направлением горизонтального ветра, рассчитанного моделью HWM07, установлено, что в большинстве случаев наблюдается хорошее согласие между экспериментальными и теоретическими данными, т. е. неоднородности ориентированы вдоль направления ветра.

**Благодарность.** Автор благодарит сотрудников лаборатории радиопросвечивания Полярного геофизического института за проведение экспериментальных работ. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-05-01024 А и № 15-05-02437 А.

### **Библиографический список**

1. Livingston. R. C., Rino C. L., Owen J., Tsunoda R. T. The anisotropy of high-latitude nighttime F region irregularities // J. Geophys. Res. – 1982. – V. 87. – № A12. – P. 10519–10526.
2. Tereshchenko, E. D., Khudukon B. Z., Kozlova M. O., Nygren T. Anisotropy of ionospheric irregularities determined from the amplitude of satellite signals at a single receiver // Ann. Geophysicae. – 1999. – V. 17. – P. 508–518.
3. Романова, Н. Ю. Определение параметров анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области среднеширотной ионосферы // Proc. XXXVIII Apatity Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena". – 2015. – P. 157–160.

4. Козлова, М. О. Исследование неоднородностей километрового масштаба в F-области высокоширотной ионосферы по данным о мерцаниях спутниковых радиосигналов: Дис. канд. физ.-мат. наук: 25.00.29. – М., 2002. – 120 с.

5. Ишанов, С. А., Клевцур С. В., Латышев К. С. Эффекты многомерности в теоретических моделях среднеширотной области F ионосферы // Вестн. Балтийского федер. ун-та им. И. Канта. – 2011. – № 10. – С. 33–39.

6. Drob, D. P. et al. An Empirical Model of the Earth's Horizontal Wind Fields: HWM07 // J. Geophys Res. 2008. V.113. doi:10.1029/2008JA013668.

7. Emmert, J. T. et al. DWM07 global empirical model of upper thermospheric storm-induced disturbance winds // J. Geophys Res. – 2008. – V. 113. – doi:10.1029/2008JA013541.

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО  
И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

## **Дополнительное обучение сотрудников МДЦ: проблемы, возможные пути решения**

**Александрова Е. А.<sup>1</sup>, Романовская Ю. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(г. Мурманск, ГОАУЗ "Мурманский областной консультативно-диагностический центр", e-mail: ea\_alexandrova@list.ru),

<sup>2</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра математики, информационных систем и программного обеспечения, e-mail: y-romanovskaya@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе проведен анализ сложившейся ситуации с дополнительным обучением сотрудников Мурманского областного консультативно-диагностического центра; выявлены существующие проблемы; определено, какие проблемы могут быть устранены с помощью внедрения информационных технологий.

**Abstract.** The work analyzes the current situation with the additional training of employees of Murmansk regional consultative-diagnostic center; identified the existing problems. It considers the existing problems and focuses on problems which can be solved using information technologies.

**Ключевые слова:** дополнительное профессиональное образование, дополнительное обучение, обучающие программы, программы для тестирования.

**Key words:** additional vocational training, additional training, training programs, test programs.

В современном мире все больше и больше набирает силу принцип получения образования в течение всей жизни. Крайне сложно быть профессионалом, не получая новые знания о современных тенденциях и изменениях в своей сфере деятельности, не овладевая новыми технологиями, в том числе информационными. Поэтому все большее развитие и популярность приобретает дополнительное профессиональное образование.

Дополнительное профессиональное образование (далее – ДПО) направлено на удовлетворение образовательных и профессиональных потребностей, профессиональное развитие, обеспечение соответствия квалификации работника меняющимся условиям профессиональной деятельности и социальной среды. ДПО осуществляется посредством реализации дополнительных профессиональных программ (программ повышения квалификации и программ профессиональной переподготовки) [1].

Рассмотрим некоторые аспекты дополнительного обучения на примере конкретного предприятия сферы Здравоохранения Мурманской области –

ГОАУЗ "Мурманский областной консультативно-диагностический центр" (МДЦ). Для примера возьмем данные за 2013 г.

В 2013 г. в МДЦ дополнительным профессиональным образованием было охвачено около 20 % сотрудников, среди них врачи, медицинские сестры, руководители отделов, инженеры и другие работники. В основном сотрудниками были пройдены курсы повышения квалификации. Условно эти курсы можно разделить на два класса: медицинское ДПО и немедицинское ДПО. Медицинское ДПО обусловлено тем, что врачи и медицинские сестры должны регулярно подтверждать свою категорию (или повышать её). Кроме того, периодически возникает потребность в дополнительной новой специализации. Немедицинское ДПО связано с тем, что инженерно-техническому персоналу и другим сотрудникам необходимо иметь особые допуски к работе, обучаться эксплуатации и ремонту нового оборудования, работе с программным обеспечением и пр.

Часть ДПО проходит за пределами МДЦ (очные и заочные курсы в других учреждениях города, например, колледжах, университетах, образовательных центрах), часть осуществляется внутри организации.

В качестве одного из примеров дополнительного обучения, проводимых в самом МДЦ, можно привести обучение правилам работы в электроустановках с последующей сдачей экзамена с присвоением 2 квалификационной группы по электробезопасности, что является допуском к работе для соответствующих категорий персонала. Для этого в МДЦ разработаны программа обучения и инструкции, организована комиссия для приёма экзамена, сформированы экзаменационные материалы. Как правило, сотруднику необходимо готовиться к экзамену самостоятельно по литературе (Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок МПОТ(ПБ) ЭЭ; Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП); Правила устройства электроустановок (ПУЭ); Первая медицинская помощь пострадавшим от электрического тока), программе обучения и экзаменационным билетам с последующей сдачей экзамена комиссии. По итогам экзамена делается запись в соответствующем журнале и удостоверении экзаменуемого.

Отметим, что также в МДЦ проводится множество инструктажей для сотрудников (вводный, на рабочем месте и другие). Инструктажи проводятся индивидуально или в группе, включают в себя ознакомление (в том числе

самостоятельное) с инструкцией или программой обучения и краткой беседой. Кроме того, сотрудники обучаются работе с новыми модулями собственного программного обеспечения (далее – ПО). Чаще всего, это представляет собой групповую демонстрацию возможностей и сценариев работы, а далее – индивидуальная работа по мере возникновения проблем с освоением ПО. Необходимо обучение работе с ПО и всем новым работникам. На данный момент оно проводится частично инженерной службой, частично другими сотрудниками в аналогичной должности, при этом новый работник делает для себя пометки и записи.

Сложившаяся система дополнительного обучения в МДЦ зачастую не является удобной для сотрудников и не всегда гарантирует высокий результат. Это обусловлено, во-первых, большими временными затратами на обучение, во-вторых, материал при самостоятельном освоении обучающимся, как правило, тяжело усваивается.

Решением проблемы могли бы стать обучающие программы, в том числе программы тестирования, созданные конкретно под те курсы обучения, которые реализуются в МДЦ. Преимуществами в этом случае будут:

- несколько уровней погружения в материал (начальный, основной, углублённый);
- текущий контроль и самоконтроль обучения, которые можно ориентировать на различные уровни учебно-познавательной деятельности (ознакомительный, репродуктивный и креативный);
- адаптация траектории изучения к возможностям обучаемого [2];
- наглядность и интерактивность.

### **Библиографический список**

1. Об образовании в Российской Федерации [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 21 декабря 2012 г. : одобр. Советом Федерации 26 декабря 2012 г.] // Российская газета. – 2012. – 31 декабря.

2. Кацуба, В. С. Методика проектирования электронных конспектов лекций / В. С. Кацуба, И. М. Лазарева // Образование, наука и экономика в вузах: мат. междунар. науч. конф. (г. Плоцке, Польша, 9–14 сент. 2008г.). – Плоцк : Изд-во Novum, 2008. – С. 736–742.

**Научно-исследовательское творчество студентов технических специальностей как основа эффективного развития профессиональных компетенций**

**Баус С. С.** (г. Томск, ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Томский политехнический университет кафедра ФМПК, e-mail: stas.baus@yandex.ru)

**Аннотация.** Данная статья посвящена перспективе эффективного развития профессиональных компетенций с помощью правильной организации научно-исследовательского творчества студентов технических специальностей. Актуальность данной работы обусловлена разработкой методологии внедрения данного подхода к организации образовательного процесса в современных высших учебных заведениях.

**Abstract.** This article is devoted to the prospects for effective development of professional competencies using the correct organization of research creativity of students of technical specialties. The relevance of this work is due to the development of methodology for implementation of this approach to the organization of educational process in modern universities.

**Ключевые слова:** компетенции, научно-исследовательское творчество, технические специальности, эффективность, высшее учебное заведение.

**Key words:** competence, research work, technical specialization, efficiency, a higher education institution.

Современные тенденции направленного движения от понятия "знание" к понятию "компетентность" являются общемировыми. Они выражаются в том, что усиление познавательных начал в современной профессиональной деятельности не покрывается традиционными понятиями "знания", "умения" и "навыки". Более адекватным становится понятие "компетентность".

Специалист, обладающий исследовательской компетенцией, умеет активно и продуктивно анализировать фактическую информацию, создавать и выбирать новые более эффективные алгоритмы, ресурсы, технологии, а не только пользоваться готовыми, порой устаревшими, алгоритмами и фактами [1]. Однако уровень обучения и воспитания, формирования навыков научно-исследовательской деятельности в условиях педагогического колледжа еще не в полной мере отвечает современным требованиям, задачам модернизации среднего профессионального образования.

Современный переход к единой европейской системе образования ставит перед педагогической наукой задачи по формированию и развитию лич-

ности компетентного педагога-исследователя, владеющего технологией постановки научно-педагогического эксперимента в воспитательно-образовательном процессе. В связи с этим безусловным требованием подготовки будущего педагога является вооружение знаниями учебных дисциплин, формирование умений и навыков научно-исследовательской деятельности, развитие его профессиональных качеств, поиска и планирования новых подходов к обучению и воспитанию учащихся.

Не смотря на относительную "молодость" практико-ориентированного обучения в России выделяют несколько подходов к его определению [1]. Одни авторы (П. Образцов, Т. Дмитриенко) предполагают, что эффективным является внедрение профессионально-ориентированных технологий обучения, способствующих формированию у студентов значимых для будущей профессиональной деятельности качеств личности, а также знаний, умений и навыков, обеспечивающих качественное выполнение функциональных обязанностей по избранной специальности [2]. Вовсе не хочется преуменьшать важность теоретической составляющей, но хочется резюмировать, что компетентностный подход направляет образовательные программы на разработку тех форм учебного процесса, которые позволяют эффективно формировать компетенции – практикумы, мастер-классы, тренинги, деловые игры, проектные и проблемные методики, самостоятельные исследования и т. п. Другие авторы (А. Вербицкий, Е. Плотникова, В. Шершнева и др.) становление практико-ориентированного образования связывают с использованием возможностей контекстного (профессионально направленного) изучения профильных и непрофильных дисциплин.

В настоящее время преподавание многих технических дисциплин носит больше теоретический характер. Это выражается в том, что преподаватель уделяет основной акцент на теоретическую базу дисциплины, а практическая составляющая дисциплины остается слабо затронутой, в основном на практических занятиях, когда разбираются различные примеры и ситуации, решаются задачи, а иногда и вовсе отсутствует и это. И это надо менять.

Новые стандарты преподавания (ФГОС третьего поколения) большое внимание уделяют развитию принципов преподавания, основанных на практико-ориентированном подходе. Данный подход подразумевает большее внимание преподавателя, в процессе обучения, на практическую составляющую курса.

Признаками практикоориентированного обучения являются:

- общее количество часов, отведенных на практическое образование, составляет не менее 50 % времени обучения;
- использование в обучении креативных методов (метод проблемно-ориентированного обучения, метод проектов и др.) [2];
- ориентация обучения на работу в группе, команде [4];
- интеграция учебных дисциплин как "способ приближения" учебной (аудиторной) ситуации к реальной, способ создания целостного представления о будущей профессиональной деятельности;
- большинство преподавателей имеет значительный опыт практической работы, и, продолжая преподавать, они постоянно обращаются к практической деятельности, которую рассматривают как источник повышения квалификации, профессионального мастерства.

Прохождение и освоение курса должно закрепляться на практике в "полевых условиях". Данный подход предполагает разработки собственного научно-исследовательского проекта, который пересекается с научными интересами студента и тематикой научно-исследовательской работы (НИРС). Т. е. суть подхода заключается в том, что студент должен сам вместе с научным руководителем пройти все стадии инновационного проекта – от зарождения идеи до получения опытного образца и постановкой на производство или актом о внедрении технологии на реальном предприятии. Вся программа обучения должна быть подстроена так, чтобы реально помогала студентам успешно преодолевать данные этапы. Это не только чисто технические специальности, но и экономика, маркетинг и так далее. Которые тоже имеют колоссальную роль при разработке новшеств и их коммерциализацию.

В реализации данных принципов была сформирована методология внедрения практико-ориентированного обучения в учебно-методические основы преподавательской деятельности. Данная методология подразумевает следующие этапы:

1. На начальном этапе студент имеет возможность выбрать, какое направление ему интересно. Направлений всего два. Первое направление р – это организация инновационного проекта совместно с преподавателем для разработки формирования технического новшества и возможностью создания малого инновационного предприятия (МИП). Если будут позволять условия. А второе – это высшее учебное заведение должно выполнить поиск потен-

циальных предприятий, удовлетворяющие условиям дисциплины, которые нуждаются во внешнем вмешательстве для повышения эффективности своей деятельности. Быть может технологический процесс или необходимость диверсификации производства. Данный вариант также подразумевает прохождение всех этапов жизненного цикла инновации. Главным успехом на выходе является акт о внедрении на реальном предприятии.

2. Тестирование студента с целью выявления его предрасположенности к конкретной научной тематике или специфики предприятия, а также личностных способностей решать проблемы в "полевых условиях" определенного заданного уровня.

3. Формирование научной проблемы и идеи исследования.

4. Обзор теоретической литературы, составление каркаса исследования.

5. На практических занятиях необходимо организовать личное общение студента с преподавателем с целью контроля прохождения каждого этапа, управления работой, направления и помощь в реализации научного поиска.

6. Организация материально-технического обеспечения разработок.

7. Представление разработанных технических преподавателю и организация дискуссии на практических занятиях. Данный этап особо важен, так как помогает студенту не взглянуть на свои предложенные меры с стороны. Дискуссионная группа не только укажет на слабые моменты плана, но и предложит свои рекомендации и предложения для решений данной ситуации.

8. Патентование новшеств – патент на изобретение, полезная модель или программное обеспечение.

9. Данный этап является одним из самых важных. Он заключается коммерциализации инновации или внедрения ее в ежедневное функционирование предприятия.

10. Оценка результатов нововведений заключается в показателях коммерциализации продукта или внедрение его в конкретные предприятия.

11. Защита результатов научно-исследовательской работы студента.

По результатам оценивания компетенций и прикладных знаний по окончании обучения данного курса видно, что такому специалисту потребуются гораздо меньше времени на адаптацию при трудоустройстве на работу после окончания высшего учебного результата. А самое главное он получит набор необходимых прикладных компетенций и знаний, который всегда пригодятся ему в практической деятельности на рабочем месте.

### **Библиографический список**

1. Иванова, С. П. Практико-ориентированное обучение в системе дополнительного профессионального образования образовательных учреждений // Концепт. Современные научные исследования: актуальные теории и концепции. – М. : МГУ, 2015.
2. Фатеева, И. А. Практико-ориентированное обучение журналистике: традиции и перспективы [Электронный ресурс] // Медиаскоп. – Электрон. журнал. – 2008. – № 1. Режим доступа: <http://www.mediascope.ru/node/82>.
3. Байденко, В. И. Компетенции в профессиональном образовании // Высшее образование в России. – М. : Книга, Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. – № 1. – С. 45–52.
4. Болотов, В. А., Сериков В. В. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе // Педагогика – 2003. – № 10. – С. 8–14.
5. Образцов, П. С. Новый тип обеспечения учебного процесса в вузе // Высшее образование в России. – 2001. – № 6. – С. 54–58.

## **Подготовка инженеров в области электроэнергетики и электротехники в европейских и российских вузах**

**Власова С. В.** (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru*)

**Аннотация.** В работе анализируются образовательные программы подготовки бакалавров по направлению "Электроэнергетика и Электротехника" в России. Они сравниваются с образовательными программами по аналогичному направлению в европейских вузах.

**Abstract.** The paper analyzes the undergraduate courses in the field of "Electrical Engineering" in Russia. They are compared with similar educational programs in European universities.

**Ключевые слова:** система обучения бакалавров, "Электроэнергетика и Электротехника", образовательные программы, цели и результаты обучения.

**Key words:** learning system for bachelors, "Electrical Engineering", educational programs, learning objectives and learning outcomes.

Высшее образование в современном мире рассматривается, как одна из главных движущих сил экономического развития. Расширение доступности высшего образования (ВО) вынуждает участников образовательного процесса по-новому относиться к его качеству [1]. Образование "от результата" (компетентностный подход), сегодня является одной из основных стратегий модернизации высшей школы во всём мире. Начиная с 2010–11 у. г., российская высшая техническая школа перешла к подготовке студентов по Федеральным государственным образовательным стандартам (ФГОС), в которых основным критерием готовности выпускника к профессиональной деятельности было требование освоения им определённого набора компетенций. Введение ФГОС следует оценить как положительное явление. Тем не менее, существуют проблемы, которые не позволяют использовать этот подход достаточно эффективно. Одна из них – отсутствие ясных формулировок "результатов обучения" ("learning outcomes" в европейской системе образования). Учитывая, что компетентностный подход пришёл в Россию из Европы, важно выяснить, каким образом оценивают результаты обучения в европейских вузах. В связи с вышесказанным, в работе анализируется система подготовки инженеров в области электроэнергетики в одном из вузов Европы, имеющим высокий международный рейтинг с тем, чтобы выявить пути более эффективного использования компетентностного подхода в российских вузах.

В качестве объектов анализа был выбран Университет Саутгемптон (University of Southampton), сокращённо СГУ, и Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). В мировом рейтинге вузов по предмету электроэнергетическое направление подготовки попадает в группу "Engineering-Electrical & Electronic" [3]. "Electrical Engineering" ("ЕЕ") в словарях переводится как "Электротехника" (ЭТ). Под термином "ЕЕ" в Европе подразумевают те направления, которые в России распадаются на "Электротехнику" и "Электроэнергетику". Охарактеризуем выбранные вузы. СГУ находится в верхней части второй половины QS<sup>1</sup> всемирного рейтинга университетов по предмету (2016 г.), т. е. занимает позицию (51–100) среди тех, кто готовит специалистов по электронике, электротехнике и электроэнергетике. СПбПУ занимает в этом же рейтинге место 201–250, наряду с Московским государственным техническим университетом им. Баумана. Список высших учебных заведений, ведущих специализированную подготовку инженеров электроэнергетического профиля в России, ограничивается 15 вузами (сюда входит и Мурманский государственный технический университет) [4].

Обратимся к аннотации основной образовательной программы подготовки бакалавров в СПбПУ по направлению "Электротехника и электроэнергетика", которая выставлена на официальном сайте. На эту программу выходим по ссылке "образование – абитуриенту". Здесь мы видим ФГОС ВО, затем абитуриенту предлагается ознакомиться с двухстраничной аннотацией (файл в формате PDF). Документ формулирует "Цель и концепцию программы: подготовка квалифицированных кадров к деятельности, требующей профессиональной подготовки и знаний в области электроэнергетики, в том числе к научно-исследовательской работе, проектно-конструкторской, производственно-технологической и организационно-управленческой деятельности, к продолжению образования в магистратуре по направлению 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" по программе "Оптимизация развивающихся систем электроснабжения". Особое внимание в данной ООП уделяется вопросам распределения электрической энергии в системах электроснабже-

---

<sup>1</sup> Рейтинг университетов по версии Quacquarelli Symonds . Ежегодно QS оценивает около 3,000 вузов, выбирая из них лучшие. Оценка идёт по 6 критериям, среди которых академическая репутация приносит 40 %, соотношение преподавательского состава к числу студентов 20%, остальные 4 критерия дают в сумме оставшиеся 40 % [<http://ria.ru/spravka/20130910/962029482.html>].

ния, оптимизации режимов систем электроснабжения и переходным процессам в них" [5]. Основными дисциплинами учебного плана названы: общая энергетика, математические задачи энергетике, электроснабжение, электрические станции и подстанции, передача и распределение электрической энергии, электроэнергетические системы, теория автоматического регулирования, электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах, электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах, алгоритмы задач электроэнергетики. Далее приведены краткие аннотации отдельных дисциплин. Например, дисциплина "Электроснабжение" представлена аннотацией из 8 строк<sup>2</sup>. Более подробное содержание изучаемых дисциплин представлено во внутренней сети университета, к которой внешний пользователь не имеет доступа.

Перейдём к рассмотрению представления образовательной программы "ЕЕ" в СГУ [6]. Отметим, что все материалы доступны для абитуриента: чтобы составить полное представление, нет необходимости входить в закрытые для внешнего пользователя сети. На сайте имеется полная спецификация программы для двух направлений "Электротехника" (ЭТ) и "Электромеханика" (ЭМ) для 2015–16 у.г. в виде 30-страничной книги в формате PDF, также отдельно на сайте представлена программа для каждого из этих направлений. Существенным отличием рассматриваемых образовательных программ (от российских ФГОС ВО 3+) является чёткое описание результатов обучения. Они распадаются на 4 опции: "знания и понимание", "специфические интеллектуальные качества", "переносные и универсальные умения", "результаты практические"<sup>3</sup>. Эти опции применяются как к программе в целом, так и к каждому учебному курсу.

Рассмотрим, какие "знания и понимание" должен показать выпускник СГУ: демонстрировать знание и понимание фундаментальных ключевых математических и естественно-научных умений, необходимых инженеру, работающему в области ЭТ и ЭМ (A1); демонстрировать знание и понимание фундаментальных принципов и концепций, применимых в области ЭТ и ЭМ (A2); демонстрировать специальные технические знания в выбранной области инженерного дела (A3); демонстрировать практические умения по выпол-

---

<sup>2</sup> В силу ограниченности объёма статьи мы не будем приводить текст аннотации.

<sup>3</sup> "Knowledge and Understanding", "Subject Specific Intellectual", "Transferable and Generic", "Subject Specific Practical".

нению расчётов и программированию применительно к текущей инженерной практике (A4); применить знания и понимание, изложенные выше, к разработке и оценке возможных решений для инженерных задач (A5); демонстрировать компетентность в главных направлениях инженерных исследований в области ЭТ и ЭМ, а также возможного их использования для расширения текущей практики (A6); демонстрировать компетентность в финансовых, экономических, социальных и экологических проблемах, имеющих значение для инженерной практики (A7); понимать, как применить академические знания и умения для решения проблем промышленности и понимать значимость перечисленных выше результатов обучения для успешной карьеры в промышленности (A8 и A9 для варианта с промышленным обучением). Важно, что все эти пункты A1–A9 подвергнутся декомпозиции при рассмотрении отдельных обучающих курсов. Следующая опция Специфические интеллектуальные качества. Указано 6 пунктов, начиная от B1 (студент, успешно завершивший программу, должен быть способен интегрировать знания математики, различных наук, информационных технологий в контексте бизнеса и инженерной практики для инновационного решения инженерных проблем) и заканчивая B6 (оценивать технические и коммерческие риски и уметь выбирать соответствующие действия для управления этими рисками в контексте инженерных разработок и решений). Затем идут Переносные и универсальные умения: от C1 (студент, успешно завершивший программу, должен уметь эффективно использовать ИТ инструменты, включая обработку текстов, электронных таблиц, пакеты САПР<sup>4</sup>, кроме того он должен быть знаком с языком программирования C) до C8 (проявлять компетентность в управлении проектами, людьми, ресурсами и временем). Последняя опция Результаты практические включает 7 пунктов: от D1 (выпускник должны обладать способностью разрабатывать, создавать электрические и электромеханические системы, учитывая коммерческие и промышленные ограничения) до D7 (уметь разрабатывать план проекта, определяя потребности в ресурсах и сроках, включая презентационные навыки, как письменные, так и устные).

Далее в представлении образовательной программы указаны формы и методы обучения и оценивания результатов (по всем изучаемым курсам),

---

<sup>4</sup> Система автоматизированного проектирования (САПР), (или CAD – Computer Aided Design) – программный пакет, предназначенный для создания чертежей, конструкторской и/или технологической документации и/или 3D моделей.

описаны структура программы и её специфические черты с указанием характеристик всех изучаемых курсов.

Обратимся к программе "ЕЕ". Вначале приведено описание поля деятельности, относящееся к этому направлению подготовки. Будущему студенту даются разъяснения относительно того, какое значение имеет всё, что связано с получением и передачей энергии в современном мире. Подчёркивается, что в СГУ делается упор на освоение основ теоретических знаний, отмечается, что программы достаточно широки и обеспечивают студентов навыками конструирования и разработки технологий завтрашнего дня. Обращается внимание, что выпускники СГУ высоко ценятся в индустрии и востребованы работодателями. Далее предлагается общая характеристика программ обучения. Отмечается, что есть 3-х и 4-х годовичные программы, а также возможность выбрать вариант обучения, включающий год работы на производстве. Обратимся к четырёхгодичному варианту.

В первый год обучения (два семестра) изучается курс обязательного основного модуля 1206 "Электрические материалы и поля". Цель курса – дать основные темы механики, полей и волн для использования в последующих курсах по приборам, электричеству, магнетизму и оптоэлектронике, также разъясняется поведение материалов в магнитных и электрических полях. Курс иллюстрирует применение физических идей в технологиях, также он необходим для последующего курса "elec2206". Он включает 7,5 z<sup>5</sup> (270 ч): лекции 48 ч в семестр, специализированная лаборатория 15,8 ч в семестр.

Цели и задачи курса декомпозируются на 4 опции, как было указано выше. Знания и понимание: студент, успешно завершивший курс, должен: понимать руководящие принципы, действующие в электростатике, электричестве и электромагнетизме; иметь базовые знания об электротехнических материалах и их поведении в электромагнитных полях; развить знания о накоплении энергии, батареях и устойчивом развитии электроэнергетики. Специфические интеллектуальные качества: студент, успешно прошедший этот модуль, будет способен применять базовые принципы для решения практических задач, использовать математические навыки для анализа реальных проблем, использовать интеллектуальные качества, которые развил, изучая этот курс, для освоения

---

<sup>5</sup> Z – это ECTS баллы, т. е. баллы *European Credit Transfer and Accumulation System* (Европейская система перевода и накопления баллов). ECTS – это общеевропейская система учёта учебной работы студентов при освоении образовательной программы или курса. Один учебный год соответствует 60 ECTS-баллам.

курса elec1029. Переносные и универсальные умения: приобрести возможность использовать фундаментальные знания для изучения новых и перспективных технологий; понимать технические принципы и применять их для анализа ключевых технологических процессов; составлять отчёты и докладывать результаты выполненных лабораторных работ; выполнять лабораторный эксперимент в составе небольшой группы; определять сферу использования электротехнических материалов на основе их поведения в электромагнитных полях; выполнять ряд электрических измерений для определения характеристик двигателей постоянного тока; соотносить петлю гистерезиса с потерями в магнитных материалах; быть готовым использовать знания и умения, которые приобрёл, для освоения курса elec1029 (курс не имеет кредитов). Затем представлена Программа курса<sup>6</sup>. После программы следуют критерии оценивания: 10 % – технические лабораторные работы; 5 % – лабораторные умения; 5 % – семестровая курсовая работа №1; 25 % – экзамен (0,75 ч.); 50 % – экзамен (2 часа). После критериев оценки указаны ресурсы (список источников информации) – один базовый учебник и три дополнительных.

Таким образом, сравнивая использование компетентностного подхода в СГУ и СПбПУ, можно сделать следующие выводы. В Саутгемптоне в программах обучения (на всех уровнях, начиная от общего описания программы и заканчивая каждым изучаемым курсом) ясно прописаны результаты обучения, которые подвергнуты декомпозиции на 4 уровня. О достижении (или не достижении) результатов обучения однозначно может судить каждый, начиная от студента и заканчивая аккредитационными агентствами. Напротив, как в ФГОС ВО, так и в программе обучения СПбПУ, опирающейся на этот стандарт, результаты обучения фактически не сформулированы, приводятся лишь максимально размытые формулировки. Ни о какой декомпозиции результатов обучения речи не идёт. С нашей точки зрения, как разработчиками стандартов, так и всем образовательным сообществом Российского высшего технического образования должна быть выполнена большая работа с тем, чтобы доработать ФГОС ВО, а также программы обучения до уровня европейских вузов, близких по качеству обучения к Университету Саутгемптон.

---

<sup>6</sup> Syllabus.

### **Библиографический список**

1. Власова, С. В. Качество высшего технического образования в современных условиях // Наука и образование – 2014 [Электрон. ресурс]: мат. междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2014. – с. 513.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 "Электротехника и электроэнергетика". Утверждён 03.09.2015. № 955.

3. Электронный ресурс:

<http://www.topuniversities.com/subject-rankings/2016>.

4. Электронный ресурс:

<http://www.myenergy.ru/education/education/institute/>.

5. Электронный ресурс:

<http://www.spbstu.ru/education/students/description-of-educational-programs/>

6. Электронный ресурс: <http://www.ecs.soton.ac.uk/programmes/h601-meng-electrical-engineering-4-yrs>

## Реформирование инженерного образования в России и мире

**Власова С. В.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

**Аннотация.** В работе анализируется концепция CDIO – международный проект по реформированию базового инженерного образования. Показано, что отдельные идеи проекта могут быть эффективно реализованы при подготовке бакалавров в вузах России, даже если вуз не работает по программе CDIO.

**Abstract.** The paper analyzes the CDIO concept – an international project to reform the basic engineering education. It has been shown that some of the project ideas can be efficiently implemented in the preparation of bachelors in the universities of Russia, even if the higher education institution does not work according with CDIO program.

**Ключевые слова:** проект CDIO реформирования инженерного образования, стандарты CDIO, использование идей проекта CDIO в подготовке инженерных кадров в России.

**Key words:** CDIO reformation project of engineering education, the CDIO standards, the use of CDIO project ideas in the training of engineers in Russia.

Концепция CDIO – международный проект по реформированию инженерного образования, начатый в октябре 2000 г. в Массачусетском технологическом институте. В совместном проекте "Всемирная инициатива CDIO" ведущие инженерные школы и технические университеты США, Канады, Европы, Африки, Азии и Новой Зеландии (более 40 университетов в 20 странах мира) принимают участие с 2002 г. [2]. Основная цель инициативы CDIO – приведение содержания и результативности инженерных образовательных программ в соответствие с уровнем развития современных технологий и ожиданиями работодателей [1]. Томский политехнический университет (ТПУ) был первым вузом России, который в 2011 г. присоединился к программе CDIO. Сегодня участниками этой программы в России также являются Сколковский институт науки и технологий, Астраханский государственный университет, Московский авиационный институт, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Московский физико-технический институт, Сибирский федеральный университет.

Аббревиатура CDIO представляет собой первые буквы последовательности слов: Conceive – Design – Implement – Operate, которые на русский

язык переводят по-разному<sup>7</sup>. Проект CDIO направлен на установление консенсуса между теорией и практикой в инженерном образовании. Основой модернизации является подготовка выпускников к комплексной деятельности, связанной с жизненным циклом технических объектов, систем и технологических процессов, которая включает [4]:

1. Изучение потребностей в продуктах инженерной деятельности и возможностей их удовлетворения, т. е. планирование производства продукции (Conceive).
2. Проектирование продуктов инженерной деятельности (Design).
3. Производство продуктов инженерной деятельности, а также их проверка, испытание и сертификация продукции (Implement).
4. Применение продуктов инженерной деятельности, управление их жизненным циклом и утилизация (Operate).

Двенадцать Стандартов CDIO определяют концепцию программ подготовки выпускников к комплексной инженерной деятельности и задают требования к формированию учебного плана, образовательной среде и условиям обучения, методам обучения, преподавателям вузов, методам оценки результатов обучения студентов и программ в целом [4]. Кратко рассмотрим стандарты CDIO [2].

Стандарт 1(C1) – CDIO как общий контекст развития. "Программа CDIO основывается на принципе, что развитие и реализация жизненного цикла продуктов, процессов и систем является неотъемлемой частью подготовки специалистов в области техники технологий... Выпускники должны быть способны к комплексной инженерной деятельности: планировать, проектировать, производить и применять инженерные продукты, процессы и системы в современной среде, основанной на командной работе специалистов. Они должны быть способны участвовать в реализации инженерных процессов, вносить вклад в развитие инженерных продуктов и осуществлять эту деятельность, работая в производственной компании. Это является сутью инженерной профессии" [5]. Стандарт 2 (C2) – результаты программы CDIO. Цели и задачи обучения формулируются таким образом, что из них ясно видно, что студенты должны знать и уметь по завершению обучения на инженерных образовательных программах. В программе CDIO также прописаны личностные и межличностные компетенции выпускника и его умение изобретать техни-

---

<sup>7</sup> "Планировать – Проектировать – Производить – Применять" [1], "Задумка – Проект – Реализация – Эксплуатация" [2], "Придумывай – Разрабатывай – Внедряй – Управляй" [3].

ческие продукты и системы. Важным моментом в С2 является то, что "Результаты обучения" обсуждаются и утверждаются ключевыми участниками программы – лицами, проявляющими общий интерес к выпускникам инженерных программ. Эти результаты должны соответствовать целям программы и иметь практическое значение для реальной инженерной практики. Стандарт 3 (С3) – интегрированный учебный план. Учебный план CDIO включает в себя задания, работая над которыми, студент, помимо дисциплинарных знаний, приобретает личностные, межличностные компетенции, а также умение создавать продукты и системы. Учебные дисциплины, включённые в план взаимно дополняют друг друга, пересекаются между собой по содержанию и совместно приводят к достижению необходимых результатов обучения. В подробном учебном плане должна быть прописана взаимосвязь изучаемых учебных дисциплин с ожидаемыми компетенциями. Стандарт 4(С4) – введение в инжиниринг. В учебных планах обязательно предусмотрен Вводные курсы, закладывающие основы инженерной практики в области создания продуктов и систем и обучающие основным личностным и межличностным компетенциям. Вводные курсы, согласно С4, призваны подкреплять мотивацию студентов заниматься инженерным делом, уделяя особое внимание применению полученных дисциплинарных знаний на практике. Стандарт 5 (С5) – задания по проектированию и созданию изделий. Учебный план включает, как минимум, два учебно-практических задания по проектированию и созданию изделий, одно из которых выполняется на начальном, а второе – на продвинутом уровне. Задания на планирование, проектирование, реализацию и управление продуктами и системами, согласно С5, также могут быть включены в качестве внеаудиторной нагрузки, к примеру, в виде курсовой работы или производственной практики. Стандарт 6 (С6) – учебные помещения CDIO. Согласно С6, учебное заведение должно располагать учебными аудиториями и лабораториями, в которых возможна организация практического подхода к обучению навыкам проектирования и создания продуктов и систем, передача дисциплинарных знаний, а также организация социального обучения. Стандартом С6 предполагается достаточное пространство, оснащённое современным инженерным оборудованием; учебные помещения, ориентированные на студента, интерактивные и удобные в обращении. Стандарт 7 (С7) – интегрированные учебные задания. Интегрированные учебные задания – это задания, при выполнении которых получение дисциплинарных знаний происходит одновременно с освоением личностных, межличностных навыков, а также умением проектировать и создавать продукты и системы. Стандарт 8

(С8) – активное обучение. Согласно С8, меньшее внимание уделяется пассивной передаче информации, большее – на привлечение студентов к генерированию, анализу, оценке и применению идей. Этот процесс помогает повысить мотивацию студентов, и достичь желаемых результатов обучения, а также прививает им стремление к непрерывному образованию. Стандарт 9 (С9) – повышение компетентности профессорско-преподавательского состава в навыках CDIO. Программы CDIO оказывают поддержку членам профессорско-преподавательского состава в повышении их компетентности в области личностных, межличностных компетенций, а также в умении создавать продукты и системы. Стандарт 10 (С10) – повышение преподавательских способностей членов профессорско-преподавательского состава. С10 предусматривает мероприятия, направленные на повышение компетентности преподавателей в проведении интегрированных практических занятий, в применении методов активного обучения в ходе занятий и в оценке успеваемости студентов. Если члены профессорско-преподавательского состава планируют преподавать и оценивать студентов по-новому, так, как это прописано в Стандартах 7,8 и 11, им нужно предоставить возможность развивать и улучшать свои собственные профессиональные навыки. Стандарт 11 (С11) – оценка усвоения навыков CDIO. С11 раскрывает, что именно подлежит оценке в CDIO. Речь идёт об оценке успеваемости студентов в усвоении личностных, межличностных компетенций, способности создавать продукты и системы, а также в усвоении дисциплинарных знаний. Если в программе CDIO приоритетны личностные, межличностные компетенции студентов, их умение создавать продукты и системы, если эти компетенции установлены как показатели эффективности обучения, требуется выработать эффективные методы оценки этих навыков. Необходимо выработать различные критерии оценки по каждому из обозначенных результатов обучения. Стандарт 12 (С12) – оценка программы CDIO. С12 предусматривает наличие системы, по которой осуществляется оценка всей программы по перечисленным двенадцати стандартам для студентов, преподавателей и других ключевых участников с целью непрерывного совершенствования образовательного процесса. Под оценкой программы понимается соответствие всей программы установленным показателям успешности. Основная задача проведения оценки программы состоит в том, чтобы оценить её эффективность и степень достижения поставленных целей.

Таким образом, видно, что стандарты CDIO не только определяют отличительные черты программ, но и выступают "руководством к действию"

в проведении образовательных реформ, а также осуществлении оценки их эффективности. Согласно [2], предложенные CDIO стандарты фактически помогают вузу сформулировать цели и задачи, достижение которых позволит этому учебному заведению завоевать общественное и профессиональное признания в мире.

CDIO Syllabus содержит перечень компетенций в области техники и технологий, которые планируется сформировать у студента в результате освоения образовательных программ. Этот документ представляет собой удобный "инструмент" для того, чтобы связать компетенции с "результатами обучения" по циклам дисциплин (или по отдельным дисциплинам). Планируемые "результаты обучения" содержат 4 основные уровня. Каждый из этих уровней ступенчато распадается на множество компетенций более глубокого уровня (декомпозиция уровня компетенций) [5]. В силу ограниченности размера статьи мы укажем лишь верхний уровень:

1. Дисциплинарные знания и основы, куда входят: базовые знания математики и естественных наук (физики, химии, биологии), ключевые знания основ инженерного дела (в зависимости от программы) и углублённые знания основ инженерного дела (также в зависимости от программы).

2. Профессиональные компетенции и личностные качества, куда входят: аналитическое обоснование и решение проблем; экспериментирование, исследование и приобретение знаний; системное мышление; позиция, мышление и познание; этика, справедливость и другие виды ответственности.

3. Межличностные умения, работа в команде и коммуникации, куда входят: работа в команде; коммуникации; коммуникация на иностранных языках.

4. Планирование, проектирование, производство и применение продукции (систем) в контексте предприятия, общества и окружающей среды, куда входят: социальный и экологический контекст; предпринимательский и деловой контекст; планирование, системный инжиниринг и менеджмент; проектирование, производство и применение.

Из выше изложенного следует, что реализация концепции CDIO в отдельном вузе является непростой задачей, требующей колоссальных усилий всего персонала, начиная с руководства вуза. Тем не менее, с нашей точки зрения, отдельные позиции этой системы не только можно, но и нужно использовать в практике инженерного образования в России. Речь идёт, прежде

всего, о разработке рабочих программ отдельных дисциплин, а также о разработке ООП<sup>8</sup> по направлению обучения. Как известно, ФГОС ВО<sup>9</sup> задают цели обучения в виде требования к приобретению выпускником компетенций. При этом отсутствует детализация (или, по-другому, декомпозиция) целей обучения. Например, в ФГОС ВО по направлению "Электротехника и электроэнергетика" сформулирована компетенция, которая охватывают всю естественно-научную и математическую подготовку одной максимально размытой целью "способность применять физико-математический аппарат, методы и модели теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач". Очевидно, разработчики стандартов предполагали, что всю работу по декомпозиции такой ёмкой компетенции работники вуза проведут самостоятельно. Безусловно, проведут. Но качество такой работы, в целом, может оказаться невысоким. По нашему мнению, декомпозиция компетенций должна быть (в какой степени, – можно обсуждать) выполнена уже в самом ФГОС ВО специалистами высокого уровня, имеющими возможность сверить свою позицию со всеми заинтересованными участниками процесса подготовки инженерных кадров, в том числе и с главным заказчиком инженерных кадров – государством и представителями бизнеса. Проект CDIO положительно отличается от ФГОС ВО тем, что идеологи проекта выполнили декомпозицию целей обучения. Это не означает, что разработчики рабочих программ отдельных дисциплин не будут осуществлять дальнейшую детализацию целей обучения. Но у них будет множество ориентиров для осуществления этого процесса в том направлении, которое приведёт к успешности обучения. Если конечные цели обучения сформулированы неопределённо, то и результат такого обучения может быть столь же неопределённым.

Таким образом, международный проект по реформированию инженерного образования (инициатива CDIO) предлагает целостную систему, позволяющую привести высшее инженерное образование в соответствие с требованиями, выдвигаемыми современной и будущей промышленностью. Хотя, в целом, реализовать концепцию CDIO в отдельном вузе непросто, тем не менее, эта инициатива предлагает ряд решений, которые могут быть использованы в не-

---

<sup>8</sup> ООП – основная образовательная программа.

<sup>9</sup> ФГОС ВО – Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования.

которых ООП, если разработчики этих программ стремятся предоставить обучающимся возможность получить техническое образование высокого качества.

### **Библиографический список**

1. Петровская, Т. С. CDIO: концепция совершенствования инженерного образования. Электронный ресурс:

[http://www.marstu.net/Portals/Public/troubles/2013\\_0560.pdf](http://www.marstu.net/Portals/Public/troubles/2013_0560.pdf)

2. Международный семинар по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования "Всемирная инициатива CDIO" : мат. для участников семинара – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 60 с.

3. Международная инициатива CDIO в СФУ. Электронный ресурс: <http://edu.sfu-kras.ru/engineering/cdio>

4. Чучалин, А. И., Петровская Т. С., Таюрская М. С. Международные стандарты CDIO в образовательном стандарте ТПУ // Вестн. высшей школы "Alma mater". – 2013. – № 7. – с. 11.

5. Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной. – Томск : Изд-во Томского политех. ун-та, 2011. – 22 с.

## Геоинформатика, изъяны её в преподавании

**Деймундт А. С.** (г. Санкт-Петербург, ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики"), e-mail: Starburst91@corp.ifmo.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен современный статус геоинформатики как науки, и как направления образовательного процесса. Рассмотрены основные недостатки текущего статуса геоинформатики, сформулированы предложения по смене ее направленности, влекущие за собой существенные изменения в преподавании и подготовке специалистов в области геоинформатики.

**Abstract.** In this article the modern status of geo-informatics as a science and as direction of educational process is observed. Main disadvantages of nowadays geo-informatics's status are also observed. In this article formed some purposes changing the status quo as in pedagogical activity as in forming new level specialists.

**Ключевые слова:** геоинформатика, сети Петри, моделирование, науки о Земле, гетерогенность, включения.

**Key words:** geo-informatics, Petri net, modeling, Earth science, heterogeneity, implications.

На данный момент геоинформатика воспринимается скорее вспомогательной дисциплиной, основной целью преподавания которой является иллюстрация связи между современными достижениями информационных технологий и собственно профильных дисциплин о Земле. За период существования и развития науки очертился круг проблем, связанных с обучением студентов основам геоинформатики. Вопросы преподавания в вузе этого предмета достаточно слабо разработаны [1]. Это подтверждают многие ученые, например, И. К. Лурье [2, с. 86] считает, что в области геоинформационной подготовки в настоящее время преобладает самообразование [3]. Проблематика данной статьи состоит в том, что основное внимание уделяется прикладным навыкам – а именно работе в средах MAPinfo, ArcGIS, GeoMedia и др. При этом практически полностью игнорируется фундаментальная часть комплекса дисциплин и теории среднего уровня. Таким образом, развитие геоинформатики как науки тормозится и сама геоинформатика рассматривается как частная дисциплина в отрыве от реальных проблем и научных дискуссий в плоскости наук о земле. Однако несмотря на это, геоинформатика задействует ряд серьезных научно-технических средств и ставит серьезные и обширные классы задач из области математики (класс геодезических задач, как приложение геодезических задач – решение этих задач на шаре, на геоиде и других пространственных фигурах). Что касается представления данных,

то в курсе лекций по геоинформатике эта часть, как правило, игнорируется, основное внимание же уделяется адаптации и применению математических методов различной направленности для решения прикладных задач. Задействованные в геоинформатике типы данных, также как правило, не рассматриваются отдельно. Представление о данных в геоинформатике сводится к существующим и активно используемым структурам данных – очередям, стекам, списки, сетям, словарям (весьма распространенных), деревьям. Однако наиболее активно представление геоинформатики как расширения теории баз данных с пространственной компонентой. Наиболее остро встает вопрос подготовки кадров, понимающих саму специфику геоинформационных технологий и методов, и способных мыслить в этих категориях. Однако на данный момент геоинформатика, как уже было сказано – дисциплина с прикладной направленностью и недостаточной освещенностью некоторых принципиальных вопросов. К принципиальным вопросам в преподавании геоинформатики, а также самой геоинформатики как науки стоит отнести следующие:

1. Классы математических задач, способных к адаптации для нужд наук о Земле.

2. Вопрос о статусе данных гетерогенной природы, рассматриваемых в одном массиве.

3. Вопрос гетерогенных данных и статуса включений.

4. Вопрос геоинформационного моделирования, с учетом специфики собираемых данных.

5. Вопрос арсенала используемых средств.

6. Вопрос возможных, непротиворечивых, расширений для нужд существующих парадигм моделирования.

Как правило, геодезические задачи рассматриваются в прикладном русле, а также в рамках высшей геодезии, при этом не освещается интерес профессиональных математиков к геодезическим задачам. Также интересен класс задач об односторонних поверхностях.

Основаниями для данных выводов и выкладок являются образцы учебных планов по дисциплинам Компьютерные технологии в геологии [4], ГИС в геологии [5].

Данные гетерогенной природы – под ними подразумевается скорее нужда геологии в качественных типах данных, учитывающих природные особенности горных пород, ископаемых различного рода и др. В данном контексте стоит обратить особое внимание на матричное представление геологических данных (ЭВМ геологии ссылка). Ибо в основном используются разреженные

матрицы. С позиций ЭВМ данная матрица является массивом со ссылками и указателями на другие матрицы. Однако гетерогенность некоторых пород предполагает принципиальное отличие между телом породы и включением, в ходе которого используются не только различные подходы, но и характеристики методов обработки. В матрице с непрерывными значениями есть разрежение со ссылкой на матрицу дискретную, а то и вовсе стохастическую. Обилие ссылок и указателей в массиве создает существенные трудности в программировании из-за разницы в методах, используемых для обработки этих данных, а также сильно нагружает аппаратные ресурсы.

Вопрос гетерогенных данных и статуса включений предполагает разработку математических средств, обладающих описательной способностью, а также прогностической силой явлений, и истории земли. Статус включений, как правило – добавочный, и, как было сказано выше – вырождается в указатель или ссылку. Некоторые включения и вовсе игнорируются.

К вопросу о моделировании – моделирование структур реального мира сопряжено с трудностями. Трудности эти – имитационный характер, наукоемкость, дороговизна проведения эксперимента.

Моделирование как краеугольный камень научного познания в науках о Земле сталкивается с чрезвычайно большим количеством факторов и зависимостей, требующих учета. Также в русле геологии и истории Земли чрезвычайно важен вопрос о статусе категории времени. Однако в современной математике и в эконометрике есть структуры, модели и методы, способные обогатить науки о Земле и сравнительно небольшими усилиями добиться высокого уровня детализации и достоверности моделей.

Некоторые структуры модели и методы: панельные данные, временные ряды, случайные процессы, сети, а конкретный интерес представляют сети Петри, имевшие первоначально химическое предназначение. Основаниями для взятия в фокус обозрения именно этих структур и моделей послужили:

1. Адаптивность.
2. Междисциплинарный характер.
3. Развитость методов обработки больших объемов данных.
4. Строгие математические аксиоматики каждого из методов и моделей.
5. Высокая описательная способность.
6. Прогностическая сила.

Наибольший интерес в моделировании и прогнозировании представляют сети Петри. Сети Петри представляют собой двудольный ориентированный граф, предполагающий большое количество расширений, выдающий

на выходе состояние системы. Этим также объясняется возможность вовлечения процессов Дирихле в процесс моделирования сложных систем с большим количеством состояний. Безусловно, это строгие математические методы, однако именно они в силу вовлечения вероятностных структур и допускающих более одного варианта развития событий представляют интерес в качестве описательного и прогностического инструмента геоинформатики – предоставляющей, в свою очередь мощные вычислительные и проектные ресурсы. Однако, несмотря на все прелести приведенных моделей, методов и средств, большим спросом в среде геоинформационных технологий они не пользуются. Геоинформатика стоит в подчиненном положении у информационных технологий и конкретных наук о Земле. Однако геоинформатика это самостоятельная наука.

### **Библиографический список**

1. Ольштейн, А. А. Обучение студентов вузов основам геоинформатики // Электронный научный журнал "Вестник Омского государственного педагогического университета" Вып. 2006, <http://www.omsk.edu/article/vestnik-omgpi-121.pdf>.

2. Лурье, И. К. Обучающие ГИС для наук о Земле // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 1998. – № 1(13). – С. 86–89.

3. Иванников, А. Д., Кулагин В. П., Тихонов А. Н. [и др.]. Геоинформатика. – М. : МАКС Пресс, 2001. – 349 с.

4. Аннотация рабочей программы дисциплины Б2.ДВ2 Компьютерные технологии в геологии. [http://isu.ru/filearchive/speciality/GEO/020700.62\\_geo/%D0%912.%D0%94%D0%92.2%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20%D0%B2%20%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8.pdf](http://isu.ru/filearchive/speciality/GEO/020700.62_geo/%D0%912.%D0%94%D0%92.2%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20%D0%B2%20%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8.pdf).

5. Учебно-методический комплекс дисциплины "Геоинформационные системы в геологии" <http://www.amursu.ru/attachments/article/6124/%D0%A3%D0%9C%D0%9A%D0%94%20301%20%D0%93%D0%98%D0%A1%20%D0%B2%20%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8.pdf>.

6. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М. : Мир, 1984. – 264 с. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М. : Мир, 1984. – 264 с.

7. Котов, В. Е. Сети Петри. – М. : Наука, 1984. – 160 с.

## **Опыт инновации в обучении по охране труда работников строительного предприятия**

**Кувшинов А. В., Кувшинов Д. А.** (г. Петрозаводск, ФГБОУ ВПО "Петрозаводский государственный университет", кафедра организации строительного производства, e-mail: KuvshinovDA@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности мероприятий охраны труда за счет дополнения программ обучения и инструктирования по активизации регулярного и обязательного самоконтролем с отчетом каждым работником. Описывается пробный обучающий эксперимент по развитию осознанной внимательности и осторожности у работников.

**Abstract.** In the article the questions of increase of efficiency of activities of labour protection by supplementing the training programs and guide Akti-Vitali and regular self-control report each employee. Describes the trial experiment for the development of conscious care and caution workers.

**Ключевые слова:** система мероприятий, охрана труда, строительство.

**Key words:** system of measures, occupational safety, construction.

Анализ нежелательных событий, включая травмы, заболевания и другие виды реализации опасности труда на предприятиях Северного и Северо-Западного регионов показывает, что в числе наиболее опасных по своей трудовой деятельности являются строительные предприятия. Средняя величина профессионального риска труда со смертельным исходом для строительных предприятий по Республике Карелия за период с 2008 по 2015 г. составила порядка  $6 \cdot 10^{-4}$  [1]. В Республике Карелии в строительной области работает около 3 500 работников, таким образом, за год погибает в среднем 2 строителя в год.

На величину производственного травматизма влияют разнообразные факторы. Его последствия имеют важное социальное значение и оказывают значительное негативное психологическое воздействие на всех участников производственного процесса. В связи с этим профилактика травматизма направлена на анализ, разработку и контроль исполнения практических мероприятий в области улучшения технологии и организации производства, а также физиологии и психологии труда, социальных межличностных отношений среди персонала.

Эффективность решения задач повышения безопасности труда при производстве строительных работ определяется рядом факторов, в том числе уровнем квалификации работников, их умением выполнять эти работы. В процедурах снижения травматизма эффективными средствами являются инструктаж, производственное обучение, аттестация по охране труда и промышленной безопасности рабочих и инженерно-технического персонала (работников), а также пропаганда выполнения требований правил и норм.

Северная специфика организации работ и трудовых отношений в строительстве разнообразных объектов делает необходимым осуществлять постоянный контроль за работой персонала в режиме оперативного управления. Для разработки оперативных указаний, направленных на снижение уровня травматизма, важно проводить качественный и количественный анализ не только ситуаций, завершившихся несчастными случаями (НС), но и проводить анализ ситуаций, в которых факторы, характеризующие данную ситуацию, были настолько отклонены от нормы, что создали повышенную вероятность возникновения НС. На основе такого углубленного системного анализа НС и ситуаций с повышенной опасностью, которые с высокой степенью вероятности могли привести к возникновению НС, формируется системность подхода к разработке и осуществлению комплексных профилактических мероприятий по охране труда [2].

Многолетний опыт показывает, что главными причинными факторами несчастных случаев являются профессиональные ошибки в виде отклонений от норм правил охраны труда в действиях персонала. Адекватное поведение (мышление и профилактические защитные действия) помогает человеку разобраться точнее и быстрее в складывающейся ситуации, принимать и выполнить решения, обеспечивающие успешность действий (движений и т. п. поведенческих актов деятельности). Неадекватное, поведение проявляется как ошибочные неумышленные или умышленные отклонения от нормальности и правильности.

Практика показывает, что одно только внешнее управление поведением со стороны нежелательных случаев и/или указаний мастеров не эффективно. Причины этого следует искать в нарушениях гармонии человеческих организменных связей, которые, в свою очередь периодически делают неадекватным взаимодействие работника с самим собою и с обстоятельствами и условиями окружающей его среды.

При этом в человеке сущность познания и управления переплетены и отображаются его мышлением. Поэтому у работника необходимо развивать и повышать уровни сложности системности мышления адекватно уровням сложности выполняемых производственных заданий.

Для выработки таких адекватных приемов управления необходимо разработать соответствующие регулирующие средства (средства приема, накопления и передачи информации, а также средства обучения работников и др. средства управления его поведением).

Отклонения от норм и требований своей наглядностью и определенностью человеку ассоциируются с тяжестью возможных нежелательных потерь (неисправностей, ущербов и т. п.), а частота ситуаций с этими отклонениями, ассоциируется с вероятностью реализации опасности в виде тех или иных по тяжести потерь.

Эти отклонения происходят как в условиях труда (грязь, загроможденность рабочего места, неработающие лампы освещения, сквозняки, перепады высоты, перемещение груза над местом работы, сырость, жара, холод, скользкие места и т. п.), так и действиях самих работников. Поэтому управлять и поддерживать защищенность от опасности целесообразно на основе оперативной информации одновременно об отклонениях от норм и правил в состояниях условий труда и в состояниях действий самого работника. Это особенно важно в отношении трудовых процессов на уровне первичных подразделений строительного предприятия [3].

Факты произошедших несчастных случаев показывают, что мероприятия по охране труда и промышленной безопасности необходимо дополнить мероприятиями, активизирующими работников на внимательность и оценивание ситуаций с отклонениями от норм и правил.

Апробация таких активизирующих мероприятий был осуществлен авторами данной статьи на основе привлечения работников к их самонаблюдению за изменением уровня опасности в их работе и быту, соответственно в рабочее время и во время после работы, включая выходные дни. Этот эксперимент, осуществлялся с привлечением работников одного из первичных подразделений строительного предприятия Карелии. Были разработаны анкеты в виде таблиц, в которых по вертикали выделялись ситуации с тремя уровнями степени опасности (малая, средняя и большая). По горизонтали указывались дни недели. При этом ситуации выделялись по рабочему и нерабочему времени их формирования.

Для эксперимента, по согласованию с руководителем предприятия, прорабом и мастером участка были выбраны два работника, которые часто нарушали нормы и правила. При этом, в дополнение к ним, один из работников "не нарушителей" сам попросил выдать и ему анкеты для отметок выявляемых им уровней опасности.

Мастер обязал их наблюдать за своими действиями и выделять ситуации, в которых эти работники, по их мнению, оказывались в ненормальных условиях труда, и ситуации, в которых сами работники допускали отклонения от норм и правил, а потом сами же их исправляли.

Со стороны мастера было указано, что и он также будет отмечать и оценивать уровни опасности ситуаций, в которых эти работники оказывались в течение рабочего времени.

Перед началом этих самонаблюдений со всеми работниками участка была проведена беседа в виде внепланового инструктажа.

Целью внепланового инструктажа было информирование работников о причинах эксперимента и методике выявления уровня опасности по видимым отклонениям от норм и правил, с одной стороны, и по ощущениям и чувству отклонений самими работниками, с другой стороны, которые мешают выполнению работы.

При этом проявление опасности по степени тяжести возможных неблагоприятных последствий (ущерба) и возможности (вероятности) её реализации, ассоциировалось с возникающими отклонениями от норм и правил по их величине и частоте возникновения.

Работники также были проинформированы об особенностях строительных работ, выполняемых предприятиями Республики Карелия. Поскольку эти особенности, в условиях отклонений от нормативов труда, значительно повышают вероятность и тяжесть последствий, в том числе и смертельных случаев.

После инструктажа мастер выдал этим трем участникам эксперимента анкеты для отметок о выявленных ими опасных ситуациях с повышенной опасностью.

В процессе эксперимента мастер в начале каждого рабочего дня просматривал у этих работников их отметки, об уровнях опасности и количестве таких ситуаций за предыдущий день. После чего вносил их отметки в свой блокнот. В случаях сомнения у мастера по поводу отметок, сделанных работником, мастер совместно с этим работником уточняли эти отметки.

Эти данные в конце рабочей недели передавались специалисту по охране труда, с которым авторы статьи совместно подсчитывали уровневые зна-

чения рисков. На основе каждодневных уровневых рисков подсчитывались средние значения каждодневных профессиональных рисков и рисков бытовых.

Расчет производился по известной формуле как произведение вероятности реализации опасности на тяжесть возможных нежелательных последствий.

Для этих расчетов тяжесть нежелательных последствий оценивалась в баллах: пять баллов – "большая опасность", три балла – "средняя опасность", один балл – "малая опасность".

Также для этих расчетов вероятность реализации уровневой опасности выражалась баллами в соответствии с количеством раз проявлений каждодневных производственных или бытовых ситуаций, повышающих опасность. Соответственно в бальном исчислении:

- "малая вероятность" выражалась одним баллом, при количестве ситуаций один раз;
- "средняя вероятность" выражалась тремя баллами, при количестве ситуаций два и три раза;
- "большая вероятность" выражалась пятью баллами, при количестве ситуаций четыре и более раз.

В таблицах 1 и 2 представлены рассчитанные средние риски по данным из отметок, сделанных в индивидуальных анкетах каждым из трех участников эксперимента. Эти данные показывают каждодневные риски для коллектива из трех работников.

Таблица 1 – Изменения средних величин риска ситуаций с повышенной опасностью, проявленных по дням 1-й недели эксперимента

<b>Риски в рабочее / нерабочее время</b>						
Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
8,85/9,72	4,71/5,11	7,00/7,53	5,00/5,20	6,57/7,20	13,15	11,71

Таблица 2 – Изменения средних величин риска ситуаций с повышенной опасностью, проявленных по дням 2-й недели эксперимента

<b>Риски в рабочее / нерабочее время</b>						
Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
7,92/8,98	4,01/4,83	6,56/6,93	4,80/4,91	5,92/6,87	11,31	9,81

Характерным для 1-й недели оказалось, что работники наибольшее количества ситуаций с повышенным уровнем опасности замечали и выявляли

по отклонениям от норм в состояниях условий труда. Поэтому мастеру чаще приходилось обращать внимание работников на отклонения в их личных действиях и уточнять с ними количества таких ситуаций для рабочего времени. При этом после рабочего дня и в нерабочие дни (воскресенье и субботу) этих ситуаций у каждого участника эксперимента было отмечено большее количество и больший уровень опасности этих нерабочих ситуаций.

Индивидуально, количество выявленных ситуаций повышенной опасности у всех трех участников было разным: и по дням, и их общее количество за неделю. При этом у участника "не нарушителя", количество ситуаций с выявленным уровнем опасности, в большей степени совпадал с отметками мастера, чем у участников – "нарушителей".

В течение 2-й недели в рабочее и нерабочее время количество этих ситуаций по уровню риска, у всех участников оказалось примерно одинаковым. Опасность ситуаций в нерабочее время оказалась у всех участников выше, чем в рабочее время. Одновременно с этим, выявляемые участниками "нарушителями" количества ситуаций и их уровни опасности в большей степени совпадали с выявленными ситуациями мастера. При этом, по мнению участников эксперимента, эти обязывающие их самонаблюдения оказались полезными и помогли им почувствовать, что такое осмысленная внимательность и осторожность в их поведении, в том числе и быту.

В результате пробного эксперимента мастером было отмечено в действиях работников общее повышение аккуратности, внимательности как со стороны участников эксперимента, так и остальных работников. При этом произошло общее снижение количества ситуаций труда среди работников участка с существенными отклонениями от норм в их работе, а также увеличение количества обращений с информацией о ненормальных условиях их труда.

**Выводы:**

- в номенклатуру мероприятий системы охраны труда целесообразно ввести организацию и осуществление таких процедур оперативного контроля, самонаблюдения и осуществлять их с определенной регулярностью;
- необходимо продолжить такие наблюдения и дополнить расчет рисков, расчетами прогноза тренда рискованности в действиях конкретных работников;
- наряду с обучением высокопрофессиональным производственным умениям целесообразно у работников формировать основы психолого-педагогического общения между людьми.

### **Библиографический список**

1. Официальный сайт Федеральной службы по труду и занятости [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rostrud.ru>.

2. Кувшинов, Д. А., Кувшинов А. В. Основы управления оперативными рисками. Моделирование переходных процессов изменения опасности ситуации. Ч. 1. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2015. – 36 с.

3. Кувшинов, А. В. Снижение опасности труда в малых строительных предприятиях / А. В. Кувшинов, Д. А. Кувшинов. Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сб. ст. науч.-практ. конф. (23–27 июня 2014 г.) / ПетрГУ. – Петрозаводск : Изд-во Петропресс, 2015. – С. 96–102.

## Модернизация морского образования в России

**Михайлюк А. В.** (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: mihaylyukav@mstu.edu.ru*)

**Аннотация.** В работе показаны перспективы модернизации морского образования в России в условиях новой экономики. Рассмотрен вариант создания ВУЗа нового типа – "Национальный морской университет", в котором процесс образования и научная деятельность должны строиться в соответствии с основными принципами Всемирной инициативы CDIO.

**Abstract.** Possibilities of modernization of the sea education in Russia in the conditions of new economy are shown in work. The option of creation of the HIGHER EDUCATION INSTITUTION of new type is considered – the "National sea university" at which process of education and scientific activity have to be based according to the basic principles of the World initiative of the CDIO.

**Ключевые слова:** морское образование, Всемирная концепция CDIO, национальный морской университет, морской кластер, MariNet.

Key words: sea education, World concept of CDIO, national sea university, sea cluster, MariNet.

Начало XXI в. показало, что в экономиках развитых стран происходят кардинальные перемены, связанные со сменой технологического уклада и наступлением "постинформационной" экономики. Новый научно-технологический уклад базируется на информационно-коммуникационных и нано-био-когнитивных технологиях [1], сопровождается изменениями в науке и образовании, изменениями содержания и форм передачи, освоения знаний. Продуктом образования являются новые знания, компетенции, человеческий капитал: интеллектуальный, социальный и производственный.

Анализ ресурсной структуры экономик различных стран мира, проведенный в 2006 г. Всемирным Банком [2], показал превалирующую роль интеллектуального ресурса над другими основными ресурсами – природными и производственными (рис. 1).

В России структура экономики выглядела несколько по-другому (рис. 2). Основной вклад в ВВП составили природные ресурсы.

Результаты исследования Всемирного Банка показали фундаментальную важность образования в жизни человечества и послужили дополнительным импульсом в его реорганизации [2]. Практически все развитые и мно-

гие развивающиеся страны приняли новые программы развития образования и науки : Финляндия – в 2004–2005 гг., Израиль – в 2005 г., Австрия, Норвегия и Венгрия – в 2005–2007 гг., Германия и Бразилия – в 2006 г., Дания, Ирландия, Канада – в 2007 г., Великобритания и Швеция – в 2008 г., Франция – в 2011 г.. Но раньше других этот процесс начался в США – в 1997 г. Китай дважды возвращался к вопросу совершенствования системы образования: в 2002 и 2010 гг. В Польше в 2011 г. была принята программа под названием "Национальные центры лидерства в области научных исследований". Сегодня в регионе Балтийского моря развиваются крупные морские университетские комплексы в Гданьске и Щецине, морская академия в Гдыне, подпитываемые грантами и программами ЕС. На постсоветском пространстве значительное внимание образованию уделяет республика Казахстан [2].



Рисунок 1 – Структура ВВП различных стран



Рисунок 2 – Структура ВВП России

В России модернизация системы образования проводится в течение последних десяти лет. На необходимость изменения подхода к образованию в условиях новой экономики обратил внимание Президент РФ В. В. Путин в своем Послании Федеральному Собранию 3 апреля 2001 г. [3]. А в Послании Федеральному Собранию 4 декабря 2014 г. Президент выразил свое глубокое убеждение в том, что Россия способна "стать поставщиком идей, технологий для всего мира" и обозначил Национальную технологическую инициативу одним из приоритетов государственной политики. Также В. В. Путин отметил: "К сожалению, мы по-прежнему обучаем значительную часть инженеров в вузах, которые давно оторвались от реальной производственной базы, от передовых исследований и разработок в своих областях. Пора перестать гнаться за количеством и сосредоточиться на качестве подготовки кадров, организовать подготовку инженеров в сильных вузах, имеющих прочные связи с промышленностью, и лучше, конечно, в своих регионах" [4].

В 2013 г. Агентство стратегических инициатив (АСИ) предложило проект и ряд мероприятий по модернизации инженерного образования на основе Всемирной инициативы CDIO [5]. Концепция CDIO – международный проект реформирования базового (первый уровень – бакалавриат) высшего образования в области техники и технологий с участием ученых, преподавателей и представителей промышленности. Цель её – устранение противоречий между теорией и практикой в инженерном образовании. Обучение студентов строится на основе освоения ими инженерной деятельности в соответствии с моделью: "Планировать – Проектировать – Производить – Применять" высокотехнологичные реальные системы, процессы и продукты на мировом рынке [6].

В 2015 г. АСИ разработало программу мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 г. [7]. Морехозяйственная деятельность соответствует установленным АСИ критериям выбора новых рынков и вписывается в перспективные рынки будущего: EnergyNet, FoodNet, SafeNet, HealthNet, AeroNet, MariNet, Autonet, FinNet, NeuroNet. Одним из стратегических рынков мировой морехозяйственной экономики может стать MariNet – морская отрасль, в центре внимания которой три связанных между собой сегмента: цифровая навигация, инновационное судостроение и освоение ресурсов океана.

По результатам исследования АСИ морское образование будет являться одним из основных элементов мирового перспективного рынка морехозяйственной деятельности. Для обеспечения устойчивого развития России и занятия новых ниш MariNet в экономике очень важна модернизация морского образования, воссоздание исследований Мирового океана и освоения акватории Арктики и Дальнего Востока. Успешное решение этих задач связано с организацией морских кластеров – объединений различных организаций и предприятий, осуществляющих морехозяйственную деятельность на прибрежных территориях России, из которых ключевыми являются крупные порты – выходы в Мировой океан [2].

Ключевым звеном процесса внедрения стандартов инженерного образования CDIO в систему морского образования России является создание национальных морских университетов [2]. Предлагается перенести лучшие наработки этой инициативы и опыт морских вузов России в подготовку морских инженеров, судостроителей и судоводителей, специалистов новых морских профессий.

Национальные морские университеты должны стать исследовательски-образовательными и высокотехнологическими производственными комплексами, состоящими из НИИ и вузов с сетью малых инновационных предприятий. По сути, они будут являться морскими предпринимательскими университетами [2, 7, 8], в которых образовательная, научная и хозяйственная деятельность проходит в соответствии с принципами CDIO.

Предлагается создать национальные морские университеты на базе университетов Минтранса и Росрыболовства на всех выходах России к Мировому океану (Санкт-Петербург, Калининград, Астрахань, Крым, Дальний Восток, Мурманск и др. центры морских кластеров). Сохранить ведомственную принадлежность университетов с общим научно-методическим обеспечением их деятельности Министерством образования и науки России. Предусмотреть морским университетам возможность самостоятельно разрабатывать и утверждать образовательные стандарты с учетом требований международных морских организаций. Приравнять статус национальных морских университетов к статусу Национальных Исследовательских Университетов и закрепить его соответствующими правовыми актами [2].

Свое видение национальных морских университетов сформулировали ученые Калининградского государственного технического университета

и представили на примере развития университетского комплекса КГТУ – БГАРФ. Ученые КГТУ обосновывают, что в ближайшие годы комплекс способен перерасти в крупнейший морской научно-исследовательский, инновационно-технологический и предпринимательский центр на дальнем Западе страны, решающий проблемы и определяющий политику морехозяйственной деятельности России в Атлантическом океане [2, 8].

В основании предложенной модели – кадетские и профильные классы общеобразовательных школ. Морской предпринимательский университет включает ССУЗы, ВУЗы, базовые кафедры, бакалавриат, специалитет и магистратуру, аспирантуру и докторантуру, конвенционную подготовку и систему непрерывной профессиональной переподготовки кадров с одной стороны, а также научно-учебные суда, базовые лаборатории, тренажерные центры, студенческое КБ, малые предприятия, маркетинговый, инновационный, трансфера технологий и иные центры, включая центры "Интеллектуальный университет", ситуационный "Центр безопасности мореплавания".

Таким образом, модель национального морского университета можно рассматривать как реализацию проектно-ориентированного образования на основе Всемирной инициативы CDIO. Национальные морские университеты могут стать основой в реализации Национальных технологических инициатив на рынках MariNet, в обеспечении выполнения Морской доктрины и Доктрины продовольственной безопасности России. Выпускники национальных морских университетов – это специалисты морехозяйственной деятельности, конкурентоспособные на международном рынке труда. Поэтому морское образование – это предмет инвестиций, поставщик интеллектуального, социального, производственного ресурса в приморских регионах России, ядро морских кластеров.

### **Библиографический список**

1. Ковальчук, М. В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. – 2011. – Т. 6. – № 1 – 2. – С. 13–23. – Режим доступа: [www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru).
2. Волкогон, В. А., Кострикова Н. А., Яфасов А. Я. Морское образование – стратегический ресурс развития Калининградского региона // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота. – 2015. – № 3 (33). – Режим доступа: <http://www.bgarf.ru/science/journal-izvestia/33-2015/morskoe-obrazovaniye.pdf>.

3. Послание Президента России ФС РФ. – 2001 г. – Режим доступа: [www.kremlin.ru](http://www.kremlin.ru).

4. Послание Президента России ФС РФ. – 2014 г. – Режим доступа: [www.kremlin.ru](http://www.kremlin.ru).

5. Модернизация инженерного образования на основе Всемирной инициативы CDIO : проект / Агентство стратегических инициатив. – М. : АСИ, 2013. – Режим доступа: [www.asi.ru](http://www.asi.ru).

6. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной ; Томский политех. ун-т. – Томск : Изд-во Томского политех. ун-та, 2011. – 17 с.

7. Национальная технологическая инициатива / Агентство стратегических инициатив. – М. : АСИ, 2015. – Режим доступа: <https://asi.ru/nti/>.

8. Константинов, Г. Н., Филонович С. Р. Что такое предпринимательский университет // Вопросы образования. – 2007. – № 1. – С. 49–62.

9. Волкогон, В. А. Морской предпринимательский университет – новый взгляд на систему подготовки кадров в отраслевых вузах / В. А. Волкогон. – Калининград : Изд-во КГТУ – БГАРФ, 2015. – 28 с.

**Образование и научные журналы**  
(по материалам журнала "Успехи физических наук")

**Никонов О. А.<sup>1</sup>, Шолохов В. С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра общей и прикладной физики, e-mail: Oleg.Nikonov@rambler.ru).

<sup>2</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный арктический университет", кафедра математики, физики и информационных технологий, экономики и информационных технологий, e-mail: mshu@mshu.edu.ru)

**Аннотация.** Необходимость совершенствования преподавания физики в техническом университете определила цель данной работы – обоснование целесообразности использования материалов, публикуемых в научных физических журналах в лекционном курсе физики. Это связано с тем, что учебники даже самых последних лет издания не могут отразить результаты быстрого развития физической науки.

**Abstract.** The necessity of improving the teaching of physics at the technical University defined the purpose of this paper is the substantiation of necessity of use of materials published in scientific journals in the physical lecture course in physics. This is because textbooks, even the most recent publication years may not reflect the results of the rapid development of physical science.

**Ключевые слова:** физическое образование, квантовая физика, специальная теория относительности, релятивистские эффекты, космология, космическое фоновое излучение.

**Key words:** physics education, quantum physics, special relativity, relativistic effects, cosmology, cosmic background radiation.

Стремительное развитие науки и техники требует дальнейшего совершенствования преподавания физики в средней и высшей школе. С целью поднятия среднего уровня образования выпускников средней и высшей школ, необходимо постоянно совершенствовать новые образовательные технологии, сочетающие традиционные формами обучения с современными информационно-коммуникационными технологиями, используя внутреннюю мотивацию школьников к мультимедийным и цифровым технологиям говорится в решении XIII международной учебно-методической конференции [1].

На государственном уровне этой проблеме уделяется серьезное внимание. В приказе Минобрнауки России от 12.03.2015 № 219 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата)" говорится: "Объектами профессио-

нальной деятельности выпускников, освоивших программы бакалавриата, являются информационные процессы, технологии, системы и сети, их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение, способы и методы проектирования, отладки производства и эксплуатации информационных технологий и систем в области машиностроения, приборостроения, техника, образование, медицина, административное управление, юриспруденция, бизнес, предпринимательство, коммерция, менеджмент, банковские системы, безопасность информационных систем, управление технологическими процессами, механика, техническая физика, энергетика, ядерная энергетика, силовая электроника, металлургия, строительство, транспорт, железнодорожный транспорт, связь, телекоммуникации, управление инфокоммуникациями, почтовая связь, химическая промышленность, сельское хозяйство, текстильная и легкая промышленность, пищевая промышленность, медицинские и биотехнологии, горное дело, обеспечение безопасности подземных предприятий и производств, геология, нефтегазовая отрасль, геодезия и картография, геоинформационные системы, лесной комплекс, химико-лесной комплекс, экология, сфера сервиса, системы массовой информации, дизайн, медиаиндустрия, а также предприятия различного профиля и все виды деятельности в условиях экономики информационного общества.

Виды профессиональной деятельности, которым готовятся выпускники, освоившие программу бакалавриата: научно-исследовательская;

Инновационная.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, в соответствии с видом профессиональной деятельности, на которой ориентирована программа бакалавриата, должен быть готов решать следующие профессиональные задачи: сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.

В результате освоения программы бакалавриата у выпускника должны быть сформированы общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими культурными компетенциями:

Владением культурой мышления, способность к общению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, умение логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь (ОК-1);

Умением применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для интеллектуального развития, повышения культурного уровня, профессиональной компетенции, сохранения своего здоровья, нравственного и физического самосовершенствования (ОК-6).

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

Способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2).

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

Готовностью участвовать в постановке и приведении экспериментальных исследований (ПК-23)" [2].

Учебники даже самых последних лет издания не могут отразить результаты быстрого развития физической науки. Возникает необходимость использования материалов, публикуемых в научных физических журналах в лекционном курсе физики. Непосредственное заимствование материала соответствующего программе из публикаций невозможно по причинам дидактического порядка. Как известно, язык и стиль изложения научной и учебной литературы значительно отличаются и это, в свою очередь, ставит задачу популярного изложения научной информации.

В связи с выше сказанным, из большого списка научных физических журналов, на наш взгляд, наиболее подходящим является журнал "Успехи физических наук" (УФН) ISSN: 0042-1294 (печатный), 1996-6652 (онлайн). На сайте журнала в открытом доступе, без регистрации выставлены все номера журнала адрес в Интернете <http://ufn.ru>

Успехи физических наук – это журнал, публикующий обзоры современного состояния наиболее актуальных проблем физики и смежных с ней наук. Предназначается для научных работников, аспирантов, студентов-физиков старших курсов, преподавателей. Выходит журнал 12 раз в год (1 том, включающий 12 номеров). Он включён в список научных журналов ВАК. Является одним из самых цитируемых российских журналов: в 2010 г. журнал "Успехи физических наук" имел наивысший импакт-фактор среди всех российских научных журналов – 2,471 (1 571-е место в мире). Журнал УФН издается в нашей стране с 1918 г. Данная статья посвящена предстоящему 100-летию его издания.

Главное место в журнале занимает раздел "Обзоры актуальных проблем". В качестве примера публикаций этого раздела можно отметить статью О. В. Верховданов в ней обсуждаются основные результаты космической миссии "Планк" Европейского космического агентства, имеющие первостепенное значение для объяснения происхождения Вселенной, рассматривает этапы получения астрофизической и космологической информации из данных космических микроволновых обзоров неба. Автор приводит сравнение полученных результатов с данными обзоров космической миссии WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) Национального агентства по аэронавтике и исследованию космического пространства (США) и эксперимента BICEP2 (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization 2) [3].

Журнал УФН не оставляет в стороне вопросы методики преподавания физики в вузе. В нем имеется раздел "Методические заметки". Приведем два примера статей этого раздела. А. А. Гриб К вопросу об интерпретации квантовой физики УФН Декабрь 2013 г. Том 183, № 12, С. 1337 – 2013. В ней рассмотрен вопрос о современных интерпретациях квантовой физики. Подробно описана копенгагенская интерпретация и многомировая интерпретация Эверетта.

Автор отмечает, что ни у кого из современных физиков не возникает сомнения в правильности математического аппарата квантовой механики. Мнения специалистов расходятся при попытках интерпретировать этот аппарат. В статье рассматривается формулировка копенгагенской интерпретации, данная Оге Бором, суммирующая результаты многолетних обсуждений интерпретации квантовой теории в Копенгагене во второй половине XX в.

Гриб А. А. в своей работе анализирует Многомировую интерпретацию квантовой механики, предложенную Х. Эвереттом в 1957 г. Эта интерпретация используется при попытках объяснить квантовое рождение Вселенной, основываясь на идее волновой функции Вселенной, существующей и в отсутствии наблюдателя [4].

В качестве второго примера статей этого раздела можно отметить статью В. А. Алешкевича "О преподавании специальной теории относительности на основе современных экспериментальных данных. Автором предлагается новый методический подход к изучению свойств пространства-времени в специальной теории относительности, который основывается на большом экспериментальном материале, накопившемся в XX в. Благодаря, прежде всего, экспериментам с релятивистскими частицами, разгоняемыми в ускорителях, и космических лучах. Такой подход наглядно доказывает, что релятивист-

ские эффекты представляют собой проявления фундаментальных свойств пространства-времени, и позволяет избежать ложного представления, что релятивизм связан исключительно со световыми явлениями [5].

В журнале широко освещается история становления ведущих отечественных физических научно-исследовательских центров. В № 3 за 2016 г. 60-летию Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) напечатана статья В. А. Матвеева "ОИЯИ – инициатор будущих открытий". В статье говорится, что ОИЯИ является всемирно известным научным центром, представляющим собой уникальный пример успешной интеграции фундаментальных экспериментальных и теоретических исследований с разработкой и применением новейших технологий в университетском образовании. Членами ОИЯИ являются 18 государств. На правительственном уровне заключены соглашения о сотрудничестве Института с Венгрией, Германией, Египтом, Италией, Сербией и Южно-Африканской Республикой. Институт опирается на мощный фундамент: традиции научных школ, имеющих мировое признание; базовые установки с уникальными возможностями, позволяющие решать актуальные задачи во многих областях современной физики; статус международной межправительственной организации, зарегистрированной в ООН. Рейтинг ОИЯИ в мировом научном сообществе очень высок. За 60 лет с момента образования ОИЯИ здесь выполнен широкий спектр исследований и подготовлены научные кадры высокой квалификации для стран-участниц Института. В соответствии с Уставом Институт осуществляет свою деятельность на принципах открытости для участия всех заинтересованных государств, их равноправного взаимовыгодного сотрудничества [6].

Определенный педагогический интерес представляют статьи раздела "Из истории физики". В № 2 журнала за 2016 г. опубликована статья Р. Н. Щербакова к 150-летию со дня рождения П. Н. Лебедева "'Я, как человек глубоко убежденный и в значении и в поэзии эксперимента..." (накануне юбилея П. Н. Лебедева)".

В качестве заголовка статьи автор взял слова П. Н. Лебедева из его письма Н. А. Умову от 3 июня 1896 г. Щербаков пишет: "Выдающийся экспериментатор П. Н. Лебедев вошел в историю отечественной и мировой физической науки, прежде всего своими исследованиями по световому давлению на твердые тела и газы (в частности, в применении к кометным хвостам), по получению коротких электромагнитных волн, магнетизму и другим научным проблемам, созданием первой в России физической школы, организацией физического сообщества и планами создания института физики (завершен-

ными уже только после его смерти)". Его ум и руки, блестящее мастерство экспериментатора служили развитию мировой науки, прославляя одновременно и науку отечественную [7].

В заключении следует в очередной раз отметить, что научные журналы способствуют поддержанию преподавания на высоком научном уровне, являются мощным источником информации в процессе непрерывного самообразования.

Создание научных школ дело не только их организаторов, но и всех участников научной работы.

Материалы такого рода способствуют повышению уровня подготовки и формированию интереса студентов к научной работе.

На примере биографий ученых формируются определенные личностные качества будущего специалиста (раздел "персоналии" в УФН).

### **Библиографический список**

1. Решение XIII международной учебно-методической конференции "Современный физический практикум" //Физическое образование в вузах. – 2015. – Т. 21. – № 1. – С. 133–148.

2. Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015. N 219 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09. 03. 02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата)" (Зарегистрировано в Минюсте России 30.03.2015, № 36623).

3. Верховданов, О. В. Космологические результаты космической миссии "Планк". Сравнение с данными экспериментов WMAP и VICEP2 / О. В. Верховодов //Успехи физических наук. – 2016. – Т. 186. – № 1. – С. 3–46.

4. Гриб, А. А. К вопросу об интерпретации квантовой физики / А. А. Гриб // Успехи физических наук. – 2013. – Т. 183. – № 12 – С. 1337–2013.

5. Алешкевич, В. А. О преподавании специально теории относительности на основе современных экспериментальных данных / В. А. Алешкевич // Успехи физических наук. – 2012. – Т. 182. – № 12. – С. 1301–1318.

6. Матвеев, В. А. ОИЯИ – инициатор будущих открытий / В. А. Матвеев // Успехи физических наук. – 2016. – Т. 186. – № 3. – С. 225–232.

7. Щербаков Р. Н. "Я, как человек глубоко убежденный и в значении и в поэзии эксперимента..." / Р. Н. Щербаков // Успехи физических наук. – 2016. – Т. 186. – № 2. – С. 159–168.

## О необходимости совершенствования инженерного образования

**Пашеева Т. Ю., Баева Л. С.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра технологии металлов и судоремонта)

**Аннотация.** Ввиду своей уникальности инженерная профессия была и остаётся основой мирового развития. Перед сообществом российских инженеров стоят важные задачи. Сегодня в стране объявлена новая индустриализация. Технологическая модернизация России неосуществима без развития и совершенствования инженерного образования, которое должно базироваться на лучших традициях российской инженерной школы.

**Abstract.** Due to its uniqueness, the engineering profession has been and remains the basis of world development. To the community of Russian engineers are important tasks. Today, the country announced a new industrialization. Technological modernization of Russia is impossible without development and improvement of engineering education that should be based on the best traditions of Russian engineering school.

**Ключевые слова:** качество, инженер, специалист, студент, образование, производство, наука, индустриализация.

**Key words:** quality, engineer, specialist, student, education, production, science, industrialization.

Инженеры – основоположники современной фундаментальной науки. Инженеры вовлечены во все процессы жизненного цикла технических устройств, являющихся предметом инженерного дела, включая прикладные исследования, планирование, проектирование, конструирование, разработку технологии, подготовку технической документации, производство, наладку, испытание, эксплуатацию, техническое обслуживание, ремонт и управление качеством [1].

Инженерная профессия была и остаётся основой мирового развития. Инженерная деятельность требует целостного представления об объекте проектирования, сформированного "многоэкранного" мышления, знания языка формул, чертежей и схем, сочетание научного и художественного стилей мышления, обоснованной смелости и дара предвидения [2].

В России инженерное образование пережило три крупные трансформации, совпадающие с индустриальными прорывами в истории страны. В конце XX в. происходила первая волна индустриализации, в то время подготовка инженера отличалась шириной и глубиной. Инженер был "штучный" спе-

циалист, который владел множеством смежных специализаций, иностранными языками, общеэкономическими знаниями, обладал обширнейшим набором компетенций. В начале 30-х гг. прошлого века начался "советский" этап, потребность в инженерно-технических работниках увеличилась многократно. Высокому качеству подготовки инженерных кадров СССР обязан своими успехами в индустриализации страны, создании атомной и оборонной промышленности, освоении космоса. В 90-е гг. XX в. престиж инженерной профессии в России упал, качество технического образования закономерно снизилось. Переход на рыночную экономику в 90-е гг. нанес мощнейший удар по российскому инженерному корпусу. Отсутствие государственной поддержки, перспектив, издевательское отношение общества к профессии "инженер" привело к новой волне эмиграции или "утечке мозгов". Страна практически полностью лишилась инженерного сообщества, начался кадровый голод. В результате по техническому развитию в отдельных секторах экономики Россия отстала от своих зарубежных конкурентов на десятилетия.

Сегодня в стране объявлена новая индустриализация, поставлена задача создания высокотехнологических рабочих мест, модернизации промышленности, предполагается неизбежная гармонизация отечественной модели подготовки инженеров с лучшей мировой. Роль движущей силы прогресса возлагается на научно-инженерное сообщество. Перед сообществом российских инженеров поставлены важные задачи – проведение новаций, модернизация российской экономики, внедрение новых технологий, восстановление утраченных позиций в промышленности [3].

Переход на новый технологический уклад невозможен без серьезной инженерной деятельности, без высокоподготовленных кадров. Развитие инженерного дела и инженерного образования должно быть выделено как приоритетное направление внутренней политики [4].

Современный рынок труда требует от выпускника вуза высокой профессиональной мобильности, активной жизненной и профессиональной позиции. Значительное развитие технологий предполагает наличие специалистов высокого интеллектуального и профессионального уровня, обладающих системным, критическим и аналитическим мышлением, умеющих принимать оперативные и стратегические решения в ходе организации и осуществления технологического процесса. Перечисленные качества должны не только формироваться, но и постоянно развиваться как во время обучения, так и в даль-

нейшей трудовой деятельности. Перед системой образования ставится задача опережающей подготовки специалистов, ориентированной на текущие и перспективные потребности отрасли, производства, общества [5].

Инженерное образование должно измениться и соответствовать новым вызовам и задачам. Образование для достижения инновационного характера экономики должно опережать в своем развитии другие виды человеческой деятельности, переход к постиндустриальному уровню промышленного производства требует формирования "опережающего" инженерного образования, обеспечивающего создание новой конкурентоспособной продукции. На этом этапе очень важно выбрать верную стратегию и тактику реализации программы развития отечественной высшей технической школы. Необходимо создать общероссийскую систему профессиональной ориентации и совершенствовать технологии преподавания [6].

Главной инновацией для инженерного отечественного образования является его ориентация на утверждение личностного начала в каждом участнике образовательного процесса. В сфере современного инженерного образования развивается его самостоятельная культуросозидающая функция, открытость к различным инновациям, связям с динамично меняющимся социумом, с экономической ситуацией. Для нового инженерного мышления характерно видение целостности, взаимосвязанности различных процессов, прогнозирование экологических социальных и этических последствий своей деятельности [7].

Рассматривается два пути индустриализации в России:

– развитие производства машин, оборудования, приборов, других потребительских товаров, уже производимых в развитых странах, использующего зарубежные технологии, элементную базу и в ряде случаев реализующего российские идеи ("догоняющая индустриализация");

– разработка и развитие новых технологий, производство на их основе новых типов машин, оборудования, приборов, материалов, позволяющих постоянно, в условиях изменяющегося мира, решать возникающие технические и технологические проблемы, обеспечивающих достойное место российского промышленного производства в международной системе разделения труда ("новая индустриализация", "опережающая индустриализация").

Национальную доктрину инженерного образования России невозможно сформировать без понимания сущности новой индустриальной политики России. Схема, приведённая на рисунке 1, иллюстрирует системное виде-

ние проблемной ситуации в инженерном деле и инженерном образовании России [8].



Рисунок 1 – Системное видение проблемной ситуации в инженерном деле и инженерном образовании России [8]

Среди проблем развития инженерного образования в России можно выделить отсутствие четкой стратегии развития инженерного образования, неразвитость системы комплексного прогнозирования и планирования потребности в инженерных кадрах; использование физически и морально устаревшего оборудования, сложности при организации производственных практик, недостаточную мобильность профессорско-преподавательского состава и студентов, недофинансирование системы высшего профессионального образования [9].

Для перехода российской экономики на уровень "новой индустриализации" требуется системная интеграция мер, способствующих повышению качества подготовки инженерных кадров. Наличие корпуса преподавателей технических университетов с высоким уровнем профессионализма является необходимым условием достижения поставленной цели. Возросший уровень требований к педагогической составляющей деятельности преподавателей актуализирует задачу оптимизации системы их профессиональной педагогической подготовки. Система повышения квалификации научно-педагогических

сотрудников в контексте решения обозначенных задач должна оперативно реагировать на изменяющиеся внешние требования и создавать условия для опережающей непрерывной подготовки преподавателей.

Кафедра – основное учебно-научное подразделение университета. Учебная и научная деятельность кафедры осуществляется в одной или нескольких областях знаний и должна подчиняться решению главной задачи – подготовки высококвалифицированных специалистов. Вся деятельность вуза и его подразделений должна быть построена таким образом, чтобы обеспечить эффективность работы кафедр. Научная работа на кафедре предполагает: научную деятельность и организационно-методическое обеспечение НИР. Задачи научной деятельности кафедры: привлечение научно-педагогических работников к выполнению научных исследований, способствующих развитию науки, техники и технологий; содействие подготовке научно-педагогических кадров высшей квалификации, повышению научной квалификации профессорско-преподавательских кадров; практическое ознакомление студентов с постановкой и разрешением научных и технических проблем и привлечение наиболее способных из них к выполнению научных исследований.

Без развития и совершенствования инженерного образования, которое должно базироваться на лучших традициях российской инженерной школы, технологическая модернизация России неосуществима. Для подготовки современного поколения инженеров, способных осуществлять новую индустриализацию России, необходимы согласованные действия государства, бизнеса, финансовых структур, научных организаций, высшей школы и профессионального сообщества. Только таким образом можно обеспечить скачок инженерного образования на новый качественный уровень и высокое, соответствующее мировым стандартам, качество подготовки инженерных кадров.

### **Библиографический список**

1. Инженер // Википедия : Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Загл. с экрана.

2. Болотская, О. В. Инженерное образование – приоритет глобального развития // Ливенский филиал ПГУ : сайт. – Режим доступа: [http://fostu.ucoz.ru/publ/obuchenie\\_i\\_vospitanie/1\\_operezhajushhee\\_vospitanie\\_i\\_obrazovanie\\_v\\_sovremennykh\\_pedagogicheskikh\\_processakh/22](http://fostu.ucoz.ru/publ/obuchenie_i_vospitanie/1_operezhajushhee_vospitanie_i_obrazovanie_v_sovremennykh_pedagogicheskikh_processakh/22). – Загл. с экрана.

3. Российский союз инженеров : официальный сайт. – Режим доступа: <http://российский-союз-инженеров.рф>. – Загл. с экрана.

4. Московская Конфедерация промышленников и предпринимателей (работодателей) / Региональное объединение работодателей города федерального значения Москвы 2016 г. – Режим доступа: <http://www.mkppr.ru>. – Загл. с экрана.

5. Молоткова, Н. В., Гриднев В. А., Груздев А. Н. Проектирование системы формирования профессиональной культуры инженера средствами физического воспитания : монография. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 144 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/153/73153/files/gridnev-a.pdf>. – Загл. с экрана.

6. Федеральный справочник = Federalreferencebook : [сборник / Центр стратег. партнерства; ред.: В. А. Панков, гл. ред. и др.]. – Москва : Центр стратегического партнерства, 2014. – 358 с. – (Вып. 10 : Образование в России).

7. Болотская, О. В. Указ. соч.

8. Похолков, Ю. П. Национальная доктрина опережающего инженерного образования России в условиях новой индустриализации: подходы к формированию, цель, принципы // Инженерное образование : электронный научный журнал / Ассоциация инженерного образования России (АИОР). – 2012. – № 10, внеочередной. – С. 50–65.

9. Иванов, В. Г., Кондратьев В. В., Кайбияйнен А. А. Современные проблемы инженерного образования: итоги международных конференций и научной школы // Высшее образование в России. – 2013. – № 12. – С. 66–77.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОЛОГИИ АРКТИКИ**

## Палеопротерозойские месторождения и рудопроявления золота Финской Лапландии

**Калинин А. А.** (*г. Апатиты, Геологический институт КНЦ РАН, Апатитский филиал ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра геологии и полезных ископаемых, e-mail: kalinin@geoksc.apatity.ru*)

**Аннотация.** Большинство рудопроявлений золота в Финской Лапландии связано с палеопротерозойскими зеленосланцевыми поясами и относятся к орогеническому генетическому типу. Детально рассмотрены характеристики месторождений Суурикуусикко и Сааттопора в Центрально-Лапландском поясе и Ромпас в сланцевом поясе Перяпохья.

**Abstract.** Ore deposits in Finnish Lapland are situated mainly in Paleoproterozoic greenschist belts and can be classified as deposits of orogenic type. Gold deposits Suurikuusikko, Saattopora in the Central Lapland greenschist belt, and Rompas in Perapohja schist belt are considered in details.

**Ключевые слова:** золото, орогенические месторождения, Центрально-Лапландский зеленосланцевый пояс, сланцевый пояс Перяпохья.

**Key words:** gold, orogenic deposits, Central Lapland greenstone belt, Perapohja shist belt.

В геологических структурах Финской Лапландии выявлено свыше около 80 рудопроявлений и месторождений золота, которые внесены в базу данных по минеральным ресурсам Финноскандии (FODD) [1]. Абсолютное большинство золоторудных объектов Лапландии (>90 %) располагаются в пределах зеленосланцевых поясов палеопротерозоя, и лишь 5 проявлений связаны с неoarхейскими комплексами. Основные золотоносные палеопротерозойские структуры – это Центрально-Лапландский зеленосланцевый пояс и пояс Куусамо, ряд проявлений выявлен в сланцевом поясе Перяпохья.

Лишь небольшая группа рудопроявлений в районе Колари классифицирована как объекты IOCG (Iron Oxide – Copper – Gold) генетического типа, все остальные рудопроявления и месторождения коренного золота Финской Лапландии относятся к орогеническому мезотермальному типу [2]. Именно они являются предметом рассмотрения в настоящей статье, написанной на основе базы данных FINGOLD, публикаций в научной литературе и материалов сети Интернет. Особенности проявлений золота в поясе Куусамо охарактеризованы нами ранее [3], и основное внимание ниже уделено рудопрояв-

лениям Центрально-Лапландского пояса (ЦЛЗП) и сланцевого пояса Перяпохья (СПП).

Орогенические мезотермальные месторождения приурочены к зонам вязких деформаций и метасоматической переработки метаморфических пород ("шир-зоны"), где связаны с проявлением кварцевого, карбонат-кварцевого и карбонатного прожилкования в измененных породах преимущественно зеленосланцевой фации метаморфизма, либо с участками развития сульфидной вкрапленности в более глубоко метаморфизованных комплексах [4, 5]. Размещение золоторудных полей орогенических месторождений контролируется крупными трансформными разломами первого порядка, служившими транспортными путями при миграции рудоносных флюидов. Отдельные рудные объекты при этом чаще связаны с опережающими главный разлом нарушениями второго-третьего порядков, поскольку там существовали благоприятные условия для рудоотложения [6, 7, 8]. Месторождения носят эпигенетический характер, возраст минерализации определяется не возрастом вмещающих пород, а временем проявления метаморфизма и формирования разломов.

Золоторудные объекты ЦЛЗП контролируются шир-зоной Сиркка и ее ответвлениями [1]. Шир-зона Сиркка (Sirkka Shear Zone) – это серия надвигов толщ комплексов Седанкюля и Савукоски (2,05 млрд лет) на породы комплекса Киттиля (2,00 млрд лет), ограничивающая с юга область распространения зеленокаменных пород протерозоя. Шир-зона Сиркка прослеживается через всю западную часть Финской Лапландии, и к ней приурочено эксплуатируемое месторождение Сааттопора, 11 неэксплуатируемых мелких месторождений и рудопроявлений и 13 объектов, не имеющих ресурсной оценки.

Рудные объекты расположены непосредственно в пределах шир-зоны Сиркка, или вблизи от нее (до 3 км), где связаны с опережающими шир-зонами меньшего порядка. Супракрустальные комплексы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации, реже – в нижней части амфиболитовой фации. Минерализация золота образует, как правило, серии параллельных стратификации рудных линз вблизи границ метаморфизованных коматиитов и толеитовых базальтов с метаосадочными породами, главным образом, филлитами.

Гидротермально-метасоматические преобразования пород включают на дорудной стадии альбитизацию или скаполитизацию, на стадии рудогенеза – процессы серицитизации и карбонатизации (при метаморфизме в усло-

виях нижней-средней части зеленосланцевой фации), либо биотитизации и карбонатизации для метаморфизма верхней части зеленосланцевой – нижней части амфиболитовой фации. Золото в собственно золотых месторождениях самородное, в золото-медных – и самородное (не менее 32 %), и сульфидное (в пирите, халькопирите).

На месторождении Сааттопора минерализация приурочена к карбонат-кварцевым и кварц-карбонатным жилам и прожилкам в альбитизированных породах, из минералов класса карбонатов преобладают анкерит и доломит. Две рудные линзы мощностью 20 м, прослежены на 250–400 м. Главные сульфидные минералы руд – пирит, пирротин, халькопирит, герсдорфит, пентландит, висмутин, никелин и теллуриды, из окислов – рутил, уранинит. Геохимическая специализация оруденения Au, Ag, As, B, Bi, Cu, S, Se, Te, U, W. Возраст минерализации оценивается 1900–1811 млн. лет.

Месторождение Суурикуусикко [1, 9, 10, 11] располагается в субмеридиональной шир-зоне Киистола (боковая ветвь зоны Сиркка) в метаморфических комплексах серии Киттиля с возрастом 2,02 млрд. лет, в составе этой серии преобладают толеитовые базальты. К западу от главной рудной зоны находится толща вулканитов – массивных и пиллоу-лав, которые в собственно рудной зоне сменяются андезитовыми лавами и пирокластическими породами среднего состава (минерализация чаще всего связана с пирокластитам, либо с вулканитами с признаками экструзивных пород). С восточной стороны главной рудной зоны располагается толща с преобладанием метаосадочных пород, включающая железистые кварциты, черные сланцы, аргиллиты, которые сменяются затем более основными по составу лавами (вплоть до ультраосновных).

Шир-зона Киистола имеет вертикальное или крутое восточное падение, в ее пределах выделяются многочисленные рудные линзы, как правило, погружающиеся к северу. Рудные тела, как и вмещающие породы, претерпели ряд деформаций. Рудная зона прослежена вдоль шир-зоны на 5 км к северу и на глубину более 1,5 км, мощность рудных пересечений по скважинам до 25 м.

Основные вулканиты внешней зоны метасоматического изменения хлоритизированы. В рудной зоне породы претерпели интенсивную дорудную альбитизацию и на продуктивной стадии – карбонатизацию (кальцит, доломит). Геохимическая специализация оруденения – Ag, As, Au, Bi, Co, Sb, W.

В развитии рудной минерализации Суурикуусикко выделяется 4 стадии, золото связано со второй стадией – с развитием арсенопирита и пирита. Большая часть золота (73,2 %) связана с арсенопиритом, меньшая – с мышьяковистым пиритом (22,7 %), остальное – свободное золото. Золото субмикроскопическое, включения золота отмечены в пирите, но редки в арсенопирите.

Re–Os возраст минерализации составил  $1916 \pm 19$  Ma (по золотосодержащему арсенопириту) [11]. Таким образом, разрыв во времени между отложением вулканогенно-осадочных толщ и формированием минерализации составил 60–100 миллионов лет. Этот возраст отвечает времени развития надвиговых процессов в ЦЛЗП.

Сланцевый пояс Перапохья (СПП) расположен к западу от г. Рованиеми. Интерес к этому поясу резко вырос в последние годы, когда было обнаружено проявления золота Ромпас, где концентрации Au в пробах нередко достигают тысяч граммов на тонну (наивысшее содержание золота в скважине – 3 540 г/т на интервал 1 м) [12].

Супракрустальные комплексы СПП включают кварциты, основные метавулканиды, вулканокластические породы, карбонатные породы, черные сланцы, слюдястые сланцы, грувакки. Основание комплекса сложено архейскими гранитоидами с реликтами зеленокаменных поясов и палеопротерозойскими расслоенными интрузиями с возрастом 2,44 млрд лет. Минимальный возраст пород супракрустального комплекса 1,88 млрд лет определяется по возрасту синорогенных монзонитовых интрузий Хапарандовского комплекса, прорывающего отложения СПП [13].

В стратиграфической последовательности отложения комплекса СПП выделено две группы пород. Нижняя группа Кивало (2,4–2,1 млрд лет) состоит из кварцитов и доломитов, чередующихся с основными лавами и туфами. Вулканогенные породы представлены основными лавами, туффитами основного состава и пирокластитами. Верхняя группа Пааккола (2,4–2,1 млрд лет) состоит из турбидитов-граувакк и основных подушечных лав, реже туффигов, чередующихся с маломощными прослоями доломитов, слюдяных сланцев и кислых метавулканидов (бимодальный вулканизм). Верхняя и нижняя группы пород разделяются черными сланцами с аномальными содержаниями урана и меди [11]. Супракрустальные образования секутся силами и дайками диабазов с возрастом 2,2–2,1 млрд лет и фельзитовыми (гранодиориты,

реже сиениты) интрузиями с возрастом 1.88–1.90 млрд лет. В южной части пояса породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации, в северной части (где расположены рудопрооявления участков Ромпас и Райапалот) – преимущественно в амфиболитовой фации, возраст метаморфизма 1,91–1,8 млрд лет.

Проявления золоторудной минерализации Ромпас (проявления Северный, Центральный, Южный Ромпас и Кайта) и Райапалот (проявления Палокас, Йоки, Хирвима, Румаярви) располагаются в зоне контакта пород верхней и нижней групп разреза пояса, на участке развития полифазных складчатых деформаций в супракрустальных комплексах [11, 12].

На участке Ромпас минерализация имеет отчетливый стратиграфический контроль и приурочена к метабазальтам, которые по геохимическим характеристикам наиболее близки к базальтам формации Рункаус. Золото-урановая минерализация связана с кварцево-силикатно (Са)-карбонатными жилами в метабазальтах, претерпевших незначительную дорудную биотитизацию, и встречается как внутри жил, так и в их экзоконтактовых зонах. Жилы амфибол-пироксен-кварц-карбонатного состава до- или синдеформационные. Сходные по составу жилы характерны также для соседних метаосадочных пород, но минерализации золота и урана они не содержат. Мощность зоны жильной минерализации до 1-2 м, в среднем 0,9 м.

Уран сосредоточен преимущественно в уранините. Золото отлагалось после уранинита и выделяется по трещинам либо вблизи зерен уранинита. Золото высокой пробыности (>950) с незначительными примесями Те, Аg, Си. В отложении золота и урана важную роль играло органическое вещество, поскольку золото часто ассоциирует с пиробитумами. Кроме золота и уранинита в составе минерализации установлены галенит, никелин, алтаит, молибденит, хунчунит, редко – пирит, пирротин, халькопирит, герсдорфит, пентландит, мальдонит и ауокуприд. Богатая минерализация связана с переотложением вещества на синдеформационной стадии, возможно также наложение золота на поздних этапах метаморфизма.

Минерализация участка Райяпалот отличается более широким развитием сульфидов и интенсивной метасоматической переработкой вмещающих пород. Проявления участка расположены на площади 2x2 км в замковой части сложной складчатой структуры на контакте кварцитов и базальтов, причем последние значимо отличаются геохимически от базальтов проявле-

ния Ромпас. На участках Хирвимаа и Йоки минерализация золота, аналогично Ромпасу, связана с жилами кальциевых силикатов в альбитизированных кварцитах и базальтах, но отличается более широким распространением пирита и магнетита. На участках Палокас и Румаярви минерализация другого характера – это вкрапленная и штокверковая минерализация в зоне контакта измененных основных метавулканитов и кварцитов с новообразованными альбитом, карбонатом, турмалином, амфиболом, серицитом, биотитом. В частности, на участке Палокас тонкая вкрапленная минерализация золота связана с мощными (более 100 м) зонами пирротин-турмалин-биотит-силикатными (Са) и амфибол-талк-турмалин-сульфидными метасоматитами. Содержание урана в этих породах низкое (в среднем 36 г/т), но повышено содержание кобальта, который образует ореолы вокруг зоны развития минерализации золота.

Таким образом, на проявлениях Ромпас-Райапалот есть минерализация двух типов. Первая – бонанцевые (с весьма неравномерным распределением полезных компонентов) золото-урановые руды, где минерализация связана с кварцево-силикатно (Са)-карбонатными жилами или их экзоконтактовыми зонами в metabазальтах. Другой тип – вкрапленная минерализация золота в сульфидизированных и метасоматически измененных metabазальтах и кварцитах. Однозначно определить генетический тип рудопроявлений Ромпас-Райапалот на основе имеющейся информации не представляется возможным, ближе всего подходит тип орогенических месторождений, но с аномальной геохимической ассоциацией элементов.

### **Библиографический список**

1. Eilu, P., Pankka H. Fingold – a public database on gold deposits in Finland // Geol. Survey of Finland. – Espoo, 2009. [Электронный ресурс]. URL: <http://en.gtk.fi/information-services/palvelukuvaukset/fingold.html> (дата обращения 21.03.2016).
2. Sundblad, K. Metallogeny of Gold in the Precambrian of Northern Europe // Economic Geology. – 2003. – V. 98. – p. 1271–1290.
3. Калинин, А. А. Золотоносная молибден-урановая минерализация Салла-Пана-Куолаярвинской зоны // Геология и стратегические полезные ископаемые Кольского региона. Тр. X Всерос. (с международным участием) Ферсмановской научной сессии / Ред. Ю. Л. Войтеховский. – Апатиты : Изд-во К&М, 2013. – С. 142–147.

4. Groves, D. I., Goldfarb R. J., Robert, F., Hart C. J. R., Gold Deposits in Metamorphic Belts: Overview of Current Understanding, Outstanding Problems, Future Research, and Exploration Significance // *Economic Geology*. – 2003. – V. 98. – p. 1–29.
5. Goldfarb, R. J., Groves D. I., Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis // *Ore geology reviews*. – 2001. – V. 18. – p. 1–75.
6. Witt, W. K., Vanderhor F. Diversity within a unified model for Archaean gold mineralization in the Yilgarn Craton of Western Australia: An overview of the late-orogenic, structurally-controlled gold deposits // *Ore Geology Reviews*. – 1998. – V. 13. – p. 29–64.
7. McCuaig, T. C., Kerrich R. P–T–t–deformation–fluid characteristics of lode gold deposits: evidence from alteration systematic // *Ore Geology Reviews*. – 1998. – V. 12. – p. 381–453.
8. Neumayr, P., Hagemann S. G. Hydrothermal fluid evolution within the Cadillac tectonic zone, Abitibi greenstone belt, Canada: relationship to auriferous fluids in adjacent second- and third-order shear zones // *Economic Geology*. – 2002. – V. 97. – p. 1203–1225.
9. Gold in the Central Lapland Greenstone Belt / Ojala, V. J. (ed.). Geological Survey of Finland. Special Paper 44, Espoo. – 2007. – 267 p.
10. Metallogeny and tectonic evolution of the Northern Fennoscandian Shield: Field trip guidebook. Geological Survey of Finland, Guide 54 / Ojala V. J., Weihed P. Eilu P. and Iljina, M. (Eds) . Espoo, 2007. – 98 p.
11. Mineral deposits of Finland / Maier W. D., Lahtinen R., O'Brien H. (editors). – Amsterdam: Elsevier, 2015. – 792 p.
12. Hudson, M. Progress report on the geology, mineralization and exploration activities on the Rompas-Rajapalot Gold-Uranium project, Perapohja Schist Belt, 2014, 78 p. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mawsonresources.com/s/Technical\\_Reports.asp](http://www.mawsonresources.com/s/Technical_Reports.asp) (дата обращения 21.03.2016).
13. Perttunen, V., Vaasjoki, M. U-Pb geochronology of the Perapohja schist belt, northwestern Finland / Geological Survey of Finland, Special Paper 33, Espoo, 2001. – 45–84.

## Методы непараметрической статистики в геологии и устойчивость эволюционных трендов отличий объектов докембрия и фанерозоя

Мартынов Е. В.<sup>1,2</sup>, Козлов Н. Е.<sup>1,2</sup>, Сорохтин Н. О.<sup>1,2,3</sup>, Марчук Т. С.<sup>1</sup>,  
Фомина Е. Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(г. Апатиты, Геологический институт КНЦ РАН)

<sup>2</sup>(г. Апатиты, Апатитский филиал ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет")

<sup>3</sup>(г. Москва, Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН).

**Аннотация.** Представлены методы реконструкции геодинамических обстановок формирования комплексов горных пород в докембрии с учетом специфичности докембрийского этапа развития Земли. Реконструкция геодинамических обстановок осуществляется на основе сопоставления химических составов горных пород докембрия и фанерозоя (эталонных). Предложен способ нахождения отличий химических составов докембрия и фанерозоя которые используются при этом сопоставлении. Предложен метод упорядочения геологических объектов на основе заданного отношения частичного порядка.

**Abstract.** There are presented the reconstruction methods of geodynamic settings of formation of Precambrian rock complexes with considering the peculiarity of Precambrian period of the Earth evolution. The reconstruction of geodynamic settings have been carried on the basis of comparing of Precambrian and Phanerozoic rocks chemical composition. Suggested the way of finding the differences in chemical composition between Precambrian and Phanerozoic. Proposed the method of regulation of geological objects, based on the given partial order ratio.

**Ключевые слова:** реконструкция, геодинамические обстановки, частичный порядок, линейный порядок, докембрий, фанерозой.

**Key words:** reconstruction, geodynamic settings, partial order, linear order, Precambrian, Phanerozoic.

В нашей статье мы затронем некоторые проблемы связанные с методами изучения породных комплексов докембрия на основе исследования геохимических характеристик горных пород, их составляющих и использования методов непараметрической статистики при обработке данных. Мы остановимся на рассмотрении вопросов возникающих при исследовании задач реконструкции геодинамических обстановок формирования комплексов горных пород в протерозое и архее. Это одна из задач решением которой занимались авторы данной статьи. При этом мы не будем приводить здесь все полученные нами результаты. Дело в том, что они широко представлены в виде публикаций и докладов, как в России, так и за рубежом. Конкретные приме-

ры, которые будут приведены, используются как иллюстрации проблем возникающих при решении поставленных задач.

Исследованиями в данном направлении занимались многие авторы, среди которых можно назвать Н. А. Домарацкого, В. А. Макрыгину, А. Н. Неелова, О. М. Розена, А. В. Сидоренко, В. И. Фельдмана, Х. Роша, А. Симонена, и многих других. Геохимические и изотопно-геохимические данные для фанерозойских комплексов обычно используются для сопоставления геохимических характеристик магматических пород, составляющих эти комплексы. При сопоставлении объектов докембрия и фанерозоя обычно использовались методы прямого соответствия параметров, построенных на основе геохимических и иных данных, т. е. напрямую используя принцип актуализма. Авторы настоящей работы показали, что процессы эволюции Земли скорее всего развивались нелинейно, а следовательно названный принцип в полной мере нельзя применять к большинству геодинамических обстановок раннего докембрия. Специфика докембрия определяется формированием крупных вещественно-структурных комплексов – гранит-зеленокаменные и гранулитогнейсовые области, не имеющих аналогов в фанерозое, а также своеобразие метаморфической переработки ряда докембрийских шовных структур, где, к примеру, формировались не голубые сланцы, а эклогитовые и высокобарные гранулитовые ассоциации.

Существующие на сегодняшний день методы реконструкции геодинамических обстановок формирования породных комплексов базируются на диаграммных (двумерных) методах. Иногда используется не одна диаграмма, а несколько. Выбор наиболее информативных параметров для построения этих диаграмм производится каждым исследователем в зависимости от его знания, опыта, интуиции и иных условий. Все пространство фигуративных точек горных пород фанерозойских комплексов (для которых обстановки формирования достаточно надежно определены) разбивается на области соответствующие выборкам пород комплексов сформировавшихся в различных геодинамических обстановках. При этом границы этих областей проводятся условно, т. е. на уровне интуиции. Это, в частности, не дает возможность использовать строгие критерии для получения надежных выводов.

Кроме того, для надежности результатов реконструкции необходимо найти не просто границы разделяющие поля фигуративных точек пород сформировавшихся в различных геодинамических обстановках, а устойчивые границы. Устойчивость решения напрямую зависят от статистической представительности выборок. Понятие представительности в имеющихся геологических

работах либо не определяется, либо выбирается произвольно. Например, выборка считается представительной, если ее объем больше двух-трех десятков фигуративных точек (проб). Строгое определение представительной выборки было введено одним из авторов доклада в его диссертации еще в 1997 г. Его суть заключается в следующем: исходные выборки горных пород комплексов, сформированных в определенных геодинамических обстановках, постоянно наращиваются, т. е. постоянно добавляются новые пробы и если, начиная с некоторого объема, границы разделяющие поля фигуративных точек не меняются, то выборка считается представительной. Следует особо отметить, что исследуемые выборки должны быть представлены фигуративными точками в многомерном пространстве размерности равной числу используемых геохимических параметров.

Как я уже сказал ранее процессы эволюции Земли скорее всего развивались нелинейно. В ходе проведенных исследований было установлено, что, по крайней мере, для магматитов основного состава, смещения петрохимических характеристик докембрийских комплексов относительно образований фанерозоя нелинейность проявляется в уменьшении объема области признакового пространства, занимаемой объектами докембрия, относительно объема области фанерозойских образований. А отличия химических составов объектов докембрия и фанерозоя можно описать (на данный момент) двумя линейными дискриминантными функциями (рис 1).

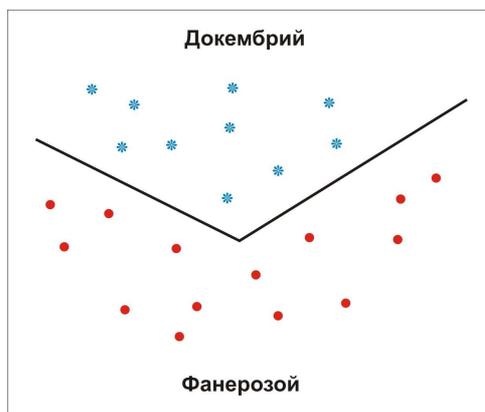


Рисунок 1 – Отличия объектов докембрия от объектов фанерозоя  
(средние значения по химическому составу горных пород)

Кроме того, если используемые в геологических исследованиях методы диагностики обстановок формирования протолитов докембрийских метаморфических комплексов базируются на прямом сопоставлении параметров химического состава объектов докембрия и фанерозоя, то мы можем получить ложные выводы о режимах формирования изучаемых объектах докем-

бря. Так для структур Печенга-Имандра-Варзугского пояса предполагается проторифтогенная природа (Смолькин, 1992 и др.). Гранулитовые пояса, согласно выводам ряда авторов (Козлов, 1995 и др.), сформировались в обстановках близких к островодужным (юные дуги). При таком подходе некоторые структуры Печенга-Имандра-Варзугского пояса явно "тяготеют" к юным дугам (см. диаграмму 1).

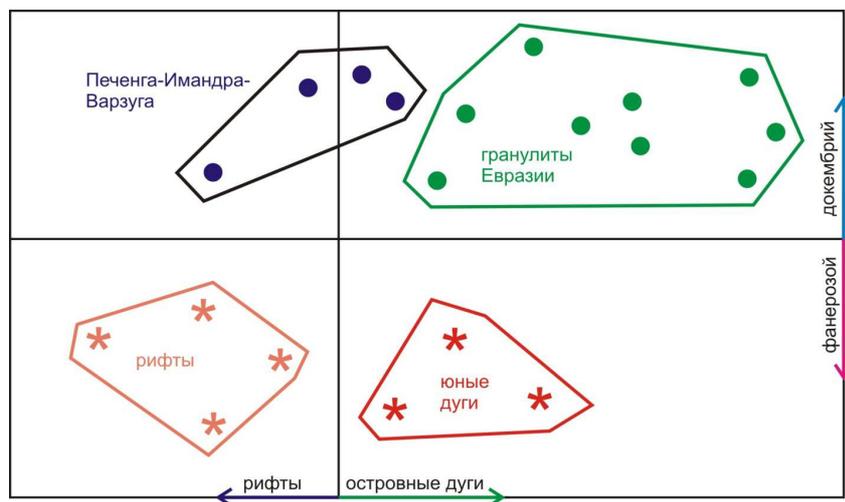


Диаграмма 1

Данный факт противоречит выводам большого числа исследователей об их проторифтогенной природе и свидетельствует о некорректности использования при реконструкции обстановок для объектов докембрия метода прямых аналогий с образованиями фанерозоя по параметрам химического состава горных пород.

Построенные две линейных дискриминантные функции позволили разработать метод многовариантной реконструкции геодинамических режимов формирования объектов докембрия (см. рис. 2).

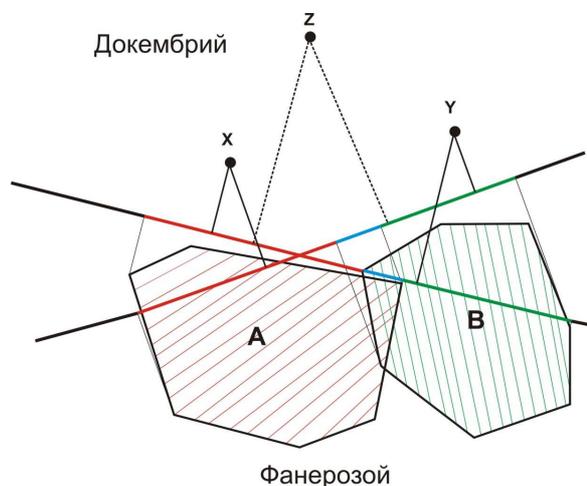


Рисунок 2 – Реконструкции геодинамических режимов формирования объектов докембрия

Учет смещения полей фигуративных точек объектов докембрия относительно объектов фанерозоя позволил надежно реконструировать структуры Печенга-Имандра-Варзугского пояса и гранулитовые пояса. Здесь каждому объекту ставится в соответствие два возможных результата диагностики обстановок формирования.

При соответствии этих результатов друг другу реконструкция на основе геохимических параметров допустима, в противном случае – невозможна. Таким образом, использование данного метода позволяет определять возможность диагностики обстановок формирования протолитов докембрийских комплексов на основе геохимических параметров.

Учет смещения полей фигуративных точек объектов докембрия относительно объектов фанерозоя позволил надежно реконструировать структуры Печенга-Имандра-Варзугского пояса и гранулитовые пояса как это показано на диаграмме 2:

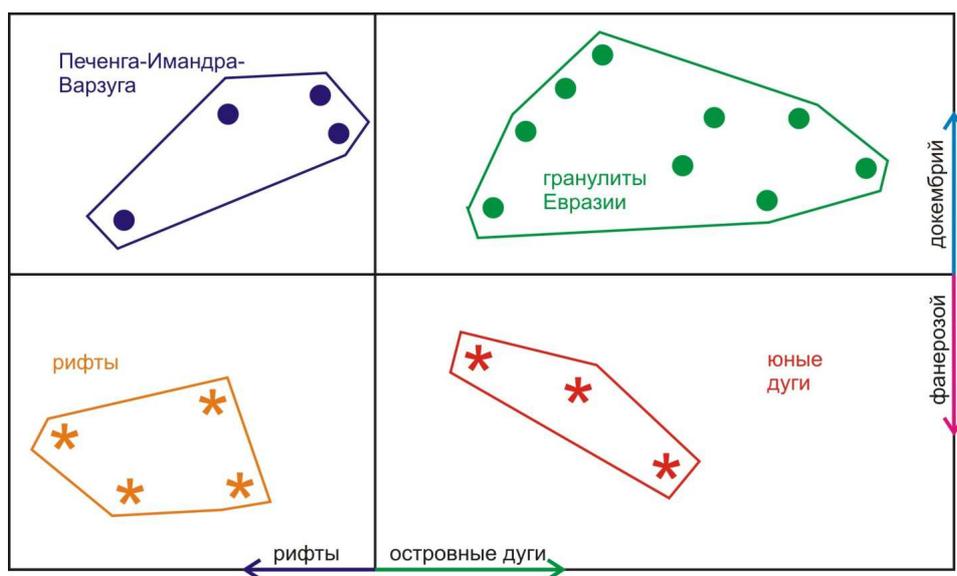


Диаграмма 2

Нами был разработан еще один способ реконструкции геодинамических обстановок формирования комплексов докембрия, основанный на геохимических данных и определяющий более высокую надежность результатов реконструкции. А именно, распознавание геодинамических обстановок с учетом эволюции химического состава мантии. Использование этого метода имеет ограничение: он достаточно надежно работает при реконструкции режимов на объектах протерозоя (для объектов архея требуются дополнительные исследования). Метод предполагает использование эволюционного параметра

(относительную массу ядра) введенный В. П. Кеонджаном и А. С. Мониным для описания эволюции химического состава мантии Земли:

$$x = \frac{M_c}{C_0 * M},$$

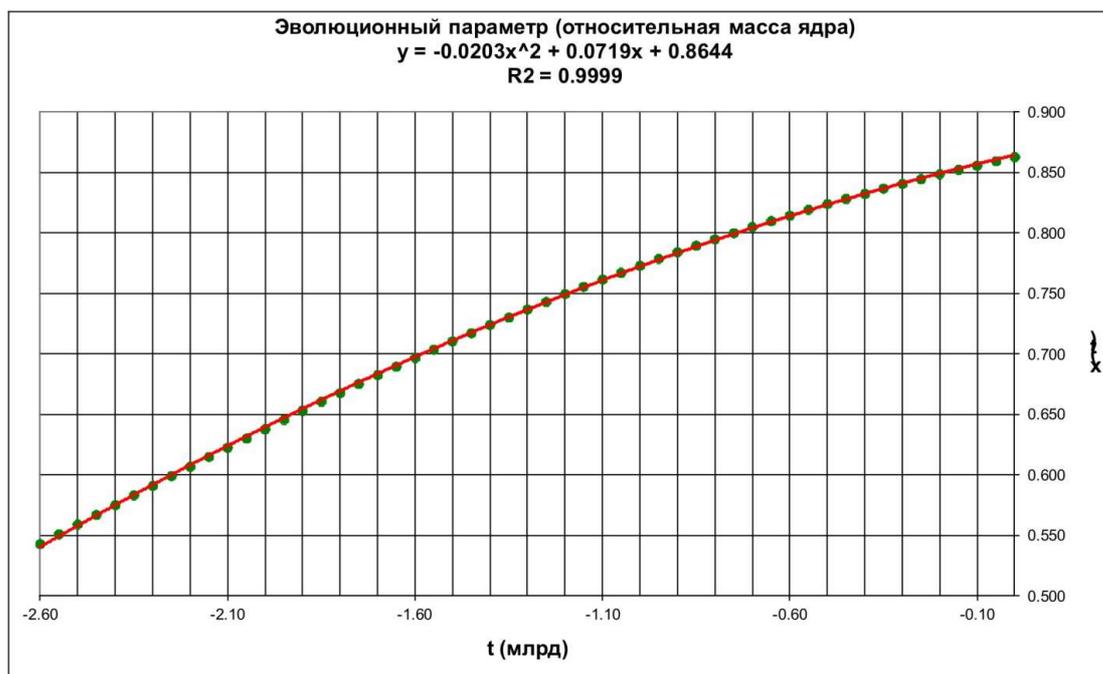
где  $M = 5.977 * 10^{27}$  г масса Земли,  $C_0 = 0.376$  суммарная концентрация "ядерного" вещества в Земле ( $Fe + FeO + FeS + Ni$ ) и  $M_c$  – масса ядра.

Определить значение эволюционного параметра для фанерозоя и протерозоя можно из уравнения:

$$\dot{x} = \frac{1}{\tau} (C_0 * \frac{1-x}{1-C_0 * x} - C^*) * x.$$

Решение этого уравнения можно аппроксимировать квадратичной функцией (см. рис. 3):

$$x = 0.0203 * t^2 + 0.0719 * t + 0.8644.$$



Примечание:  $R^2$  – индикатор адекватности.

Рисунок 3 – Результат аппроксимации квадратичной функцией

В качестве иллюстрации приведем пример результата (таблица 1) реконструкции геодинамической обстановки формирования структуры Северной Печенги и гранулитовых поясов Евразии.

<b><math>\alpha = 0.01</math></b>	<b>рифты</b>	<b>2.16</b>	
	<b>юные дуги</b>	<b>6.88</b>	<b>2.71</b>
<b><math>\alpha = 0.05</math></b>	<b>рифты</b>	<b>2.18</b>	
	<b>юные дуги</b>	<b>6.32</b>	<b>2.71</b>
<b><math>\alpha = 0.1</math></b>	<b>Рифты</b>	<b>2.21</b>	
	<b>юные дуги</b>	<b>8.46</b>	<b>2.78</b>

Здесь  $\alpha$  – уровень значимости:

- на диагонали – расстояние от исследуемого объекта до эталонов;
- красные числа – статистики Пури-Сена-Тамуры;
- критическое значение статистики при уровне значимости 0.05 равно 3.86.

Коротко метод можно описать следующим образом.

Исследуемый объект:

$$X^* = \{x_i + \beta^* v\}_{i=1}^n,$$

где  $v$  – вектор "смещения" хим. состава мантии во времени,  $\beta$  – некоторый коэффициент, который характеризует отличия по химизму состава мантии от пород основного состава в выбранный момент времени.

Так как  $\beta$  зависит от времени, его значение на данном этапе знаний предлагается выявлять в интерактивном режиме. Принцип определения значения  $\beta$ : постепенное увеличение (уменьшение) его значения пока не произойдет "скачок" при выборе решения.

Таким образом, геодинамический режим формирования структуры Северной Печенги ближе к рифтовому режиму (проторифтогенная природа) и отличается от островодужных обстановок (юные дуги). При этом различие расстояний от Северной Печенги до юных дуг и рифтов статистически значимо.

Достаточно часто изучаемые геологические объекты мы не имеем возможности уверенно упорядочить (например, по возрасту), что сужает класс решаемых задач. Но во многих случаях имеется возможность задать на множестве объектов отношение частичного порядка (рис. 4).

Чтобы перейти от частного порядка к линейному был предложен следующий метод: находится линейный тренд  $F$  (рис. 5) из условия наилучшего разделения проекций химических составов пород на этот тренд.

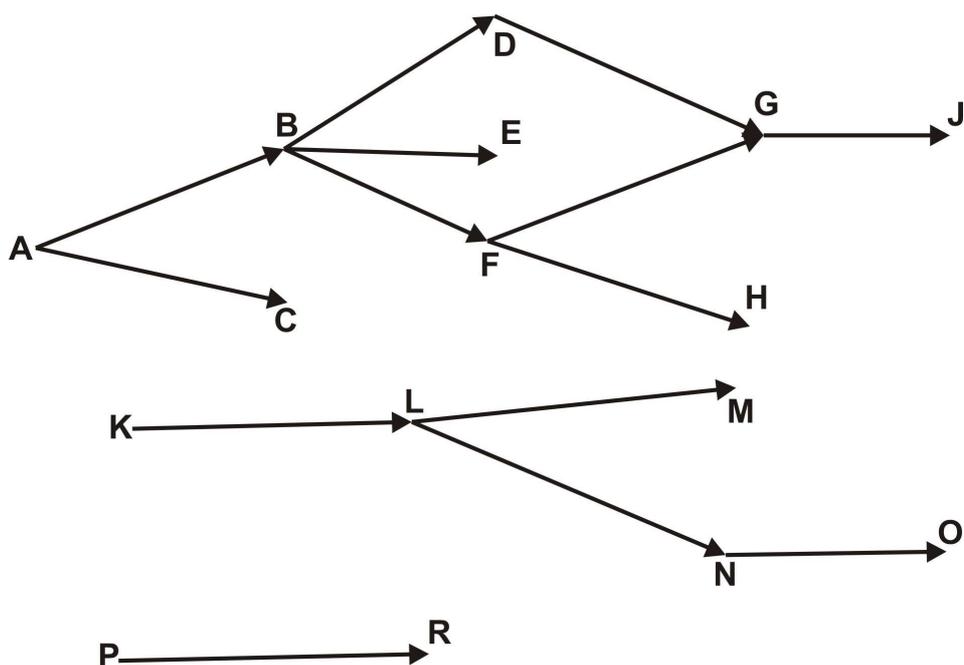


Рисунок 4 – Пример орграфа, реализующего частичный порядок  
(здесь объект А предшествует объектам В и С и т. д.)

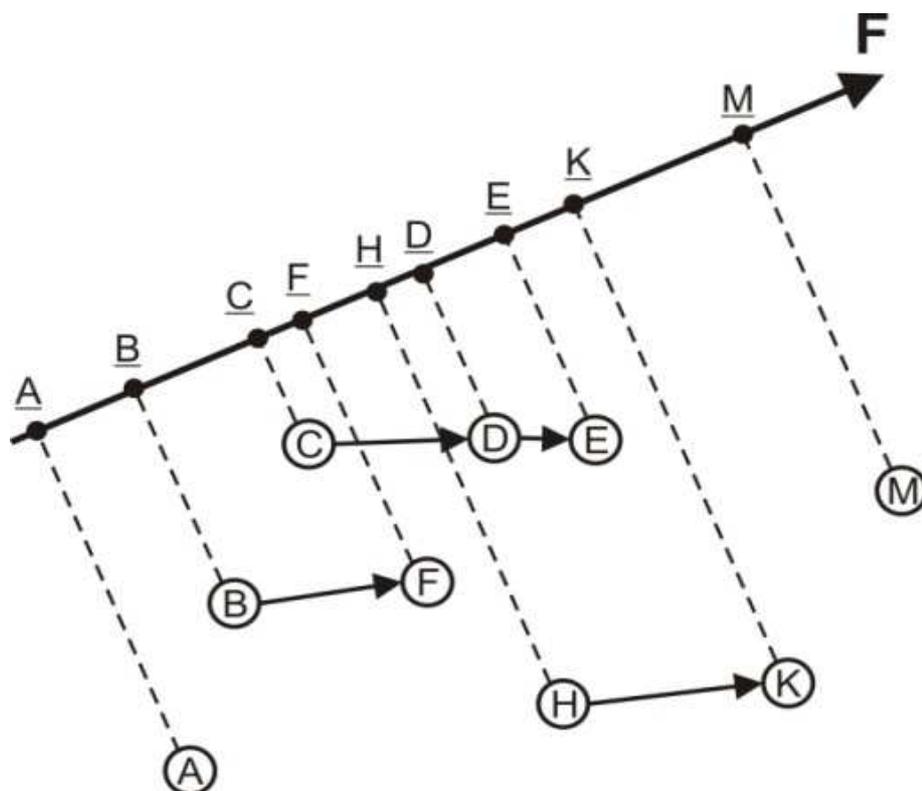


Рисунок 5 – Преобразование частичного порядка в линейный

*Работа выполнена в ГИ КНЦ РАН по теме № 0231-2015-0007.*

### **Библиографический список**

1. Мартынов, Е. В. Реконструкция обстановок формирования протолитов метаморфических комплексов докембрия на основе статистического моделирования их характеристик по петрогеохимическим данным. Автореферат. Дисс. канд. геол.-мин. наук. – СПб., 1997. – 23 с.
2. Смолькин, В. Ф., Митрофанов Ф. П. и др. Магматизм, седиментогенез и геодинамика Печенгской палеорифтогенной структуры. – Апатиты, 1995. – 256 с.
3. Козлов, Н. Е. Вещественный состав метаморфических комплексов высокобарных гранулитовых поясов и проблема формирования их протолитов (на примере лапландских гранулитов). Автореф. дисс. док. геол.-мин. наук. – СПб., 1995. – 36 с.

## Ультракремнистые риолиты в брекчиях Печенгского рудного поля

**Скуфьин П. К.** (*г. Апатиты, Геологический институт КНЦ РАН, e-mail: skuf@geoksc.apatity.ru*)

**Аннотация.** В рудном поле Ждановского Cu-Ni месторождения печенгского комплекса установлены тела эруптивных брекчий бимодального риолит(кагусит)-пикробазальтового состава. Формирование этих пород является частью рудообразующего процесса жидкостной несмесимости в субщелочных базальтах, который приводит к формированию сульфидных и благороднометалльных руд.

**Abstract.** In the ore field of Zhdanovsky Cu-Ni deposit of the Pechenga structure set a lot of eruptive breccia dikes having bimodal rhyolite(kagusite)-picrobasaltic composition. Formation of these rocks is a part of the ore-forming process of liquid immiscibility in sub-alkaline basalts, which leads to the formation of sulfide and noble metal ores.

**Ключевые слова:** Печенгская структура, риолит, кагусит, пикробазальт, субщелочной базальт, сульфиды, благороднометалльные руды.

**Key words.** Pechenga structure, rhyolite, kagusite, picrobasalt, sulfides, sub-alkaline basalt, noble metal ores.

В рудном поле Ждановского Cu-Ni месторождения на восточном фланге продуктивной свиты печенгского комплекса установлены тела эруптивных брекчий бимодального кагусит-пикробазальтового состава, которые наблюдаются в виде расщепленно-прямолинейных аккордантных даек, приуроченных к контакту пород продуктивной и перекрывающей ее матертской свиты. Дайки этой группы прослеживаются на сотни метров по простиранию и падению вмещающих пород и достигают мощности 25–30 м. Дайки секут пластовые тела ферродолеритов, распространенные в разрезе продуктивной свиты, и в свою очередь секутся интрузиями рудоносной габбро-верлитовой ассоциации (Рис. 1, 1). Макроскопически это – плотные массивные лавокластиты с брекчиевой текстурой, в которых хаотически распределенный обломочный материал погружен в матрикс, представленный витрокластической микролавобрекчией, имеющей состав субщелочного пикробазальта, обогащенного Ti, Mg и Fe (Табл. 1) и составляющей 20–50 % объема породы (Рис. 1, 2). Размер обломков варьирует от псаммитовых частиц до глыб, имеющих более 400 мм в поперечнике; форма угловатая, округлая, пластинчатая. Более 90 % обломков представлены железистыми ультракремнистыми лавами (кагуситами) – плотными стекловатыми породами черного или светло-

серого цвета, с характерным для кремнистых пород раковистым изломом. Крупные обломки кагусита, "плавающие" в витрокластическом матриксе эруптивной брекчии, иногда имеют каплевидную и веретеновидную, часто закрученную форму – признак синвулканических пластических деформаций лавовых фрагментов; часто в обломках фиксируется корочка закалки мощностью 0.5–1 см, сложенная стекловатой породой, замутненной тонкодисперсным магнетитом. Структура кагуситов микропорфировая или криптопорфировая; количество порфировых вростков – от 3 до 8 % объема породы, состав – кварц, иногда дипирамидальный кварц, образующий псевдоморфозы по кристаллам высокотемпературного кристобалита; реже альбит и анортит; основная ткань – изотропный агрегат мельчайших кварцевых зерен, иногда сотовидной формы. Среди порфировых вкрапленников часто наблюдаются типичные для современных эруптивных брекчий объемно-разуплотненные кристаллокласты полевого шпата и кварца. Среди кагуситов можно выделить две сосуществующие разновидности черного и светлосерого цвета (Рис. II, 2). Лейкократовые кагуситы светло-серого цвета имеют почти мономинеральный кварцевый состав и часто наблюдаются в черных, меланократовых разновидностях в виде клубневидных и линзовидных обособлений с резкими, отчетливыми контактами; при этом и в обособлениях, и во вмещающих черных кагуситах сохраняется характерная криптопорфировая структура (Рис. II, 4). Лейкократовые кагуситы вместе с пикробазальтом иногда формируют своеобразные бимодальные вариолитовые микролавобрекчии, в которых почковидные и гроздьевидные агрегаты стекловатого кагусита, замутненные тонкодисперсной сыпью магнетита, погружены в вариолитовый пикробазальтовый цемент (Рис. II, 1–3). В шлифах наблюдается своеобразная двухфазная система сосуществующих вариолитовых обособлений лейкократового (кагусит) и меланократового (пикробазальт) составов. Подобные взаимоотношения контрастных фаз можно объяснить лишь с позиции ликватной жидкостной несмесимости в высокожелезистых расплавах при образовании ликватных пар наподобие классических примеров типа эвкрит-липарит или ферробазальт-липарит [1].

Из таблицы 1 видно, что кагуситы описываемых бимодальных эруптивных брекчий представлены двумя типами пород – малощелочными кагуситами (черные разновидности) и бесщелочными кагуситами (лейкократовые разновидности светло-серого цвета). Содержание  $\text{SiO}_2$  в малощелочном кагусите составляет 83.62 %, а суммарного Fe – 2.5 %;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1.64$  %,

с преобладанием  $\text{Na}_2\text{O}$ . Содержание  $\text{SiO}_2$  в бесщелочном кагусите составляет 94.73 %, а суммарного Fe – 2.31 %;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0.13$  %, с преобладанием  $\text{Na}_2\text{O}$ . Матрикс эруптивной брекчии во всех случаях – субщелочные железистые пикробазальты. Своеобразное тело ферробазальтовых лавобрекчий с обломками бесщелочных кагуситов было установлено в районе озера Сари-ярви, к северу от Кольской сверхглубокой скважины [2].

Имея размер до 450 м в поперечнике и сложную штокообразную форму, это тело прорывает мощный силл габбро-долеритов на контакте пород ждановской и матертской свит. Помимо остроугольных обломков базальтовых ферродолеритов, это тело переполнено округлыми обломками кагусита размером 0.2–0.5 м в поперечнике (Рис. 1, 3).

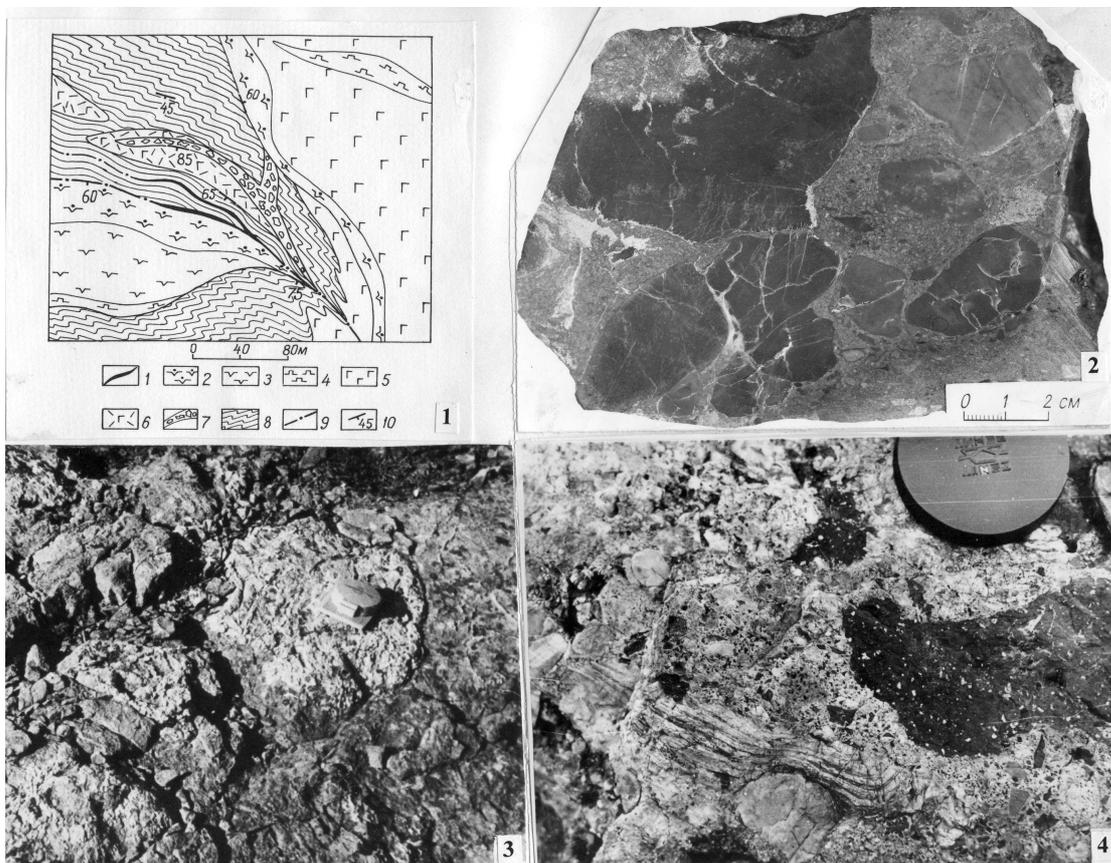


Рисунок I – 1 – схематическая геологическая карта участка рудного поля к западу от Ждановского месторождения. Условные обозначения: 1 – Cu-Ni руда; 2,3 – метапериidotиты; 4 – пироксениты, 5 – габбро; 6 – ферродолериты; 7 – породы эруптивной брекчии кагусит-базальтового состава; 8 – метаосадки; 9 – разломы; 10 – залегание пород. 2 – эруптивная брекчия кагусит-базальтового состава (фото образца). Обломки кагусита погружены в базальтовый витрокластит. 3 – округлые обособления кагусита в эруптивной лавобрекчии базальтового состава (фотоснимок обнажения). 4 – грубообломочный спекшийся туф (фотоснимок обнажения). Черные обломки с порфириковой структурой – эвкрит, округлые и лентовидные обломки с флюидальной текстурой – кагусит

Кагуситы имеют криптофельзитовую структуру, обогащены тонко-дисперсным магнетитом и пронизаны сетью кварцевых жилок. Матрикс лавобрекчий представлен субщелочным пикробазальтом. Химический состав кагусита, а также малощелочного ферробазальта приведен в табл. 1.

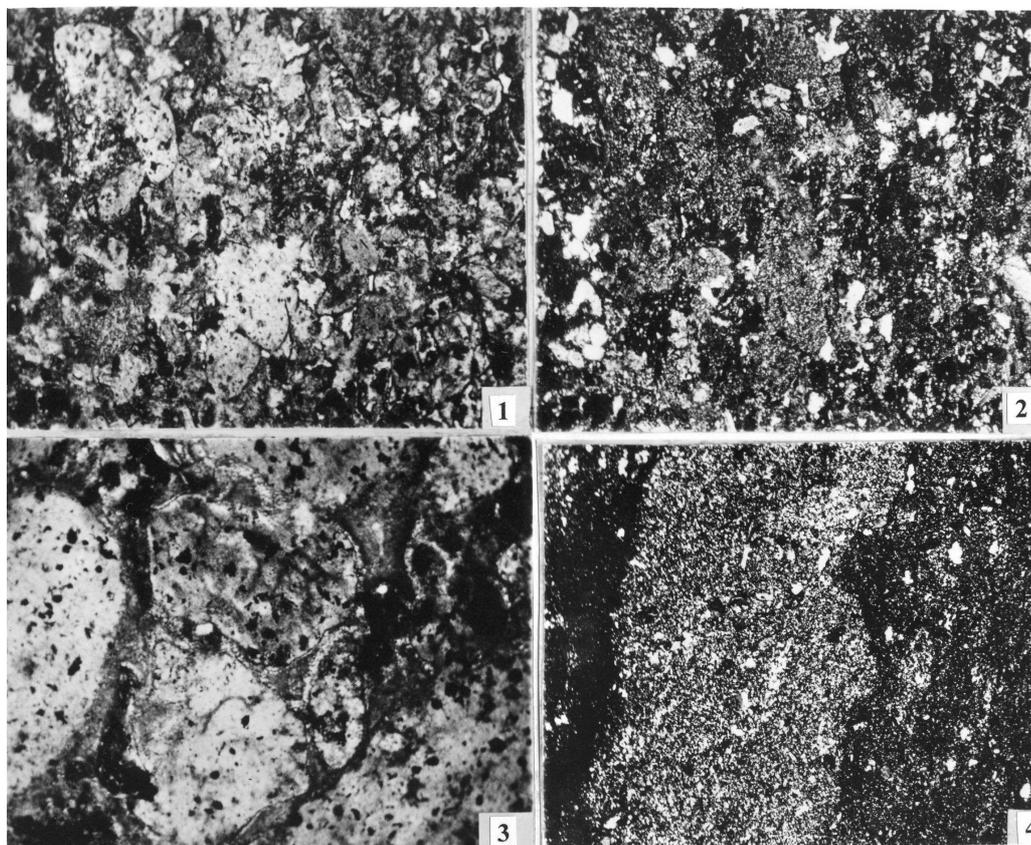


Рисунок 2 – Породы эруптивной брекчии кагусит-базальтового состава из разреза ждановской (продуктивной) свиты (фотоснимки шлифов). 1,2 – форма ликватных почковидных кагуситовых обособлений (светло-серое) в базальтовом витрокластите; x 15; 1 – без анализатора; 2 – с анализатором. 3 – форма ликватных кагуситовых обособлений, фрагмент предыдущего шлифа; x 60, без анализатора. 4 – полосовидное обособление бесщелочного кагусита (серое) в малощелочном кагусите (темно-серое); x 35, с анализатором

Содержание  $\text{SiO}_2$  в кагусите составляет 86.1 %, а суммарного Fe – 4.9 %;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0.1$  %. Отличительным признаком кагуситов бимодальной ассоциации районов оз. Сари-ярви и Ждановского месторождения является обогащенность некоторыми сидерофильными и халькофильными элементами, в частности хромом, медью и никелем.

Таким образом, своеобразными и во многом уникальными породами печенгского субщелочного магматизма, участвовавшими в сульфидном и благороднометальном (с участием Au и PGE) рудогенезе [2], являются ультракремнистые риолиты (кагуситы). Эти ультракислые породы приурочены

прежде всего к локальному горизонту дифференцированных пород (ГДП) мощностью около 200 м, резко выделяющегося по составу слагающих его вулканитов на фоне в общем монотонного пятикилометрового разреза базальтоидов матерской свиты. Дифференциаты ГДП представлены, прежде всего, субщелочными вулканитами ультракислого, кислого, среднекислого и в меньшей степени основного и ультраосновного (пикритового) состава.

Таблица 1 – Химический состав бимодальных кагусит-содержащих ассоциаций эруптивных брекчий районов Ждановского месторождения и оз. Сари-ярви (вес. %, ppm)

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	49.59	41.63	83.62	94.73	42.49	86.10
TiO <sub>2</sub>	1.65	1.56	0.27	0.00	1.78	0.51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.75	11.83	2.73	0.34	12.30	3.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.98	4.03	1.01	0.53	5.45	1.18
FeO	4.06	6.71	1.29	1.78	12.82	3.75
MnO	0.17	0.19	0.04	0.01	0.20	0.06
MgO	10.23	7.20	1.36	0.18	5.96	1.77
CaO	4.07	10.85	3.41	0.80	11.77	0.98
Na <sub>2</sub> O	4.20	3.54	1.50	0.10	0.38	0.09
K <sub>2</sub> O	0.24	1.35	0.14	0.03	0.16	0.01
H <sub>2</sub> O–	0.12	0.10	0.00	0.06	0.33	0.25
H <sub>2</sub> O+	3.20	3.69	1.66	0.35	5.05	2.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.12	0.19	0.00	0.12	0.00
CO <sub>2</sub>	0.12	6.38	2.13	0.59	0.65	0.26
S <sub>общ</sub>	1.26	1.19	0.02	0.40	0.55	0.00
Сумма	99.77	100.37	99.37	99.90	100.01	100.23
Rb	10	н. оп.	5	н. оп.	4	0
Sr	118	н. оп.	71	н. оп.	90	н. оп.
Ba	140	н. оп.	40	н. оп.	80	н. оп.
Ni	н. оп.	200	н. оп.	100	200	100
Co	н. оп.	50	н. оп.	0.00	90	0
Cr	н. оп.	460	н. оп.	190	500	400
Cu	н. оп.	160	н. оп.	40	н. оп.	25
Zr	115	н. оп.	25	н. оп.	н. оп.	н. оп.

**Примечание.** 1–4 – породы района Ждановского месторождения: 1,2 – субщелочные магнезиальные базальты из матрикса эруптивной брекчии (туффизит); 3,4 – кагуситы из обломков эруптивной брекчии, соответственно, малощелочной (3) и бесщелочной (4); 5,6 – породы района оз. Сари-ярви: 5 – малощелочной ферробазальт из обломков эруптивной базальтовой лавобрекчии; 6 – бесщелочной кагусит из обломков эруптивной базальтовой лавобрекчии.

В целом для дифференцированных пород ГДП характерна активная обстановка внедрения в виде туфоагломератов, спекшихся туфов, а также высокотемпературных и высокоподвижных, эмульсиеподобных масс кислых туфолов (палеоигнимбритов). Генезис кагуситов и всей ассоциации субщелочных дифференциатов ГДП трактуется как проявление процессов жидкостной несмесимости в железистых субщелочных базальтовых расплавах. Ликватные процессы не ограничивались разделением расплавов на высококремнистую и мафическую фазы, но продолжались далее в высококремнистых породах, с последующим разделением их на относительно щелочные и бесщелочные разновидности.

Щелочной (щелочнометальный) характер кагуситы приобретают с понижением в их составе  $Al_2O_3$ , при недостатке которого вместо образования полевых шпатов и слюд возникают щелочные гидроксиды (КОН и др.), или соответствующие им сульфидные и галогенидные комплексы. В результате их образования растворимость рудных металлов во флюидных кварцевых расплавах при достаточно высокой их щелочнометальности может значительно превосходить их растворимость в силикатных расплавах, и тем более в трансмагматических флюидах (гидротермальных растворах), отличающихся низкой растворимостью в них рудных металлов. На этой основе и формируются кварцевые рудные жилы, в том числе и в Печенгской структуре, характеризующиеся широким распространением и разнообразием металлических руд (Брагинское месторождение). Обогащенность ультракислых щелочнометальных расплавов серой, фтором, хлором и другими флюидными компонентами может создавать их избирательное химическое сродство к различным рудным металлам, особенно показательно их высокое химическое сродство к золоту. В кислых и нейтральных растворах золото, образующее нейтральные комплексы  $AuHS^0$  и др., обладает низкой растворимостью, но с переходом к щелочнометальной среде растворимость его резко возрастает благодаря образованию легко растворимых одновалентного и трехвалентного соединений  $KAu(HS)_2$ ,  $KAuO_2$ ,  $KAuS_2$ . Этот эффект, экспериментально исследованный применительно к гидротермальным растворам [1], приложим и к щелочнометальным ультракремнекислым флюидным расплавам, содержащим "свободные" щелочные металлы, не связанные в алюмосиликатные структуры. Кварцевые расплавы, практически не содержащие алюминия, в наибольшей мере отвечают этому условию, представляя среду,

наиболее благоприятную для эффективной экстракции золота из силикатных расплавов. Как подчеркивалось в работе [1], эта экстракция играла главную роль в формировании золоторудных кварцевых жил. В сочетании с агпаитовым характером флюидных кварцевых расплавов этот фактор может способствовать образованию гигантских рудных месторождений, таких как Витватерсранд в Африке.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-05-00026.*

### **Библиографический список**

1. Дадзе, Т. П., Каширцева Г. А. Экспериментальное изучение растворимости золота в сульфидсодержащих гидротермальных растворах // В сб. "Экспериментальная минералогия". – М. : Наука, 2004. – С. 315–326.
2. Маракушев, А. А., Безмен Н. И. Вариолиты и их петрогенетическое значение // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геол. – 1987. – № 5. – С. 62–77.
3. Скуфьин, П. К. Кагусит-базальтовое расщепление в магматических породах Печенгской структуры и влияние этого процесса на формирование сульфидно-благороднометалльного оруденения // Бюлл. Моск. Об-ва исп. природы, отд. геол.. – 2010. –Т. 85. – № 3. – С. 52–68.

## Проблема "Великого оледенения" Скандинавии

**Чувардинский В. Г., Скуфьин П. К.** (*г. Апатиты, Геологический институт КНЦ РАН, e-mail: skuf@geoksc.apatity.ru*)

**Аннотация.** Предлагаются новые решения ряда фундаментальных проблем четвертичного периода. Обсуждается классическая концепция материковых оледенений, которая приписывает наступавшим на Европу мощным ледникам роль активного рельефообразующего фактора. На основании исследований на Балтийском щите, доказывается разломно-тектонический генезис "ледниково-экзарационного" рельефа.

**Abstract.** New solutions of a number of fundamental problems of the Quaternary Period are proposed. The classical concept of a continental freezing which attributes to the powerful glaciers attacking Europe a role of an active relief-forming factor is discussed. On the basis of researches on Baltic Shield, the fault-tectonic origin of "glacial exaracion" relief is proved.

**Ключевые слова:** Балтийский щит, оледенение, материковый ледник, экзарационный рельеф.

**Key words:** Baltic Shield, freezing, continental glacier, exaracion relief.

В середине позапрошлого века группа ученых-натуралистов (Ж. Шарпантье, Л. Агассиц и др.) в попытке обоснования причин скопления валунов кристаллических пород на равнинах Европы, выдвинула гипотезу о мощном материковом оледенении в четвертичном периоде на севере Европы, Азии и Америки. Считающиеся классическими работы немецких геологов А. Пенка и Э. Брюкнера по альпийским покровным ледникам и "моренным образованиям" в виде галечниковых речных террас рек – правых притоков р. Дунай – легли в основу европейской периодизации ледниковых периодов: гюнц, миндель, рисс, вюрм. В дальнейшем сторонники этой гипотезы (О. Торрель, А. Гейки, Дж. Гейки и др.) доказывали, что ледники в кристаллических породах Скандинавии активно формировали так называемые экзарационный рельеф, выпахивая озерные котловины, глубокие фиорды, покрывали бороздами и отполировывали "бараньи лбы", "курчавые скалы" и другие "ледниковые" формы рельефа. С тех пор количество публикаций, основанных на методических разработках ледниковой гипотезы, исчисляется многими тысячами.

Однако примерно в тот же период крупнейшие натуралисты Ч. Дарвин, Ч. Ляйель, Р. Мурчисон, А. Кайзерлинг выдвинули дрифтовую теорию фор-

мирования валунных накоплений в Северном полушарии за счет разноса валунов плавающими льдами при трансгрессиях морских бассейнов. Во время войны профессор И. Г. Пидопличко в составе действующей армии имел возможность осмотреть все известные "ледниковые" отложения в Альпах. В своих работах он доказывал, что все эти ледниковые построения немецких ученых и их последователей глубоко ошибочны и основаны на самовнушении и своеобразном массовом гипнозе. В дальнейшем, в 50–60-х гг. многие отечественные геологи (А. И. Попов, И. Д. Данилов, Р. Б. Крапивнер, П. П. Генералов и др.) пришли к выводу, что северные территории Европы и Сибири материковым оледенениям не подвергались, а мощные толщи валунных суглинков накапливались в результате транспортировки валунного материала айсбергами и припайными льдинами. И по сей день в научном мире по вопросам материкового оледенения З. Сибири и Европейского Севера относительно мирно сосуществуют две точки зрения – ледниковая и "маринистская". Однако "экзарационный рельеф" Скандинавии и Канады до недавних пор считался бесспорным доказательством незыблемости главных постулатов ледниковой теории.

На основании почти пятидесятилетних геологических работ в Кольско-Карельском регионе В. Г. Чувардинский решительно выступает против общепризнанного учения о громадных по масштабам ледниковых периодах, покровные ледники которых, выпаживая коренные породы ложа ледников, перемещали громадные валуны и километровые отторженцы горных пород и двигались в южном направлении, перекрывая Европу и Северную Америку шитами льда мощностью до 3 км. В своей работах [2,3,4] он анализирует доводы сторонников концепции материковых оледенений, которая приписывает стремительно наступающим на Европу мощным ледникам роль активного рельефообразующего фактора.

Гляциологические исследования на материковых ледниках Антарктиды и Гренландии показали, что придонные слои льда практически неподвижны, и никакого "выпахивания" ложа ледников не производят – все подвижки в ледниках происходят выше, в результате вязко-текучего скольжения пакетов ледяных пластинок по внутрiledниковым сколам. Ложе горно-долинных ледников сохраняет под движущимися массами льда первичную скальную поверхность, почвенные слои и даже травяной покров в полной неприкосновенности. А ложе гренландских и антарктических громадных ледников во-

общее законсервировано на сотни тысяч лет, и километровые по мощности льды спокойно скользят над этим ложем, не затрагивая его (рис. 1).

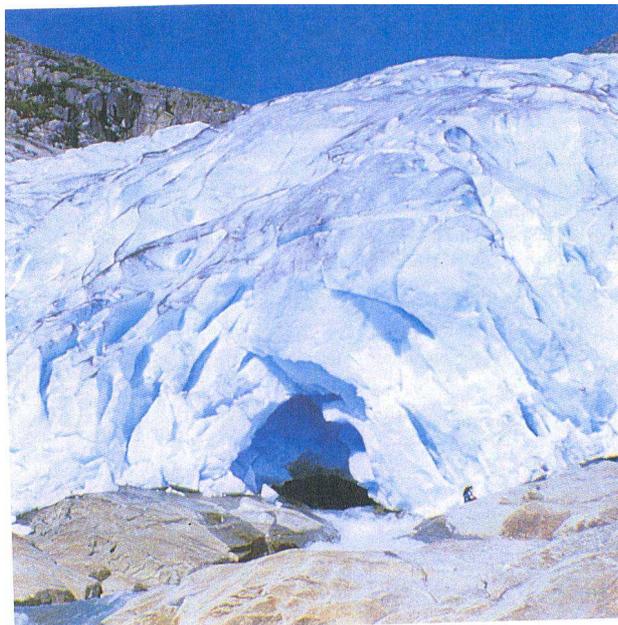


Рисунок 1 – Горно-долинный ледник Нигардсбре (Норвегия).  
Двигается по тектоническому зкркалу скольжения.  
Признаки придонной морены отсутствуют (S. Ehlers, 1983)

Специалисты, изучавшие экзарационные процессы на реальных ледниках планеты, давно установили, что донные морены при этом совершенно нехарактерны. М. И. Иверонова, изучавшая ледники Тянь-Шаня пишет: "Роль донной морены ничтожна, и говорить о леднике как о факторе, интенсивно эродирующем, нет основания". Результаты сквозного, вплоть до ложа ледников, разбуривания материковых ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии доказывают отсутствие валунно-галечного моренного материала во всей толще ледников, а также в основании этих гигантов. Современный исследователь ледников Антарктиды Д. Ю. Большианов делает вывод: "...Ледники покровного типа не способны активно преобразовать материковое ложе". Наличие значительных валунно-галечных образований в толще ледников возможно лишь в горно-долинных ледниках, где эти обломки горных пород образуются при оползневых процессах на склонах.

Что же касается экзарационного рельефа, "курчавых скал", "бараньих лбов", фиордов, озерных котловин, конечно-моренных гряд и др., то авторы связывают все эти образования с неотектоническими процессами, вертикальными и горизонтальными подвижками горных пород, мелко- и крупномасштабными чешуйчатыми надвигами (рис. 2–4). Аналогичные явления

наблюдались и в гранитоидах Мурманского блока, и в вулканитах ранне-протерозойской Печенгской структуры [1].

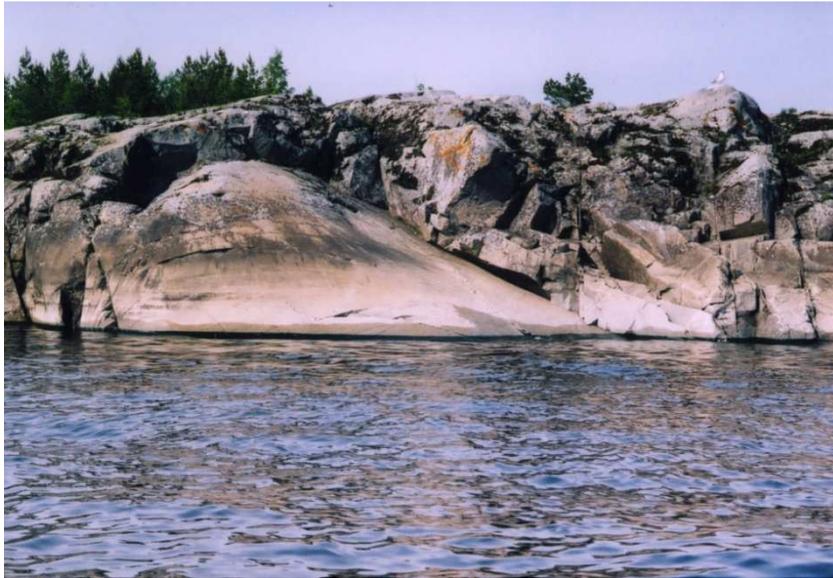


Рисунок 2 – Тектоническое формирование "бараньих лбов" в гранодиоритах, в процессе неотектонического роста гранитных куполов

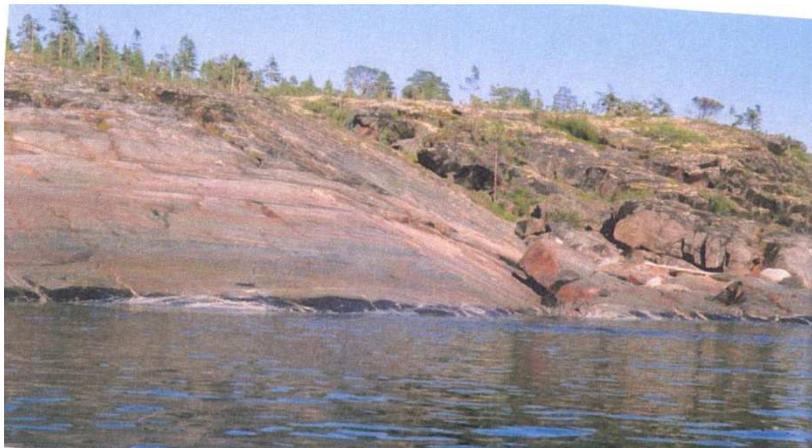


Рисунок 3 – Поверхность сместителя крупного надвига в породах гранулитовой формации. Видно погружение отполированной и изборожденной тектонической поверхности под аллохтонные блоки пород

Новейшие исследования тектонических напряжений в толщах кристаллических пород Балтийского, Канадского и Украинского щитов показывают, что величина тектонического сжатия в гранитоидных породах верхних горизонтов земной коры, достигающая 200 мПа, реализуется в приповерхностном слое в виде интенсивных субгоризонтальных тектонических подвижек, сила которых на полтора порядка превышает вертикальное (геостатическое) напряжение. При этом формируется сложно сочетающиеся системы взбросо-надвигов, сбросов и сдвигов, характерных именно для приповерхностной

зоны, где проявляется способность свободных восходящих движений надвиговых блоков и чешуй.

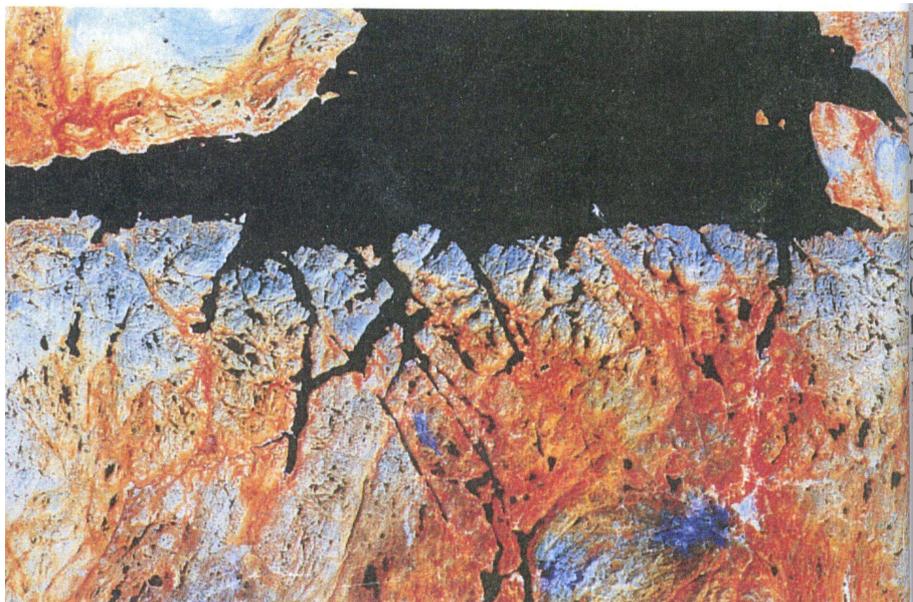


Рисунок 4 – Фиорды в архейских породах фундамента на побережье Норвегии и Мурманской области. Видна приуроченность фиордов к глубинным разломам нескольких генераций. Космический снимок

В своей последней статье Д. Ю. Большиянов (Большиянов, 2015), привлекая данные скандинавских геологов, пишет: "...Новейшие исследования говорят об отсутствии сплошного ледникового покрова на Скандинавском полуострове во время последнего ледникового максимума. Собранные материалы говорят об отсутствии крупных ледниковых щитов на пространствах севера Евразии. Вместо ледниковых щитов на этих территориях развивались ограниченные по мощности и площади ледниковые шапки-купола, которые, вследствие своего термодинамического состояния (холодное, примерзшее к ложу основание), не могли активно механически воздействовать на ложе ледниковых куполов".

В своих попытках отыскать следы грандиозных ледников на Кольском полуострове гляциологи иногда приводят в своих материалах анекдотические факты. Так, в монографии М. Г. Гросвальда "Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики" (1999) в качестве примера "пояса конечных морен и гляциодислокаций" приведена отдешифрированная по аэрофотоснимкам карта распространения четвертичных образований в Кейвской структуре, которая сложена, по нашим данным и данным десятков геологов-поисковиков и съемщиков, докембрийскими кристаллическими породами

с возрастом более 2 млрд лет, в том числе и сложно дислоцированными дайками и силлами габбро-диабазов, причудливо изогнутые тела которых (рис. 5) и были приняты гляциологами за четвертичные породы.

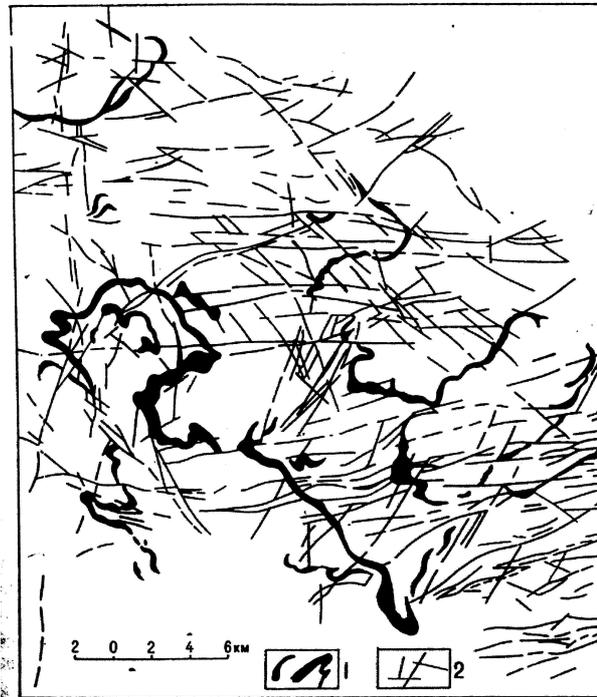


Рисунок 5 – Система даек и силлов габбро-диабазов в Кейвском регионе, описанные М. С. Гросвальдом (1999) как конечная морена и "грандиозный пояс гляциодислокаций". 1,2 – соответственно, силлы (1) и дайки (2) габбро-диабазов

Новые литературные данные по палеонтологии, палеоботанике и четвертичной климатологии ставят под сомнение наличие мощного материкового оледенения даже в цитадели сторонников ледниковой теории – в Скандинавии. Многочисленные публикации указывают на постоянные находки останков мамонтов в этом регионе, там, где по утверждениям сторонников ледниковой теории, толщина льда в вюрме достигала 4 км.

Целый ряд вюрмских радиоуглеродных датировок останков мамонтов (26–11 тыс. лет) указывает на комфортные условия жизни этих прожорливых животных в заросших пышной растительностью долинах рек Финляндии и Норвегии (рис. 6). Попытка сторонников оледенения этих территорий в вюрме объяснить этот парадокс наличием "нунатаков" – горных вершин, возвышающихся над ледниковыми толщами, малоубедительна – таких высоких гор в Скандинавии просто нет, да и мамонтам на таких скалах ежедневной полутонной порции растительной пищи на едока – не обеспечить. Современные исследования показывают, что климат Скандинавии в вюрме был более холодным и континентальным, чем современный, но в целом бли-

зок современному климату Сибири, и лесотундровые степи с вечной мерзлотой в фундаменте и с пышной растительностью в долинах рек занимали обширные территории в Европе, в том числе в Скандинавии.

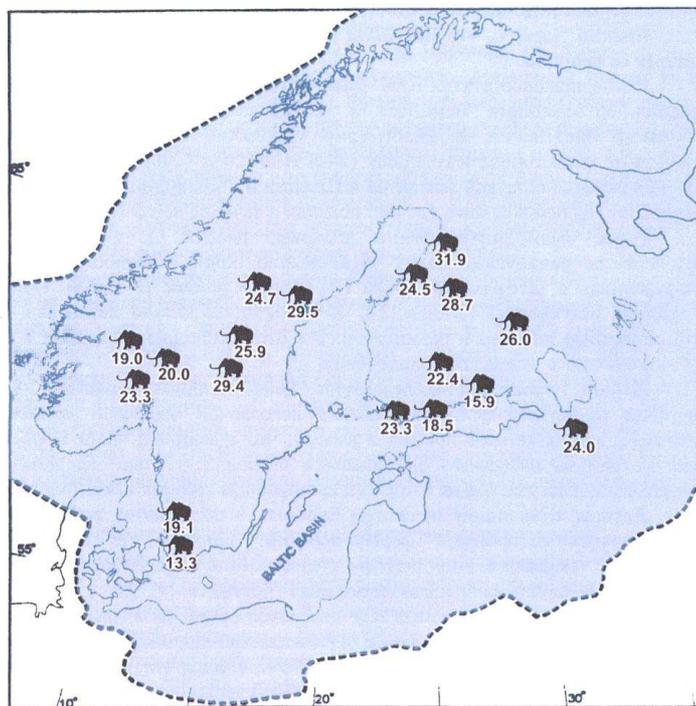


Рисунок 6 – Местонахождения ископаемых останков мамонтов в Фенноскандии времени последнего (вюрмского) покровного оледенения (возраст 26 000–10 000 лет). Абсолютный возраст (в тыс. лет) определен радиоуглеродным методом. Пунктиром показана площадь Фенноскандинавского ледникового покрова.

(По материалам P. Ukkonen et al. (1999, 2007), A. Heintz (1965, 1974), А. А. Никонова и Л. Д. Флейфель (2011))

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-05-00026.*

### **Библиографический список**

1. Скуфьин, П. К. О глубинном долгоживущем разломе на северо-западе Кольского полуострова // Геофизика и тектоника Кольского полуострова. – М-Л. : Наука, 1966. – С. 83–85.
2. Чувардинский, В. Г. К вопросу о материковых оледенениях в Фенноскандии. Природная обстановка и фауна прошлого. – Киев. 1963. С. 66–96.
3. Чувардинский, В. Г. О ледниковой теории. Происхождение образований ледниковой формации. – Апатиты, 1998. – 302 с.
4. Чувардинский, В. Г. Четвертичный период (новая геологическая концепция). – Апатиты, 2012. – 179 с.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ**

## **К вопросу о необходимости прохождения производственного контроля на предприятии**

**Барашев А. М.<sup>1</sup>, Широнина А. Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(г. Мурманск, ФГБУ "Администрация морских портов Западной Арктики",  
e-mail: barashev92@mail.ru)

<sup>2</sup>(г. Мурманск, Мурманский государственный технический университет, факультет арктических технологий, кафедра экологии и окружающей среды,  
e-mail: nussy131@rambler.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены производственный экологический контроль в области охраны окружающей среды и производственный контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.  
**Abstract.** The article deals with industrial environmental monitoring in the area of environmental protection and production control over compliance with sanitary regulations and the implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures.

**Ключевые слова:** производственный экологический контроль, производственный контроль, окружающая среда.

**Key words:** industrial environmental monitoring, industrial control, environment.

Обеспечение безопасности человека – одна из наиболее важных проблем современного общества. Быстрое развитие производительных сил, усовершенствование технических средств и процессов, увеличение объемов природопользования, ухудшение экологической обстановки – все это усиливает риск возникновения чрезвычайных ситуаций.

Созданная человеком техносфера является основным источником опасности для всего существующего на земле. Происходящие в ней аварии приводят не только к человеческим жертвам, но и к уничтожению окружающей среды, её необратимой деградации.

Производственная деятельность различных предприятий наносит серьезный ущерб окружающей среде. Результатами такой деятельности являются засухи, уничтожение лесов, кислотные дожди, загрязнение окружающей среды и другие нежелательные экологические последствия.

Одним из путей снижения нагрузки на окружающую среду со стороны промышленных объектов является организация производственного контроля в области охраны окружающей среды (производственного экологического контроля).

Такой вид контроля осуществляется в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды [1].

Объектами производственного экологического контроля являются все объекты и источники негативного воздействия на окружающую среду, связанные с процессами производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, вывода из эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, составляющих хозяйственную и иную деятельность организации, а также компоненты природной среды, природные ресурсы [2].

Организация производственного экологического контроля является одной из непосредственных обязанностей руководства предприятия, и его проведение должно обеспечить:

- соблюдение условий, установленных разрешениями на выбросы вредных веществ в атмосферный воздух, размещение отходов производства, сбросы загрязняющих веществ в канализацию;
- соблюдение стандартов, нормативов, экологических, санитарных и иных требований в области охраны атмосферного воздуха и обращения с отходами производства;
- соблюдение режима санитарно-защитной зоны предприятия и организацию контроля за состоянием атмосферного воздуха;
- выполнение Федеральных целевых программ и мероприятий по охране атмосферного воздуха, уменьшению количества отходов производства и вовлечению отходов в оборот в качестве дополнительных источников сырья;
- выявление нарушений законодательства РФ в области обращения с отходами производства и охраны атмосферного воздуха и контроль за принятием мер по устранению таких нарушений [3].

Также важным направлением в обеспечении безопасности человека и среды его обитания является производственный контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, который осуществляется юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в соответствии с осуществляемой ими деятельностью.

Объектами производственного контроля являются здания, сооружения, производственные, общественные помещения, санитарно-защитные зоны, зоны санитарной охраны, оборудование, транспорт, технологическое оборудование, технологические процессы, рабочие места, используемые для выполнения работ, оказания услуг, а также сырье, полуфабрикаты, готовая продукция, отходы производства и потребления [4].

Производственный контроль включает:

- наличие официально изданных санитарных правил, методов и методик контроля факторов среды обитания в соответствии с осуществляемой деятельностью;

- осуществление (организацию) лабораторных исследований и испытаний в случаях, установленных санитарными правилами и нормативами: на границе санитарно-защитной зоны и в зоне влияния предприятия, на территории (производственной площадке), на рабочих местах с целью оценки влияния производства на среду обитания человека и его здоровье; сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологий их производства, хранения, транспортировки, реализации и утилизации;

- организацию медицинских осмотров, профессиональной гигиенической подготовки и аттестации должностных лиц и работников организаций, деятельность которых связана с производством, хранением, транспортированием и реализацией пищевых продуктов и питьевой воды, воспитанием и обучением детей, коммунальным и бытовым обслуживанием населения;

- контроль за наличием сертификатов, санитарно-эпидемиологических заключений, личных медицинских книжек, санитарных паспортов на транспорт, иных документов, подтверждающих качество, безопасность сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и технологий их производства, хранения, транспортирования, реализации и утилизации в случаях, предусмотренных действующим законодательством;

- обоснование безопасности для человека и окружающей среды новых видов продукции и технологии ее производства, критериев безопасности и (или) безвредности факторов производственной и окружающей среды и разработка методов контроля, в том числе при хранении, транспортировании и утилизации продукции, а также безопасности процесса выполнения работ, оказания услуг;

- ведение учета и отчетности, установленной действующим законодательством по вопросам, связанным с осуществлением производственного контроля;

- своевременное информирование населения, органов местного самоуправления, органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации об аварийных ситуациях, остановках производства, о нарушениях технологических процессов, создающих угрозу санитарно-эпидемиологическому благополучию населения;
- визуальный контроль специально уполномоченными должностными лицами (работниками) организации за выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, соблюдением санитарных правил, разработкой и реализацией мер, направленных на устранение выявленных нарушений.

Номенклатура, объем и периодичность лабораторных исследований и испытаний определяются с учетом санитарно-эпидемиологической характеристики производства, наличия вредных производственных факторов, степени их влияния на здоровье человека и среду его обитания. Лабораторные исследования и испытания осуществляются юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем самостоятельно, либо с привлечением аккредитованной лаборатории [5].

### **Заключение**

Производственный экологический контроль и производственный контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий являются важными факторами обеспечения экологического и санитарно-эпидемиологического благополучия в учреждении, организации, на предприятии, гарантией безопасности продукции и показателем ответственности предпринимателя, руководителя, как перед потребителями, так и своими работниками и государством.

Производственный контроль также является своего рода защитной мерой для предпринимателей в случае возникновения спорной ситуации (жалобы со стороны потребителей, случаев инфекционной заболеваемости и т. п.) и поможет доказать, что объект является благополучным в санитарно-эпидемиологическом отношении.

Эффективность производственного экологического контроля во многом зависит от взаимодействия с органами государственного экологического контроля. Пока такое взаимодействие не развито. Более того, руководители предприятий и экологические службы считают своей задачей защиту инте-

ресов предприятия любым путем, в том числе посредством сокрытия фактов нарушения экологического законодательства, представления государственным органам недостоверных сведений, а порой и прямого попустительства правонарушениям.

Сотрудничество органов государственного, ведомственного и производственного экологического контроля способствует повышению эффективности природоохранной деятельности на разных уровнях.

Регулярное и своевременное проведение производственного и производственного экологического контроля является залогом безопасности и безвредности работ для человека и окружающей среды, создания благоприятных условий трудовой деятельности, а также производства безопасной продукции высокого качества.

### **Библиографический список**

1. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды".
2. ГОСТ Р 56062-2014 "Производственный экологический контроль. Общие положения".
3. ГОСТ Р 56061-2014 "Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля".
4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13 июля 2001 г. № 18 "О введении в действие санитарных правил – СП 1.1.1058-01".
5. СП 1.1.1058-01 "Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемиологических (профилактических) мероприятий".

## **Интенсификация выделения биофлокулянтов из биомассы активного ила**

**Барашева Ю. М., Углова Н. В., Васильева Ж. В.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра экологии и защиты окружающей среды, e-mail: kuchugura@mail.ru)

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследования интенсификации выделения биофлокулянтов из биомассы активного ила методом кавитационной обработки. Установлены режимы обработки, позволяющие увеличить выделение внеклеточных биополимеров.

**Abstract.** This article presents the results of a study of intensification of allocation of extracellular polymeric substances from biomass of activated sludge by cavitation treatment. Optimal treatment regimens for increasing the allocation of extracellular biopolymers have been present.

**Ключевые слова:** активный ил, биофлокулянты, кавитационная обработка, внеклеточные полимерные вещества, сточные воды.

**Key words:** activated sludge, bioflocclulants, cavitation treatment, extracellular polymeric substances, wastewater.

Известно, что биомасса избыточного активного ила обладает хорошими флокулирующими характеристиками в отношении загрязнений сточных вод. Микроорганизмы избыточного активного ила синтезируют и секретируют в среду внеклеточные полимерные вещества (ВПВ), которые обуславливают агрегацию микроорганизмов и образование хлопьевидных скоплений – флокул в условиях биологической очистки. В связи с этим перспективным является использование ВПВ избыточного активного ила в качестве биофлокулянтов и для физико-химической очистки сточных вод. При этом известно, что выделение ВПВ микроорганизмами избыточного активного ила зависит от таких факторов, как температура, фаза жизнедеятельности микроорганизмов, внешние условия среды [1].

Целью работы являлось нахождение способа, который позволяет выводить биополимеры активного ила из клеточной оболочки, вне зависимости от вышеприведенных факторов, не нарушая или не разрушая при этом их флокуляционную способность.

Наиболее приемлемым оказался метод кавитационной обработки биомассы активного ила, который позволяет разрушить клеточную оболочку без разрушения биополимеров, находящихся внутри клетки [2].

Как известно, акустическая кавитация, представляет собой эффективное средство концентрации энергии низкой плотности в высокую плотность энергии, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков (рисунок 1). В зонах локального понижения давления в жидкости образуется разрыв в виде полости, которая заполняется насыщенным паром данной жидкости. Воздействие кумулятивных струй жидкости при схлопывании кавитационных микропузырьков вызывает разрушение как дисперсных частиц, так и бактериальных клеток и чехлов.



Рисунок 1 – Кавитационный пузырек в момент взрыва

В данной работе кавитационную обработку активного ила проводили путем применения пьезоэлектрического генератора, генерирующего ультразвуковые колебания. Основные ультразвуковые частоты акустических колебаний пьезоизлучателя составляли 22,0 кГц и 28,0 кГц. Исследование изменений флокуляционных свойств обработанной ультразвуком биомассы проводили в процессе реагентной обработки сточных вод, включающей в себя этапы дозирования, смешивания с модельной сточной водой, процессы хлопьеобразования, осаждения. Изменение эффективности очистки сточной воды оценивалось по показателям БПК<sub>5</sub>, ХПК, содержания соединений азота, фосфатов и жиров, взвешенных веществ, сухого остатка, оптической плотности осветленной воды.

Оптимальную продолжительность ультразвуковой обработки, при которой наблюдается максимальный флокулирующий эффект использования активного ила в качестве биофлокулянта, определяли в результате вариации режимов ультразвуковой обработки.

Сочетание факторов, влияющих на степень выделения биофлокулянтов и эффективность очистки, характеризовали понятием жесткость режима кавитационной обработки, которая определяет сочетание продолжительности воздействия с частотой ультразвуковых колебаний пьезоэлектрического ге-

нератора. Под жесткостью режима принят параметр, связывающий частоту ультразвуковых колебаний генератора и продолжительность обработки, и определяемый по формуле:

$$\Theta = \tau \times f,$$

где  $\Theta$  – жесткость обработки, кГц·час;

$\tau$  – продолжительность обработки, час;

$f$  – частота ультразвуковых колебаний генератора, кГц.

Основные режимы обработки представляли собой кавитацию активного ила с жесткостью 1,3–2,0; 2,5–2,95; 3,3–4,2; 4,4–8,0 кГц·час. Исследования показателей очистки сточных вод проводили по ниже приведенным методикам.

Было установлено [4], что обработка избыточного активного ила ультразвуком позволила в большинстве случаев увеличить количество ВПВ, выделяемого из микроорганизмов при сохранении их флокуляционных свойств в отношении загрязнений.

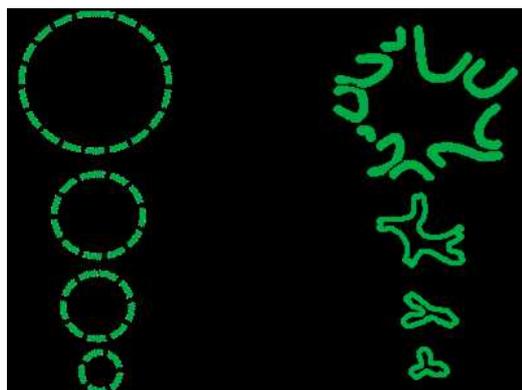


Рисунок 2 – Клетка до и после обработки кавитацией

Так, обработка активного ила кавитацией жесткостью режима 1,1–2,0 кГц·час; 2,5–3,5 кГц·час; 4,0–4,7 кГц·час в целом улучшала показатели очистки сточных вод. Однако, наилучшие результаты достигались при использовании активного ила после кавитационной обработки жесткостью режима 2,5–3,5 кГц·час, что давало максимальные показатели эффективности очистки сточных вод – 93,1 % по взвешенным веществам; 46,5 % по концентрации белка и 62,8 % по показателю БПК<sub>5</sub>. При этом, акустическая кавитационная обработка, жесткость режима которой превышала 5,1 кГц·час, во всех случаях показывала результаты очистки худшие или сопоставимые с результатами очистки необработанным активным илом, что объясняется,

очевидно, начавшимися процессами разрушения, денатурации и потери нативных свойств биополимеров активного ила в результате такой кавитационной обработки. Полученные данные свидетельствуют о том, что акустическую кавитационную обработку активного ила необходимо нормировать по жесткости режима для достижения планируемого технического результата, в ином случае, она может привести к результатам, нивелирующим целесообразность ее применения.

Адекватность использования понятия жесткости режима наблюдалась во всех исследованных диапазонах продолжительности обработки и частоты ультразвуковых колебаний, рассчитанные параметры жесткости режима акустической кавитационной обработки активного ила обуславливали идентичные показатели очистки в рамках одного диапазона жесткости режима для разных частот и продолжительности ультразвуковой обработки сточных вод в соответствии с приведенной выше таблицей.

### **Библиографический список**

1. Агрегация микроорганизмов: флокулы, биопленки, микробные гранулы [Текст] / А. С. Сироткин [и др.]. – Казань : АН РТ, 2007. – 160 с.
2. Пат. 2531931 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/52. Способ физико-химической очистки сточных вод / Васильева Ж. В., Барашева Ю. М., Углова Н. В.; заявитель и патентообладатель Мурман. госуд. техн. ун-т. – № 2013126761/05 ; заявл. 05.06.2013; опубл. 27.10.2014, Бюл. 30.

## **Экологические проблемы освоения месторождений полезных ископаемых в Арктической зоне России**

**Баус С. С.** (г. Томск, ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Томский политехнический университет", кафедра ФМПК)

**Аннотация.** Данная статья посвящена экологическим проблемам освоения месторождений полезных ископаемых в Арктической зоне России. Актуальность работы обусловлена исследованием основных экологических проблем освоения данных территорий. Представлены основные мероприятия по защите природного богатства Арктики.

**Abstract.** This article is devoted to the ecological problems of development of mineral deposits in the Arctic zone of Russia. The relevance of the work is due to study the main environmental problems of development of these areas. The basic measures to protect the natural resources of the Arctic.

**Ключевые слова:** экология, месторождения, добыча, полезные ископаемые, Арктика.  
**Key words:** ecology, field, mining, minerals, Arctic.

В наше время с ростом объема потребления человечеством природных ресурсов и обеднение, имеющегося ресурсного потенциала добычи, разработанных месторождений, все острее встает вопрос освоения новых месторождений полезных ископаемых в Арктической зоне. Данное обстоятельство ведет к необходимости разработки правильной экологической политики государства по сохранению уникального природного богатства Арктики и предотвращения экологических катастроф в данном регионе, которые могут повлечь за собой очень серьезные последствия.

В настоящее время продолжается интенсивный процесс оформления государственной арктической политики. Как неоднократно происходило в отечественной истории, активизация государственной машины произошла после осознания руководством страны реальной угрозы окончательной потери позиций России в Арктике.

Арктическая зона РФ сегодня - одна из наиболее перспективных и важных нефтегазоносных провинций. Добываемые в пределах Арктики полезные ископаемые, их разведанные запасы и прогнозные ресурсы составляют основную часть минерально-сырьевой базы Российской Федерации [1]. Здесь производится более 90 % никеля и кобальта, 60 % меди, более 96 % платиновых металлов, извлекается около 80 % газа и 60 % нефти России. При этом

прогнозные ресурсы перечисленных видов сырья превышают 70–90 % российских. По отдельным видам сырья (никель, алмазы, платиновые металлы, нефть и газ) арктические районы России занимают видное место в мире [2]. Шельф арктических морей, без сомнения, можно рассматривать как стратегический резерв укрепления минерально-сырьевой безопасности России. Основные запасы углеводородов представлены на рисунке 1.

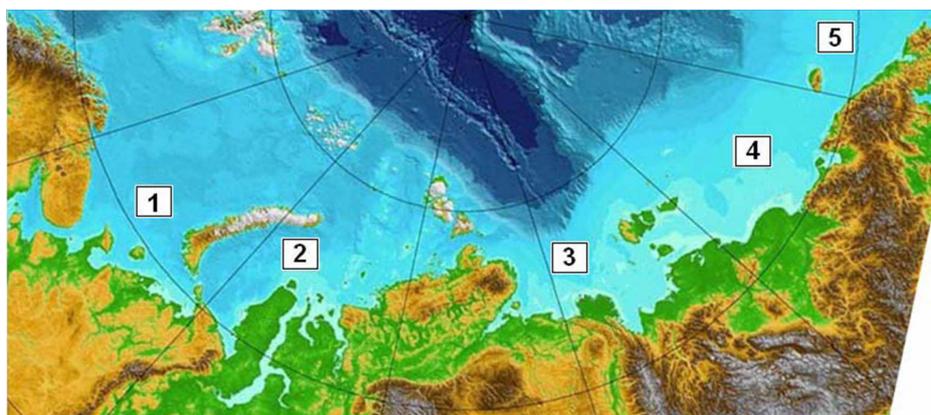


Рисунок 1 – Карта основных районов месторождений

На карте изображены следующие районы: 1 – Баренцевоморская НГО, 2 – Карская и Обско-Тазовская НГО, 3 – НГО, моря Лаптевых, 4 – Восточно-Сибирская НГО, 5 – Чукотская НГО.

Огромные объемы ресурсов акваторий России сосредоточено в арктических регионах с суровыми природно-климатическими условиями и слабо развитой инфраструктурой. В пределах материковой части Арктической зоны выявлен ряд крупнейших нефтегазовых провинций (НГП) и месторождений. Тимано-Печерская НГП с начальными суммарными извлекаемыми ресурсами углеводородов порядка 6 млрд т условного топлива (четвертое место в России), Русское, Новопортовское, Суторминское, Северо-Комсомольское, Тарасовское, Харампурское месторождения нефти – крупнейшие (свыше 100 млн т) по начальным извлекаемым запасам на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Более 90 % месторождений газа на территории округа относятся к уникальным и крупным – Уренгойское, Ямбургское, Бованенковское, Заполярное, Харасавейское, Южно-Тамбейское с запасами от 1 до 10,6 трлн т. [3].

Начальные суммарные ресурсы углеводородов арктического континентального шельфа составляют порядка 100 млрд т условного топлива, из которых около 80 % – газ. Основные ресурсы углеводородов (примерно 70 %) сконцентрированы в Баренцевом, Печорском и Карцевом морях. Здесь от-

крыты уникальное Штокмановское и крупные Приразломное, Ленинградское, Русаковское месторождения углеводородов. Освоение топливно-энергетического потенциала арктического шельфа призвано сыграть стабилизирующую роль в динамике добычи нефти и газа, компенсируя возможный спад уровней добычи по континентальным месторождениям в 2015–2030 гг. при условии формирования национальной материальной и научно-технической базы освоения шельфовых месторождений нефти и газа.

При высокой обеспеченности запасами углеводородного сырья материковой части Арктики эффективность использования ресурсов нефти и газа остается невысокой: коэффициент извлечения нефти снизился за последние 15 лет более чем в 1,5 раза и является едва ли не самым низким в мире – порядка 25 %, значительные объемы попутного нефтяного газа по-прежнему сжигаются в факелах, темпы прироста запасов углеводородов отстают от темпов прироста добычи.

Экологическое значение Арктической зоны и ее место в системе защиты национальных интересов в экологической сфере определяют уникальные экосистемы, их существенный вклад в обеспечение сбалансированности и устойчивости климата планеты.

Несмотря на относительную (по сравнению с другими регионами) чистоту природной среды российской части Арктики, ее высокая чувствительность к антропогенному и техногенному загрязнению предопределяет необходимость принятия адекватных комплексных мер по снижению влияния различных видов хозяйственной деятельности на физическую, химическую и биологическую природу арктических экосистем, защиту животного и растительного мира.

Добыча нефти и газа в Арктике, а также прочая деятельность по развитию региона, сопряжена с рядом сложностей, связанных с суровыми климатическими условиями, относительным отсутствием инфраструктуры и, соответственно, высокой стоимостью ведения работ по сравнению с другими нефтегазоносными провинциями. Подобные вызовы со временем по мере ведения работ в более удаленных районах и на арктическом шельфе будут оказывать все большее воздействие на освоение ресурсов и экологическое состояние региона в целом.

Создание комплексного инструмента экологического мониторинга и проведения анализа рисков ЧС является крайне актуальной и принципиально важной задачей на пути энергоосвоения Арктической зоны РФ.

Одним из элементов такого анализа являются прогнозные расчеты (с использованием методики (National Research Council USA)), позволяющие оценить количество потенциальных утечек нефти (тонн) при добыче на Арктическом шельфе РФ с горизонтом планирования до 2030 г. Так, по данным NRC, в мире за последние 10 лет на каждый миллион тонн добытой (хранимой) нефти случалось около 0,9 % утечек, в результате чего в воде оказывалось около 3 тонн нефтепродуктов.

При этом очень многое зависит от возраста оборудования: чем оно старше, тем чаще происходят утечки и тем они масштабней. При существующих темпах добычи в воды шельфовой зоны к 2018 г. может поступить до 76,8 т нефти и нефтепродуктов.

Главная проблема заключается в том, что собрать нефть с поверхности будет тяжело из-за толщи льда. К 2030 г. из-за непрерывно растущих темпов развития нефтегазовой отрасли России в Арктической зоне и планов по освоению Арктического шельфа масштаб деградации окружающей среды в Арктике грозит перерасти из локального в общезональный.

В данный момент выявлены основные негативные тенденции экологического состояния региона:

- накопленный экологический ущерб (НЭУ) из-за утечек нефти при существующей динамике энерго-сырьевого освоения постоянно увеличивается;

- к 2030 г. из-за непрерывно растущих темпов развития нефтегазовой отрасли России в Арктической зоне и планов по освоению Арктического шельфа масштаб деградации окружающей среды в Арктике грозит перерасти из локального в общезональный.

Важное место в ряду этих мер занимает также необходимость выполнения Российской Федерацией международных обязательств по охране природной среды Арктики в соответствии с Нуукской декларацией приарктических государств.

В числе важнейших национальных мер по защите природных комплексов Арктической зоны – совершенствование федерального и регионального природоохранного законодательства, разработка и внедрение в практику экологических нормативов и стандартов качества природной среды, обеспечение контроля их исполнения, введение мониторинга антропогенного и техногенного воздействия на окружающую природную среду арктических регионов.

Меры по обеспечению экологической безопасности и охране окружающей среды в Арктике должны предусматривать установление специального режима природопользования, введение более жесткой системы экологических ограничений, стандартов и нормативов, внедрение системы страхования и аудита в области природопользования, формирование целевых фондов по охране и воспроизводству отдельных видов природных ресурсов в Арктической зоне.

Пример Норвегии убедительно показывает, что решение задач экономического развития Арктики должно быть тесно увязано, а в ряде случаев подчинено целям сохранения окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности.

Промышленное развитие и строительство инфраструктурных объектов должно осуществляться при отказе от реализации проектов, которые способны нанести вред окружающей среде или экологические последствия, которых недостаточно изучены.

Решением проблемы экологического обеспечения может стать только комплексное социально-экономическое развитие Арктической зоны, развитие науки и технологий, создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечение экологической безопасности, международное сотрудничество в Арктике.

### **Библиографический список**

1. Громаков, М. С. Экологические проблемы Арктики. – М. : Наука, 2015.
2. Павленко, В. И. Проблемы Арктики нельзя заморозить // Нефть России. – 2011. – № 2.
3. Арктика на пороге третьего тысячелетия (ресурсный потенциал и проблемы экологии) / Ред. И. С. Грамберг, Н. П. Лаверов, Д. А. Додин. – СПб. : Наука, 2000.
4. Мирнов, Н. А. Добыча природных ископаемых в условиях Арктики. – М. : Дрофа, 2014.

## **Мультиагентная система поддержки принятия решений в сфере управления экологической безопасностью региона**

**Бокарева А. В., Маслобоев А. В.** (*г. Анапиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета, e-mail: masloboev@iimm.ru*)

**Аннотация.** Для повышения оперативности решения задач управления и принятия решений в сфере промышленной экологии разработана мультиагентная система информационной поддержки управления экологической безопасностью. В системе используются автономные программные агенты для сбора и анализа разноплановой информации о влиянии разнородных факторов на состояние экологической системы региона, что сокращает время на выработку и реализацию управленческих решений.

**Abstract.** For management and decision-making problem-solving efficiency enhancement in the field of industrial ecology a multi-agent system for management information support of environmental safety has been developed. The system use autonomous software agents for diverse data acquisition and analysis on heterogeneous factors impact on regional ecosystem pathology. That provides time reduction for managerial decision generation and realization.

**Ключевые слова:** мультиагентная система, информационная поддержка, управление, экологическая безопасность, арктический региона.

**Key words:** multi-agent system, information support, control, environmental safety, Arctic region.

В ходе исследований по проекту Российского фонда фундаментальных исследований № 15-07-04290 "Разработка когнитивных методов и технологий информационного мониторинга жизненного цикла угроз региональной безопасности (на примере Арктической зоны Российской Федерации)" разработан прототип программной мультиагентной системы информационной поддержки управления экологической безопасностью региона. Система представляет собой тренажерно-моделирующий комплекс и предназначена для информационной поддержки принятия управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности региона.

В системе реализованы средства автоматизированной децентрализованной обработки данных и имитационного моделирования, сокращающие время на сбор, обработку и анализ разноплановой информации о влиянии разнородных факторов на состояние экологической системы региона и повыша-

ющие оперативность выработки и реализации управленческих решений. Эффект достигается за счет использования интеллектуальных автономных программных агентов, имеющих гибридную архитектуру [1].

Система имеет распределённую клиент-серверную архитектуру с выделенным веб-сервером и ориентирована на открытые сети агентов.

Отличительной особенностью разработки от аналогичных систем является возможность формирования в автоматизированном режиме комплекса альтернативных природоохранных мероприятий для минимизации наносимого экологического ущерба с учетом затрат промышленных предприятий региона на их проведение, а также с учетом оценки и анализа текущего состояния окружающей среды по ряду нормативных показателей экологической безопасности.

Система рекомендуется к использованию органам государственной исполнительной власти муниципального и регионального уровня, а также научным организациям и промышленным предприятиям, профиль деятельности которых связан с управлением промышленно-экологической безопасностью и экологической экспертизой.

Возможный эффект от внедрения – повышение оперативности решения задач управления экологической безопасностью, что обеспечивается за счет сокращения времени на сбор, обработку и анализ актуальной информации о влиянии разнородных факторов на состояние экологической системы региона и автоматизации рутинных операций по формированию оптимальных планов природоохранных мероприятий в динамически изменяющихся условиях и с учетом имеющихся в наличии материальных ресурсов.

Функциональные и технологические характеристики системы:

- модульная структура и расширяемость;
- одноранговая архитектура;
- агентная реализация;
- возможность работы с показателями атмосферного ресурса;
- возможность работы с показателями почвенного ресурса;
- возможность работы с показателями водного ресурса;
- мониторинг состояния показателей экологической безопасности критически важных объектов региона;
- проблемно-ориентированный поиск в открытых информационных базах статистической отчетности и веб-ресурсов;

- оценка экологических рисков (ущербов) на основе имитационного моделирования;
- автоматизированное формирование перечня рекомендуемых природоохранных мероприятий для определенного промышленного объекта (предприятия) в заданных условиях обстановки;
- формирование отчетности.

Структура и функциональные компоненты системы представлены на рис. 1.

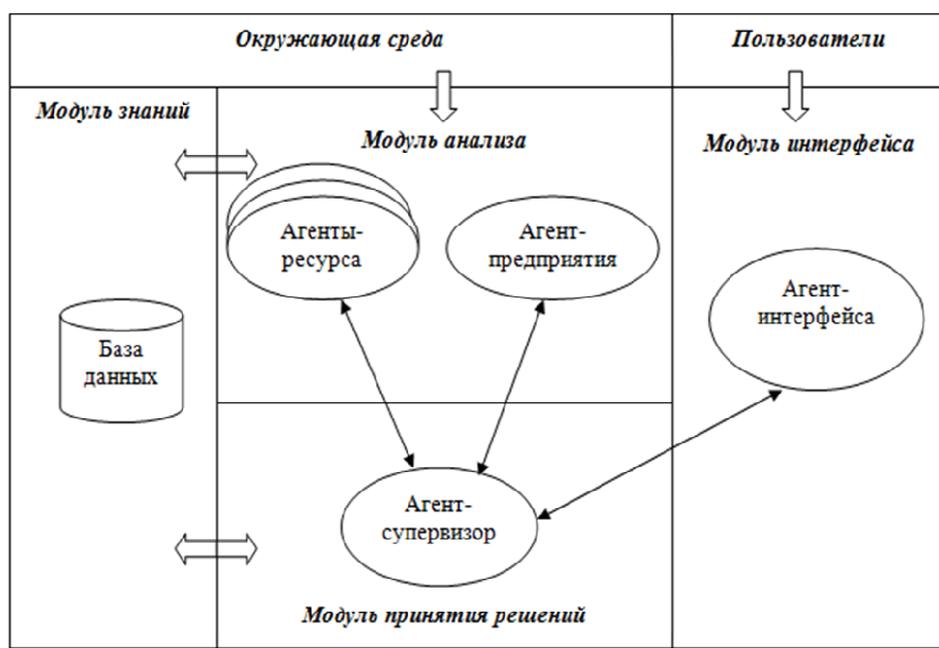


Рисунок 1 – Функциональная структура и компоненты системы

Экранные формы пользовательского интерфейса системы и процесса реализации спецификаций программных агентов приведены на рис. 2–5.

Система разработана в соответствии со стандартом разработки много-агентных систем FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [2] в инструментальной среде AgentBuilder [3] с использованием платформы JADE (Java Agent Development Environment) [4], языка программирования Java и инструментария интегрированной среды разработки приложений Eclipse.

Бизнес-логика системы при необходимости может быть расширена за счет совместного использования открытых веб-сервисов в сети Интернет и сервисов агентов [5].

В настоящее время разработанный прототип мультиагентной системы информационной поддержки управления экологической безопасностью ис-

пользуется для научно-исследовательских целей в Институте проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и проходит апробацию в Министерстве природных ресурсов и экологии Мурманской области.

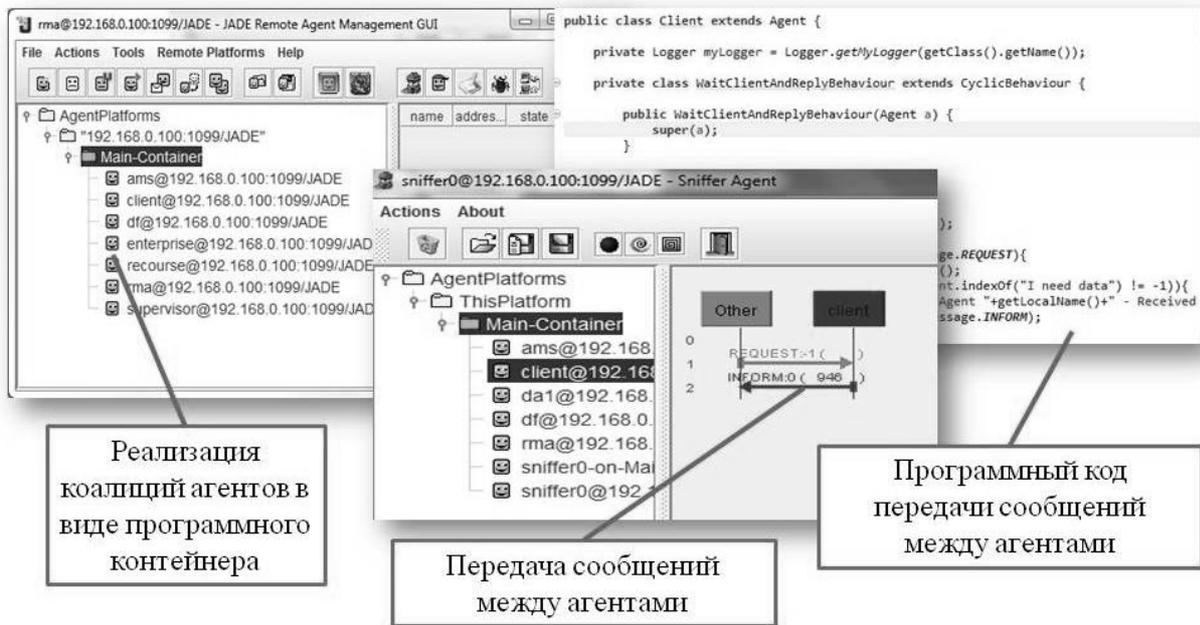


Рисунок 2 – Экранные формы создания и настройки агентов системы

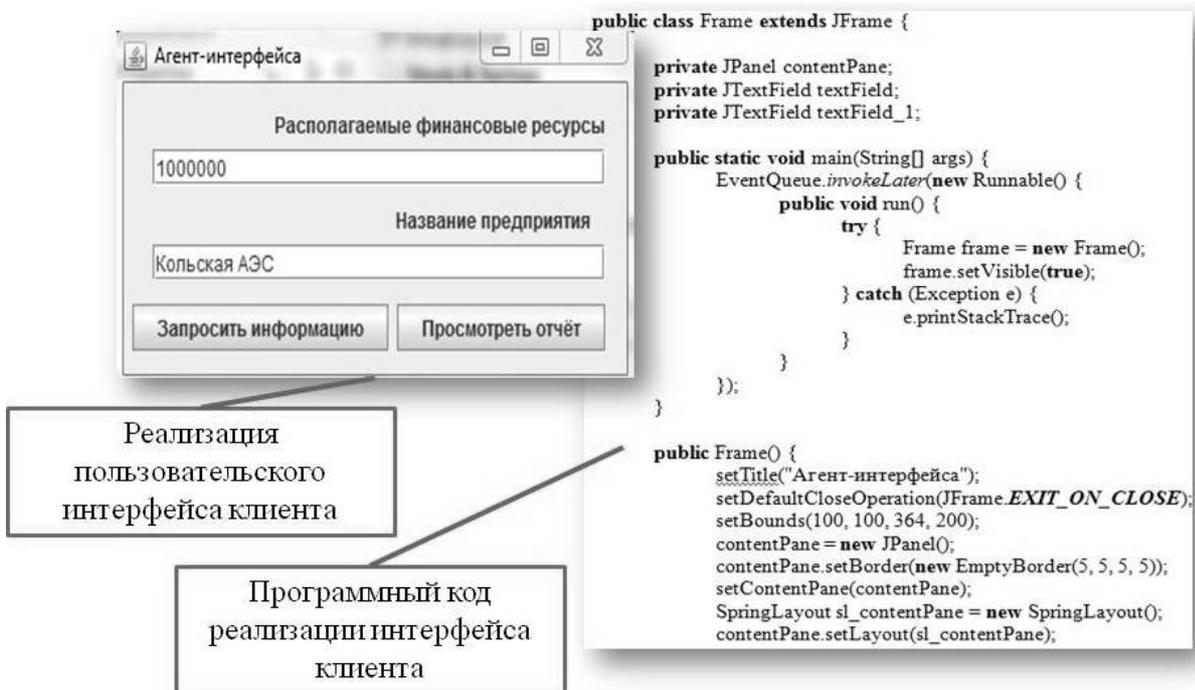
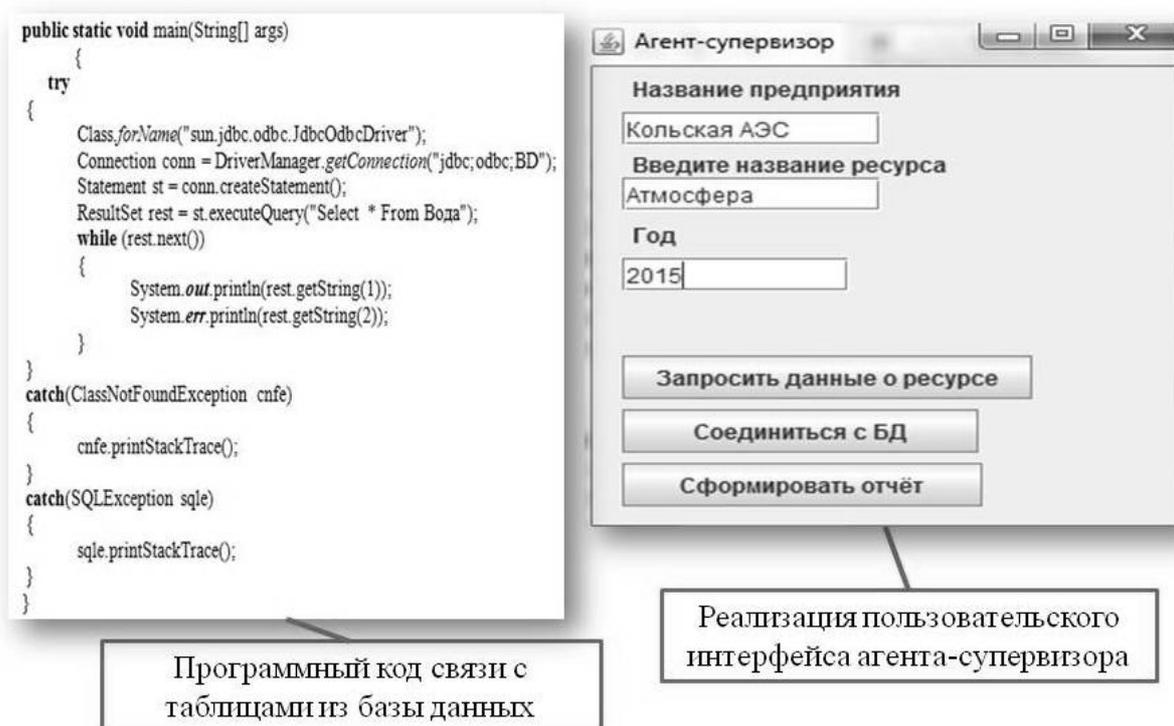


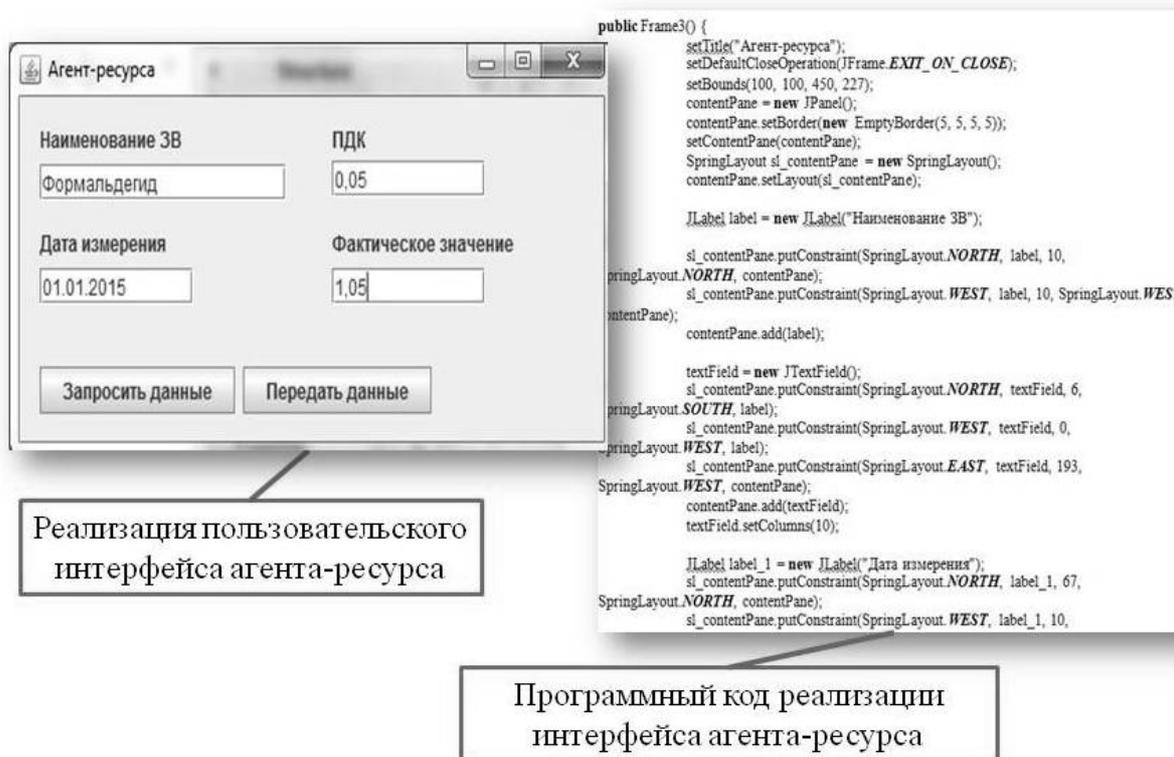
Рисунок 3 – Реализация спецификации программного агента-интерфейса



Программный код связи с таблицами из базы данных

Реализация пользовательского интерфейса агента-супервизора

Рисунок 4 – Реализация спецификации программного агента-супервизора



Реализация пользовательского интерфейса агента-ресурса

Программный код реализации интерфейса агента-ресурса

Рисунок 5 – Реализация спецификации программного агента-ресурса

В частности, система прошла апробацию при решении ряда практических задач, связанных с мониторингом и индикаторным оцениванием показателей экологической безопасности региона с учетом влияния разнородных факторов (на примере Мурманской области). Использование системы обеспечило возможность комплексной оценки экологических рисков (ущербов) антропогенного воздействия промышленных предприятий региона на окружающую среду, а также автоматизацию процессов стратегического и оперативного планирования природоохранных мероприятий.

Разработка зарегистрирована в Объединенном фонде алгоритмов и программ ФГАНУ "ЦИТиС" (гос. рег. № АААА-А16-616022510065-8 от 25.02.2016 г.).

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-07-04290-а).*

### **Библиографический список**

1. Маслобоев, А. В. Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом // Вестн. МГТУ : Тр. Мурманского гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 12. – № 1. – С. 113–125.
2. Wooldridge, M. An Introduction to Multi-Agent Systems. Second Edition. John Wiley & Sons, 2009. – 484 p.
3. AgentBuilder – an integrated software toolkit that allows software developers to quickly develop intelligent software agents and agent-based applications. URL: <http://www.agentbuilder.com>, свободный.
4. Bellifemine, F., Caire G., Greenwood D. Developing Multi-Agent Systems with JADE. John Wiley & Sons, 2007. – 300 p.
5. Sallam, A. Integration of Web Services and Agent technologies: Web Services supervision system based on JADE. LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 96 p.

## Особенности химического состава природных вод в зоне интенсивного воздействия выбросов Кольской ГМК (площадка Мончегорск)

Евтюгина З. А.<sup>1</sup>, Копылова Ю. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(г. Апатиты, Апатитский филиал ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра геоэкологии, e-mail: zina\_evt@mail.ru)

<sup>2</sup>(г. Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, e-mail: unpr\_voda@mail.ru)

**Аннотация.** Снижение объёмов выбросов SO<sub>2</sub>, Cu и Ni привело к относительному снижению концентраций SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и увеличению HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> в водах ручья и родника Горный. Не выявлено изменений макрокатионного состава, содержания Cu и Ni в водах обследованных объектов. Отчётливо выражена тенденция снижения содержания NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в водах родника Горный. Предполагается, что это связано с активизацией биохимических процессов, осуществляемых микроорганизмами, и является косвенным признаком самовосстановления растительности.

**Abstract.** The gradual reduction of SO<sub>2</sub> emissions, Cu and Ni compounds has led to a relative decrease in the SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentrations and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> increase in the brook and the Gorniy spring. No changes were found in the cation composition and Cu and Ni contents in the waters of all the objects. The tendency is clearly seen for reducing NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in the Gorniy spring. It is assumed that this is due to activation of biochemical processes carried out by microorganisms and it is an indirect sign of vegetation restoration.

**Ключевые слова:** выбросы, родник, ручей, медь, никель, сульфат-ион, нитрат-ион.

**Key words:** emissions, spring, stream, copper, nickel, sulfate ion, nitrate ion.

В Кольском регионе среди основных источников загрязнения атмосферного воздуха на долю валовых выбросов Кольской ГМК (горно-металлургической компании) приходится более 70 % [1]. С 1990 г. комбинат Североникель (площадка Мончегорск) последовательно снижал объёмы выбросов сернистого газа: с 287 тыс. т в 1990 г. [2] до 36,9 тыс. т в 2015 г. [3]. Снижение объёмов выбросов тяжёлых металлов происходило не так резко, как SO<sub>2</sub>. В 1990 г. в атмосферу поступило Cu и Ni соответственно 1 813 т и 2 712 т, а в 1999 г. 873,8 и 1 127 т, в 2013 г. выбросы Cu достигли 523,8 т, Ni – 374,5 т (данные КГМК). В настоящее время вблизи комбината на территории площадью около 9 тыс. га лес разрушен полностью [1]. После снижения объёмов пылегазовых выбросов в 2005–2008 гг. впервые на территории импактной зоны (8–12 км на ЮЮЗ от комбината Североникель [4]) было зарегистрировано появление в древесном ярусе неугнетенных (здоровых) особей сосны.

Не выявлено положительных реакций травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, поскольку, несмотря на снижение объёмов выбросов, сохраняется высокий уровень загрязнения тяжёлыми металлами органического горизонта почв [5]. Почвы могут сорбировать огромное количество тяжёлых металлов, поступающих с атмосферными выпадениями, вплоть до разрушения (гибели) растительности [6]. Полагают [7], что в условиях снижения техногенных нагрузок почвы становятся основным источником загрязнения водоёмов за счет длительного процесса вымывания из них несвязанных загрязняющих веществ, в первую очередь тяжёлых металлов.

В июле 2014 г в Мончегорском районе опробовали воды небольшого озера, двух родников, расположенных на территории, где полностью разрушен лес, и ручья, дренирующего техногенно-трансформированный лесной ландшафт. Анализ химического состава вод проводился в аккредитованной проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Научно-образовательного центра "Вода" Института природных ресурсов Томского политехнического университета (НОЦ "Вода" ИПР ТПУ) с использованием методов потенциометрии, фотометрии, ионной хроматографии, титриметрии, высокотемпературного каталитического окисления и масс-спектрометрии [8]. Сравнительный анализ для двух родников, состав которых формируется на территории интенсивного воздействия выбросов комбината, проводился с привлечением архивных данных (протоколов химического анализа) ОАО ЦКЭ (Центрально-Кольская экспедиция) в г. Мончегорск. С начала 90-х до 2010 г. периодически, с некоторыми перерывами, гидрогеологи ЦКЭ проводили опробование родников. Состав вод исследовался в аккредитованной (с 1997 г.) лаборатории ОАО КГИЛЦ (открытое акционерное общество "Кольский геологический информационно-лабораторный центр") в г. Апатиты.

В период опробования 1986–1990 гг. лесной ландшафт, воды которого поступали в ручей, был представлен воронично-еловым техногенным редколесьем [9]. К 2014 г. под влиянием пылегазовых выбросов комбината ландшафт трансформировался в березовое техногенное редколесье [10]. Почти все хвойные деревья погибли – остались единичные особи, но появилось больше, чем раньше, лиственных деревьев и кустарников высотой 1,5–3 м. Состояние напочвенного покрова также изменилось: увеличилась площадь, не покрытая растительностью. Современный химический состав вод ручья отличается от параметров состава вод, определявшихся в период наибольших объёмов выбросов соединений серы, меди и никеля. Содержания сульф-

фат- и хлор- ионов в 2014 г. меньше минимальных концентраций в период опробования с 1986 по 1990 гг. [6], увеличилась концентрация гидрокарбонат-иона. При этом содержания кальция и магния приближаются к максимальным значениям указанного периода, натрия – не превышают, а калия – ниже или совпадают. Содержания меди и никеля не изменились (входят в интервалы min – max) – таблица.

Таблица – Статистические параметры концентраций компонентов химического состава природных вод (мг/л, Cu, Ni – мкг/л, pH – ед.-цы pH)

Параметр	Ручей, 7 км, ЮЮЗ				Родник Дорожный, 2 км, ЗЮЗ				
	Июль, август 1986–1990 (n = 5)			2014 22.07	1997–2010 (n = 29, Ni – 26, Cu – 15)			2014 19.07	
	Min	Max	Med	Рч*	Min	Max	Med	Рд**	Оз***
pH	6,57	6,87	6,65	6,69	5,67	7,41	6,42	5,76	5,91
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	13,6	18,9	16,2	8,05	9,88	21,81	16,87	13,4	8,7
Cl <sup>-</sup>	1,77	3,85	2,45	1,39	1,65	5,89	2,6	2,88	2,67
HCO <sub>3</sub>	4,2	12,2	6,3	19,5	7,90	28,67	10,37	12,2	9,76
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,08	0,80	0,30	0,17	0,21	2,55	1,67	1,6	–
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,14	1,56	0,18	–	<0,05	<0,05	<0,05	–	–
Ca <sup>2+</sup>	2,39	5,92	5,38	6,15	3,1	7,2	5,8	5,14	3,9
Mg <sup>2+</sup>	0,75	1,23	1,13	1,63	1,69	5,28	2,57	2,37	1,7
Na <sup>+</sup>	1,49	2,05	2,01	2,19	1,63	5,32	2,34	2,86	2,66
K <sup>+</sup>	0,16	0,40	0,17	0,16	0,4	1,65	0,59	0,62	0,42
Cu	6	20	12	20	<1	2	<1	0,9	14,9
Ni	41	86	54	42	2,9	11,4	6	6,5	55,7

Примечание. \* – Рч – ручей. \*\* – Рд – родник. \*\*\* – Оз – озеро Дорожное.

Другой водный объект, макрокомпонентный состав вод которого приведен в таблице, – родник Дорожный [11], находится в 2 км на ЗЮЗ от источника пылегазовых выбросов в придорожном откосе у подножия юго-восточного склона горы Ниттис. Весь склон сложен песчано-гравийно-галечниковыми озерно-ледниковыми отложениями. Питание родника – атмосферное, с возможной инфильтрацией вод из озера (30x50 м), которое расположено в 30 м от родника на высоте около 2 м. Глубина водоёма – около 1 м, вокруг – полосой 0,5–1 м растут кустарниковые формы ив, берез. В целом, ближайшая к озеру территория является техногенной пустошью, с которой в течение многих лет талые и дождевые воды смывали органоминеральный материал разрушенных почв. Макро- и микрокомпонентный состав родниковых вод, представленный в таблице, – стабилен. Примечательно, что в родниковых водах концентрация Cu < 1 мкг/л, что в 16 раз меньше её концентрации в озере,

а содержание Ni – 6,5 мкг/л, что в 10 раз меньше. Вероятно, тяжелые металлы сорбируются органоминеральным слоем донных отложений и подстилающими породами подобно иллювиальному горизонту подзолистых почв [12]. То, что вода из озера может питать родник подтверждается почти совпадающими содержаниями активного водного мигранта  $\text{Cl}^-$  в (почти одновременно отобранных) пробах родниковых и озёрных вод.

Родник Горный расположен в 4,5 км в ЮЗ направлении от комбината на юго-восточном склоне хр. Мончетундра. Склон пологохолмистый с чередованием коренных выходов габбро-норитов, песчано-гравийных валов и делювиальных свалов [11]. На площади возможной инфильтрации атмосферных вод лес разрушен, почти отсутствует лесная подстилка, поэтому почвы эродированы до минеральных горизонтов. Однако на склоне вблизи выхода родника растут угнетенные березы высотой 2–5 м (часть крон берез в июле 2014 была без листьев), на уплотнённых чёрных остатках лесной подстилки – редкие особи хвоща. Сопоставим медианные значения концентраций макрокомпонентов в родниковых водах, отбирившихся в период 1997–2010 гг., и содержания катионов и анионов в водах родника Горный в июле 2014 (в скобках), мг/л: 10,29 (7,88) –  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 1,0 (0,85) –  $\text{Cl}^-$ ; 9,46 (13,42) –  $\text{HCO}_3^-$ ; 2,95 (1,4) –  $\text{NO}_3^-$ ; 5,40 (5,44) –  $\text{Ca}^{2+}$ ; 1,33 (1,25) –  $\text{Mg}^{2+}$ ; 1,48 (1,62) –  $\text{Na}^+$ ; 0,30 (0,27) –  $\text{K}^+$ . Таким образом, в 2014 г. концентрация катионов в родниковых водах почти не изменилась, но увеличилось содержание  $\text{HCO}_3^-$ , снизилось –  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NO}_3^-$ . В 2014 г. концентрации Cu и Ni в одной и другой, отобранной через неделю, пробах, совпали: 0,1 мкг/л (Cu) и 3,3 мкг/л (Ni). В 1997–2010 гг. содержание (медиана) Cu – менее 1 мкг/л, а Ni – 6 мкг/л.

Содержания тяжёлых металлов в подземных (родниковых) водах в зоне интенсивного воздействия выбросов, гораздо ниже чем, в поверхностных. Видимо, медь и никель, поступающие в составе атмосферных выпадений, как и в период наибольших объёмов выбросов комбината [6], задерживаются верхним почвенно-грунтовым слоем рыхлых отложений.

Почему с течением времени происходит снижение содержания  $\text{NO}_3^-$  в водах родника Горный и почти не изменяется в Дорожном?

Поскольку питание родника Дорожный происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков и озёрных вод, а содержание  $\text{NO}_3^-$  в водах озера не известно, то уместно привести данные о концентрациях нитрат-ионов в атмосферных осадках. Так, в техногенном редколесье (7 км от комбината) в жидких осадках, отбирившихся в течение 1987–1990 гг. – период наибольших

объёмов пылегазовых выбросов – концентрация нитрат-ионов (медиана) – 0,32 мг/л при диапазоне от 0,01 до 0,78 [13]. С 2001 по 2007 гг. на площадке в 4 км к ЮВ от комбината содержание  $\text{NO}_3^-$  в дождевых водах (медиана) – 0,18 мг/л [14]. Опробование дождевых вод с мая по сентябрь 1994 г. на водосборах в 5 км, 24 и 70 км от комбината показало, что медианные значения содержаний  $\text{NO}_3^-$  атмосферных вод изменялись от 0,40 да 0,50 мг/л. Эти данные не позволяют говорить о загрязнении дождевых вод соединениями азота, поскольку даже в фоновых районах Финляндии медианные значения содержаний  $\text{NO}_3^-$  в дождевых водах, отбиравшихся с мая по сентябрь 1994 г., составили 0,4 мг/л [15]. На рисунке показаны тренды изменений содержаний  $\text{NO}_3^-$  в водах родников при снижении техногенной нагрузки. Тенденция изменения концентраций нитрат-ионов в водах родника Дорожный почти не выражена.

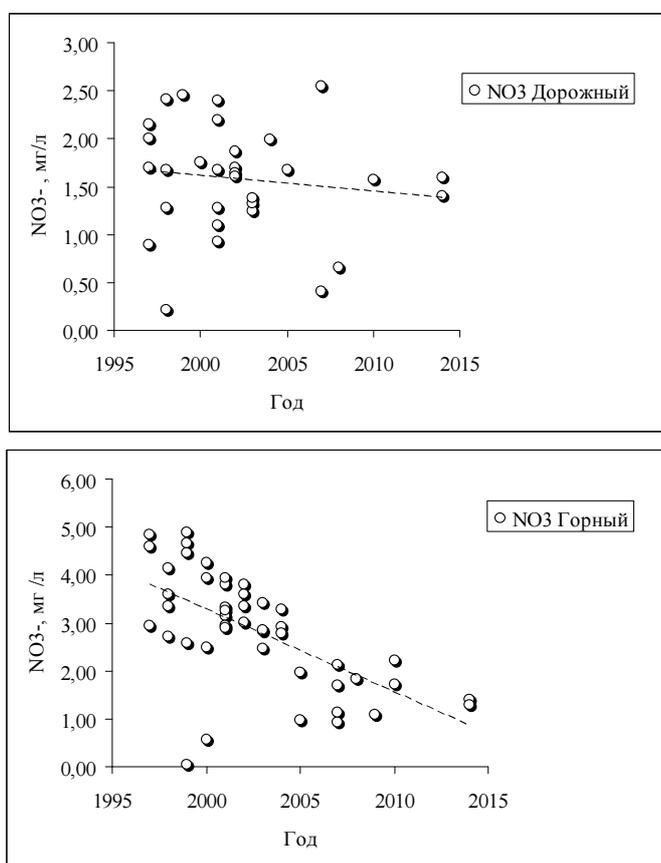


Рисунок – Тенденции изменения концентраций нитрат-ионов в водах родников

Тенденция снижения содержаний нитрат-ионов в водах родника Горный выражена отчётливо. Ранее было показано, что полное отсутствие растительности на техногенных пустошах с сохраняющимся органометрическим горизонтом сопровождается значительным увеличением содержаний  $\text{NO}_3^-$  в почвенных (лизиметрических) водах, поступающих за пределы почвенного профиля

[6], [16]. Поэтому, постепенное снижение концентраций  $\text{NO}_3^-$  в водах родника Горный может быть связано с активизацией биохимических процессов осуществляемых микроорганизмами в почвах, загрязненных тяжелыми металлами и соединениями серы, при снижении техногенной нагрузки [17]. Поскольку питание растений азотом происходит путем поглощения из почвенного раствора  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$  [18], то снижение концентрации нитрат-ионов в водах родника в последние годы (рисунок) также может быть косвенным признаком того, что на территории техногенной пустоши происходит самовосстановление растительности, что можно оценить визуально.

### **Библиографический список**

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2012 г. Мурманск : Индивидуальный предприниматель Щербаков Максим Леонидович, 2013.

URL: <http://www.gov-murman.ru/envcond/2013.pdf>.

2. Pozniakov, V. Ya. The "Severonickel" smelter complex: History of development // Aerial pollution in Kola Peninsula. Eds. M. V Kozlov., E. Naukioja, V. T. Yarmishko Proceedings of the International Workshop. Saint-Petersburg, April 14–16 1992 /Saint-Petersburg. – 1993. – P. 16–19.

3. URL: <http://www.kolagmk.ru/news/2016-03-17/kolskaya-gmk-prodolzhaet-kologicheskii-dialog.html>

4. Лянгузова, И. В. Толерантность компонентов лесных экосистем Севера России к аэротехногенному загрязнению: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 2010.

5. Ярмишко, В. Т., Горшков В. В., Лянгузова И. С., Баккал И. Ю. Экологический мониторинг лесных экосистем Кольского полуострова в условиях аэротехногенного загрязнения // Региональная экология. – СПб., 2011. – № 1/2. – С. 21–29.

6. Евтюгина, З. А. Особенности водной миграции химических элементов в ландшафтах, подверженных аэротехногенному загрязнению. – Апатиты : Изд-во КНЦ, 1994.

7. Калабин, Г. В. Методологические подходы к оценке реабилитации нарушенных территорий горнопромышленных центров // Горный журнал. – 2009. – № 10. – С. 90–93.

8. Евтюгина, З. А., Копылова Ю. Г., Гусева Н. В., Мазурова И. С., Русина Т. А., Воробьева Д. А. Химический состав природных вод окрестно-

стей озера Имандра (Мурманская область) : мат. Всерос. конф. с международным участием "Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии" с элементами научной школы. – Томск : Изд-во Томского политех. ун-та, 2015. – С. 699–704.

9. Никонов, В. В., Лукина Н. В., Кашулина Г. М. Запас подстилки ельников кустарничково-звеномошных в зоне влияния горно-металлургического производства / Изучение целинных и окультуренных почв Мурманской области. – Апатиты : Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1987. – С. 5–15.

10. Евдокимова, Г. А., Калабин Г. В., Мозгова Н. П. Содержание и токсичность тяжелых металлов в почвах зоны воздействия воздушных выбросов комбината " Североникель " // Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 261–268.

11. Ананьев, В. Н. Родники Мурманской области : справочник. – Мурманск : Книжное изд-во, 2010.

12. Евтюгина, З. А. Роль еловых биогеоценозов Кольского полуострова в формировании кислотности и состава природных вод в условиях промышленного воздушного загрязнения : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 1997. – 25 с.

13. Евтюгина, З. А., Асминг В. Э. Особенности формирования состава инфильтрационных вод в условиях аэротехногенного загрязнения // Вестн. МГТУ. – 2013. – Т. 16. – № 1. – С. 73–80.

14. Кашулина, Г. М., Салтан Н. В. Химический состав растений в экстремальных условиях локальной зоны комбината "Североникель". – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2008.

15. Reimann, C., Caritat P., Halleraker J. H., Volden T., Äyräs M., Niskavaara H., Chekushin V. A., Pavlov V. A. Rainwater composition in eight arctic catchments in northern Europe (Finland, Norway and Russia) // Atmospheric Environment. – 1997. – Vol. 31(2). – P. 159–170.

16. Лукина, Н. В., Никонов В. В., Горбачёва Т. Т. Формирование качества природных вод водораздельных территорий северной тайги // Водные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 438–450.

17. Евдокимова, Г. А. Эколого-микробиологические основы охраны почв Крайнего Севера. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1995.

18. Смирнов, П. М., Муравин Э. А. Агрохимия. – М. : Изд-во Колос, 1977.

## Пути обращения с твердыми коммунальными отходами в Карелии

Кирилкина А. А.<sup>1</sup>, Емельянова Е. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(г. Петрозаводск, ФГБОУ ВО "Петрозаводский государственный университет", [civilengan@gmail.com](mailto:civilengan@gmail.com))

<sup>2</sup>(г. Петрозаводск, ФГБОУ ВО Петрозаводский государственный университет, кафедра организации строительного производства ИЛИСН, [zhenemel@mail.ru](mailto:zhenemel@mail.ru))

**Аннотация.** Статья посвящена проблемам обращения с твердыми коммунальными отходами. Указаны основные пути утилизации ТКО, и рассмотрен вариант мусоропереработки как наиболее перспективного с точки зрения экологически безопасного и экономически эффективного бизнеса.

**Abstract.** The article is devoted to problems of recycling rubbish. Recycling waste into recyclables is considered as the most environmentally and cost-effective way to solve problems environmental pollution.

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, переработка отходов, вторсырье.

**Key words:** municipal solid waste, recycling, recyclables.

Твердые коммунальные отходы (ТКО) – отходы потребления, образующиеся у населения, в том числе при приготовлении пищи, уборке и ремонте жилых помещений. В России образуется примерно 130 млн м<sup>3</sup> мусора ежегодно [1]. Статистика показывает, что человек ежегодно выбрасывает порядка 250 кг бытовых коммунальных отходов. Из них около 25 % органики, 5–10 % – бумага и картон, 50 % – полимеры, оставшиеся проценты составляют стекло, металл, текстиль и другое [2]. Подавляющее большинство отправляется на площадки для временного размещения отходов, так называемые санкционированные свалки. Это не может являться окончательным пунктом технологического цикла утилизации ТКО, так как свалки не обустроены в соответствии со строительными и природоохранными нормами. Разложение мусора на свалках сопровождается образованием опасного биогаза, отравляющего природу, усугубляющего парниковый эффект, так же создаются условия для эпидемиологической опасности.

Республика Карелия приравнена к районам Крайнего севера, в скором времени Калевальский, Лоухский и Беломорский будут отнесены к Арктической зоне. И на всей территории проблема утилизации мусора стоит остро,

часть отходов вывозятся на немногочисленные свалки, хуже всего, что образуются и несанкционированные свалки, которые представляют непосредственную экологическую опасность для окружающей среды. Однако, в скором времени данная ситуация должна будет измениться, так как 1 января 2016 г. вступили в действие поправки в № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления". Организация деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и захоронению твёрдых коммунальных отходов возлагается на субъекты РФ, а участие в этой деятельности – на органы местного самоуправления, и в каждом регионе необходимо организовать технологическую линию по безопасному захоронению и переработке ТКО [3]. Также в законе установлены нормы накопления ТКО и требования к составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами – необходимо снизить содержание опасных веществ в отходах. Регулируются правила обращения с ТКО, указывается необходимость использования материального потенциала отходов – т. е. переработка во вторсырьё, компостирование органических отходов, а так же экологически безопасное захоронение отходов, которые не могут быть использованы.

Также сложившуюся ситуацию усложняют следующие факторы: объём ТКО растёт ежегодно примерно на 3–4 % [1]; состав отходов усложняется и включает в себя всё больше опасных и/или экономически ценных компонентов. Обработка требует всё более совершенных технологий и оборудования, следовательно, возрастает и цена утилизации отходов.

Что бы разработать и утвердить территориальную схему обращения с ТКО, следует сначала рассмотреть основные пути утилизации мусора.

К ним можно отнести:

- строительство мусоросжигательного завода;
- строительство современного полигона;
- строительство мусоросортировочного завода;
- строительство мусороперерабатывающего завода.

В первом случае основное достоинство – утилизация значительного количества отходов в короткие сроки, на разложение которых уходят столетия. Так же цена утилизации получается наименьшей из предложенных вариантов. Энергию, получаемую от сжигания мусора можно использовать для производства электро- или теплоэнергии. Однако, существует огромный минус – токсичные вещества, такие как диоксиды и фураны, появляющиеся во время

сжигания отходов, оказывают отрицательное влияние на окружающую среду, на здоровье людей [4]. Из-за этого на строительство таких заводов население реагирует негативно. Очистка дымовых газов – довольно техноёмкий и дорогой процесс. Оставшийся негорючий шлак, который составляет 30 % по массе первоначального количества ТКО, требует захоронения. Сегодня данную технологию считают устаревающей, и максимально стараются от неё отходить.

Строительство современного полигона в целом обходится дешевле строительства заводов по переработке. Данный способ останавливает вредное воздействие на почву и воду от гниения мусора. Из минусов можно отметить, что срок службы ограничен – по мере заполнения котлованов отходами необходимо устроить обратную засыпку и благоустройство территории, затем выполнять ежегодные проверки на загрязнение окружающей среды. Под полигоны отводятся огромные территории, которые можно было бы использовать в других целях. Упускается выгода от вторичного использования мусора или его сжигания.

Следующий вариант утилизации ТКО – это мусоросортировочный завод.

Основные плюсы:

- использование экономического потенциала отходов – мусор делится на фракции, отсортировывается и складировается то, что пригодно для изготовления вторсырья;
- уменьшение количества мусора, отправляемого на полигон;
- обеспечение экологически безопасного захоронения – рассортировка ТКО на фракции позволит оказывать меньший вред на окружающую среду, так как на захоронение отправляется наиболее безопасный мусор.

Технология мусоросортировки заключается в том, что привезенный на завод мусор сортируют по морфологическому признаку на следующие компоненты: бумага, картон, пищевые отходы, дерево, металл, текстиль, стекло, кожа, полимерные материалы. Промышленные отходы, крупногабаритный мусор, использованные ртутные лампы, отходы инфекционных и хирургических больниц не подлежат приёму, так как эти отходы выходят за рамки понятия ТКО.

Отделенные фракции отправляются на дальнейшую переработку, в итоге из них получают вторсырье, а невостребованные фракции, так называемые "хвосты" ТКО, отправляются под пресс, формируются брикеты, которые

упаковываются в изоляционную пленку от проникновения влаги для предотвращения выделения токсичного биогаза, и затем вывозятся на полигон для захоронения.

Однако стоит заметить, что мусоросортировочный завод не может являться конечным пунктом утилизации ТКО, вторсырье требует дальнейшей обработки.

Переработка ТКО – это наиболее экологически ответственный способ обращения с мусором, который на самом деле имеет огромную ценность. Переработанное сырье можно применять в производстве по прямому назначению (рециклинг) или извлекать полезные компоненты для повторного применения (рекуперация) [5]. Вторсырье зачастую получается дешевле, чем природные или синтезированные аналоги. А в условиях ограниченности ресурсов этот способ обработки отходов имеет преимущество перед другими способами.

Из отобранных компонентов можно получить различные материалы, начиная от бумаги и заканчивая утеплителем и черепицей. Например, из боя стекла можно получить термоустойчивый композиционный материал. Вторичные полимеры перетираются в мелкодисперсные порошки из которых получают профили различной формы, цвета и размера, которые широко применяются в качестве строительного материала и является альтернативой дереву (легко пилится, режется и сверлится, устойчив к нагрузкам и не подвержен коррозии). Высокие температуры обработки пластика уничтожают все возможные бактерии и микробы, материал становится безопасным для человека – можно использовать даже для организации детской площадки. Себестоимость таких материалов, получаемых из вторсырья, оказывается порядка 20–30 % от себестоимости тех же материалов, полученных из первичного источника [4].

Сокращаются территории, отводимые под полигоны ТКО, продукты гниения меньше отравляют грунтовые воды и атмосферный воздух, так как на захоронение отправляется после сортировки наиболее безопасный мусор.

Сама технология и её реализация являются относительно других способов обращения с ТКО дорогой, поэтому местным властям стоит привлекать частные инвестиции. Так же стоит привлекать научное и экспертное сообщество для более эффективного внедрения данной технологии. Т. е., успешная реализация такого проекта – это комплексная работа органов регионального

управления с учетом существующего законодательства и научными разработками в соответствующих сферах при поддержке местного населения. Главное – это понимание общей цели – прекращение вредного воздействия на человека и окружающую среду от продуктов гниения ТКО, вовлечение мусора в оборот в качестве вторсырья.

Стоимость такого проекта требует крупных инвестиций, в которые входят и стоимость внедрения технологии, оборудования для переработки отходов, привлечение высококвалифицированных кадров для обеспечения эффективного функционирования технологии и дальнейшего развития научной составляющей проекта. Необходимо разработать управление потоками отходов, как они будут поступать на мусороперерабатывающий завод, т. е. совершенствование организационных основ, разграничение полномочий в сфере управления. Создание и модернизация инфраструктуры по переработке отходов, установление особых тарифов.

На сегодняшний день, такой проект будет большой нагрузкой для бюджета Карелии, поэтому нельзя будет быстро решить проблему утилизации ТКО в регионе. Первый этап налаживания территориальной схемы утилизации стоит начать с проектирования и строительства мусоросортировочного завода и современных полигонов.

По нашему мнению, основными задачами региональных властей являются:

1. Использование социальной пропаганды, информирование о проблемах и путях решения мусоропереработки в регионе.
2. Введение налоговых и иных льгот для субъектов, которые занимаются утилизацией и переработкой ТКО, создание гибких тарифов.
3. Закрепление на законодательном уровне мер по пресечению возникновения несанкционированных свалок, установление штрафов за нанесение ущерба окружающей среде.

Таким образом, правильное обращение с ТКО позволяет:

– *Максимально эффективно использовать экономический потенциал отходов* – технология предусматривает выработку вторсырья на основе мусора, поступающего на завод.

– *Уменьшить количество мусора, отправленного на полигон* – это позволяет минимизировать отрицательные последствия гниения мусора, а именно загрязнения окружающей среды, в этом случае полигоны для захоронения невостребованного мусора будут меньше площадями.

– *Обеспечить безопасное с экологической точки зрения захоронение мусора* – рассортировка ТКО на фракции, устройство дренажей и фильтров очистки вод, устройство отвода газов от гниения мусора, отдельная утилизация опасных отходов – батареек, ртутных ламп.

– *Укрупнить объекты переработки и захоронения мусора, уменьшения их числа* – для экономической эффективности инвестиций в отрасли, внедрение ресурсосберегающих технологий в производство.

– *Привлечь частный бизнес в систему обращения с мусором* – это поможет ускорить процесс внедрения новейших технологий в область переработки отходов, а так же снизит нагрузку на госбюджеты.

### **Библиографический список**

1. Система управления отходами в странах ЕС [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / Минэкологии Нижегородской области. – Электрон. журн. – режим доступа: <http://waste-nn.ru/sistema-upravleniya-othodami-v-stranah-es/>.

2. Приложение к распоряжению Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 03 ноября 2011 г. № 625-рп Схема обращения с отходами производства и потребления в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре на период до 2020 г. // СЗ РФ. – 2011. – № 625.

3. Федеральный закон Российской Федерации от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об отходах производства и потребления".

4. Тугов А., Эскин Э. Не превратить планету в свалку. [Электронный ресурс] : науч. статья. / Портал журнала "Наука и жизнь". – режим доступа: <http://www.nkj.ru/archive/articles/10577/>.

5. Лебедев, В. Н. Ловецкий М. К. Технология сортировки и переработки (тбо) компании kws [Электронный ресурс] : науч. статья / Аналитический портал хим. пром. – Электрон. журн. – режим доступа: [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=3981](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=3981).

## **Проблемы проведения инженерно-экологических изысканий при строительстве карьера по добыче полезных ископаемых**

**Кушнир Ю. В.<sup>1</sup>, Широнина А. Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(г. Мурманск, ФГБУ "Центр лабораторного анализа и технических измерений по Северо-западному федеральному округу" – "Центр лабораторного анализа и технических измерений по Мурманской области",  
e-mail: yulka28@inbox.ru)

<sup>2</sup>(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра экологии и окружающей среды,  
e-mail: nesy131@rambler.ru)

**Аннотация.** В статье изложены проблемы в существующих нормативно-технических документах по инженерно-экологическим изысканиям.

**Abstract.** The article describes the problems in the existing regulatory and technical documents for engineering and environmental surveys.

**Ключевые слова:** государственная экспертиза, инженерно-экологические изыскания.

**Key words:** state expertise, engineering and environmental surveys.

Государственная экспертиза, это один из видов так называемой проверки проектной документации, который отличается от других лишь тем, что проверку осуществляют не частные лица, а уполномоченный государственный орган.

Однако суть этой проверки, как и в других случаях, заключается в том, чтобы подтвердить или опровергнуть соответствие проектной документации установленным требованиям.

Инженерно-экологические изыскания выполняются в рамках государственной экспертизы для обоснования планируемой деятельности с целью предотвращения, снижения и ликвидации неблагоприятных экологических последствий.

Под экологическим обоснованием можно понимать совокупность доказательств и научных прогнозов, которые позволяют оценить экологическую опасность намечаемой хозяйственной и иной деятельности для экосистем (природных территориальных комплексов) и человека [1].

Целью инженерно-экологических изысканий при строительстве карьеров по добыче полезных ископаемых, согласно принятому определению [2],

является оценка современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки для предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий, а также для сохранения оптимальных условий жизни. Реализация проектов строительства карьеров часто сопровождается конфликтными ситуациями, решение которых связано с социальной напряженностью, судебными процедурами, переработкой проектной документации, задержками ее согласования и, как следствие, дополнительными издержками и потерями времени.

К конфликтным ситуациям обычно приводит:

- недостаточные знания в области намечаемой деятельности (необходимость соблюдения водоохраных зон и зон санитарной охраны источников водоснабжения, необходимость обустройства вокруг проектируемых объектов санитарно-защитных зон, сохранения заказников, памятников природы, мест произрастания и обитания редких видов растений и животных и т. п.);
- отсутствие информации о состоянии природной среды в районе намечаемой деятельности (существующие уровни загрязнения воздуха, подземных и поверхностных вод, фоновое загрязнение, наличие нарушенных земель, неликвидированных скважин, скотомогильников и т. п.).

Согласно действующему законодательству инженерно-экологические изыскания наряду с другими видами инженерных изысканий для строительства (инженерно-геологическими, инженерно-геодезическими, инженерно-гидрометеорологическими, изысканиями грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод) должны выполняться до принятия проектных решений и до разработки рабочей проектной документации.

Нормативная база в области инженерных изысканий для строительства была сформирована в 1996–98 гг. Минстроем России [1–7].

К общим недостаткам регламентирующих документов, входящих в ее состав, можно отнести:

- игнорирование вопросов, связанных с землепользованием: отсутствуют данные о состоянии земельного фонда и землеустройства, данные об имущественно-земельных отношениях, сведения государственных кадастровой оценки земель, мониторинга земель и земельного контроля и др.;

- слабые взаимосвязи между результатами разработки проектной документации на различных этапах и стадиях градорегулирования;
- невнимание к данным территориального планирования, наличия территориальных зон и зон с особыми условиями использования территории.

К существенному недостатку свода правил по инженерным изысканиям для строительства СП 11-105-97 относится отсутствие требований по рекультивации земли, что противоречит существующим законодательным актам об обязательной рекультивации после производства работ [5].

Существенным недостатком свода правил по инженерно-экологическим изысканиям СП 11-102-97 [1] и СНиП 11-02-96 [2] является то, что документы не определяют территорию, в пределах которой должны проводиться изыскания, не дают указаний, как определять границу зоны воздействия и по каким критериям и компонентам природной среды следует выполнить прогноз возможных изменений.

Обоснование и выбор территории проведения инженерно-экологических изысканий относятся к важнейшим задачам исследований и определяют качество результатов, необходимые и достаточные виды и объемы работ, размещение пунктов наблюдений на основных путях миграции, потоках рассеяния и аккумуляции веществ-загрязнителей, соотношение степени ожидаемого воздействия и устойчивости выбранной территории [9].

### **Заключение**

Анализ существующих нормативно-технических документов по инженерно-экологическим изысканиям позволяет обозначить ряд необходимых изменений:

- рассмотрение земельных вопросов с позиции освоения и развития земельного фонда как важнейшего достояния государства;
- приведение проектной документации в соответствие с этапами системы градорегулирования;
- использование правил землепользования и застройки;
- общая актуализация содержания документов в соответствии с градостроительным, земельным, горным, санитарным, природоохранным законодательством и нормативными документами Российской Федерации и субъектов РФ.

### **Библиографический список**

1. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства / Госстрой России. – М., 1997. – 41 с.
2. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Общие положения / Госстрой России. – М., 1996. – 50 с.
3. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства / Госстрой России. – М., 1997. – 36 с.
4. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства / Госстрой России. – М., 1997. – 88 с.
5. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. 1. Общие правила производства работ / Госстрой России. – М., 1997. – 48 с.
6. СП 11-108-98. Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод / Госстрой России. – М., 1998. – 26 с.
7. СП 11-109-98. Изыскания грунтовых строительных материалов / Госстрой России. – М., 1998. – 28 с.
8. Федеральный закон "О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 18 декабря 2006 г. № 232-ФЗ // Рос. газ. – 2006. – 23 дек.
9. Земельный кодекс Российской Федерации: от 25.10.2001. № 136-ФЗ // ИПС "Консультант+".

## **Изучение свойств биофлокулянтов, выделенных из биомассы избыточного активного ила**

**Мошняцкая Е. Ю., Васильева Ж. В.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра экологии и защиты окружающей среды, e-mail: kuchugura@mail.ru)

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследования характеристик и свойств биофлокулянтов, полученных на основе внеклеточных полимерных веществ биомассы избыточного активного ила.

**Abstract.** This article presents the results of studies of the characteristics and properties of biofloculants obtained from extracellular polymeric substances biomass activated sludge.

**Ключевые слова:** активный ил, биофлокулянты, внеклеточные полимерные вещества, сточные воды.

**Key words:** activated sludge, biofloculants, extracellular polymeric substances, wastewater.

Водные системы Арктического региона особенно уязвимы к антропогенному воздействию. Значительную нагрузку вызывает сброс сточных вод как неочищенных, так и недостаточно очищенных, в некоторых случаях и вторично загрязненных. Распространенные в настоящее время технологии физико-химической очистки сточных вод используют для процессов коагуляции (флокуляции) загрязнений реагенты, ведущие к вторичному загрязнению вод тяжелыми металлами (Al, Fe), токсичными остаточными количествами полимерных флокулянтов (мономерными остатками полимерных флокулянтов).

Таким образом, поиск новых биоприемлемых реагентов, нетоксичных для окружающей среды, в целях осуществления операций физико-химической очистки сточных вод (коагуляции, флокуляции) и изучение их свойств является одним из актуальных направлений научных исследований.

В связи с этим перспективным является использование в качестве потенциально биоприемлемых реагентов природных биофлокулянтов, в частности внеклеточных полимерных субстанций микроорганизмов (ВПВ). Однако, применение их зачастую связано с дороговизной культивирования специфичной микробной биомассы, с целью создания оптимальных условий для синтеза и секреции биополимеров микроорганизмами. В связи с этим пер-

спективным является использование в качестве потенциально биоприемлемых реагентов природных биофлокулянтов, в частности избыточного активного ила, образующегося при биологической очистке сточных вод.

Целью работы являлось получение биофлокулянтов на основе ВПВ микроорганизмов активного ила и исследование их характеристик и свойств.

Для получения биофлокулянтов использовали биомассу избыточного активного ила сооружений биологической очистки предприятия ООО "Птицефабрика Мурманская". Исследование состава биомассы избыточного активного ила проводили в соответствии Методическим руководством по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками [1]. Определение гидрохимических показателей активного ила проводили в соответствии с Методикой по гидрохимическому контролю активного ила [2].

Оценку органолептических показателей выделенных биофлокулянтов производили по [3]. Структуру влажных (набухших) биополимеров изучали по методике, изложенной в [4], с помощью микроскопа Ломо Микмед-2 в свете видимой люминесценции при освещении сверху светом, возбуждающим люминесценцию. Предварительную окраску препаратов ВПВ осуществляли флюорохромом акридиновым оранжевым [5]. Размеры и морфологию поверхности сухих частиц (гранул) ВПВ изучали с помощью микрометра (увеличение 80х) по методике, изложенной в [6]. Подсчет распределения частиц по фракциям проводили методом прямого счета под микроскопом при помощи окулярного сетчатого микрометра [7].

Седиментационные свойства полученных биофлокулянтов оценивали по кривым Кинша в соответствии с [8]. Исследование флокуляционных свойств полученных препаратов ВПВ проводили в процессе реагентной обработки сточных вод, которая включала в себя этапы дозирования, смешивания биофлокулянтов с модельной сточной водой, процессы хлопьеобразования, осаждения. Эффективность очистки сточной воды оценивалась по показателям БПК<sub>5</sub>, ХПК, содержания соединений азота, фосфатов и жиров, взвешенных веществ, сухого остатка, оптической плотности осветленной воды. Основными методическими пособиями при проведении химических анализов служили стандартные методики ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97; ПНД Ф 14.1:2.114-97; ПНД Ф 14.1:2.110-97; ПНД Ф 14.1:2.101-97; ПНД Ф 14.1:2.112-97 и [9].

Анализ результатов апробации разработанных технологий извлечения биополимеров из биомассы избыточного активного ила показал постоянство

органолептических характеристик получаемых препаратов ВПВ и широкий диапазон значений выхода препаратов ВПВ, в зависимости от различных факторов, непосредственно влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов биомассы активного ила и, как следствие, на количество извлеченных биофлокулянтов: условий эксплуатации очистных сооружений, цикличности существования и характеристик биоценоза активного ила, в зависимости от температурных режимов, времени года и состава сточных вод.

Изучение структуры и состава влажного (набухшего) полимера показало следующее. Установлено (рисунок 1), что биофлокулянт, полученный по первой технологии имеет слизистую, тянущуюся нитями структуру, напоминающую другой природный биофлокулянт – желатина; структура биополимеров, полученных по технологии № 2, имела вид частиц хлопка. ВПВ, полученные по третьей технологии, имели гранулярную структуру. Полученные биофлокулянты после предварительной окраски их флюорохромом акридиновым оранжевым и при освещении ультрафиолетовыми лучами через зеленый фильтр давали оранжевое и зеленое свечение (рисунок 2). В люминесцентном свечении отмечены два основных цвета – оранжевый и зеленый. Это свидетельствует о том, что ВПВ в своем составе содержат в основном полисахариды (оранжевая люминесценция) и белковые структуры различных функциональных групп (зеленая и красная люминесценция).

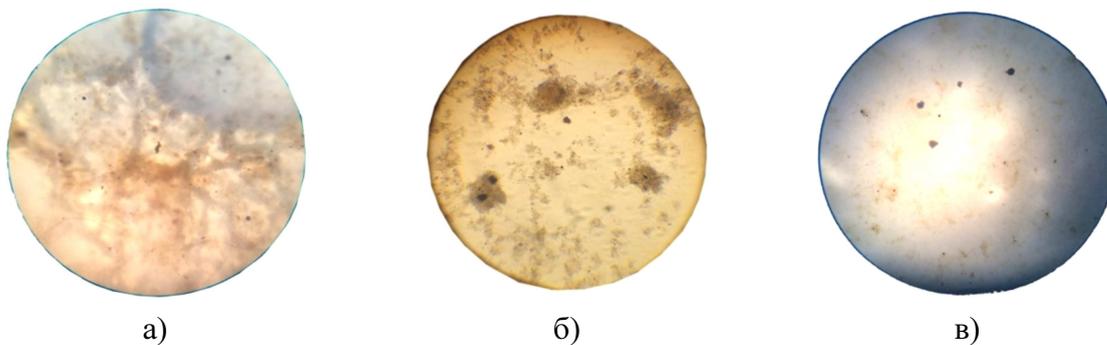


Рисунок 1 – СМ-фотографии структуры ВПВ, полученных по:  
а) первой технологии; б) второй технологии; в) третьей технологии

Проведена оценка флокулирующих свойств полученных ВПВ в отношении модельных сточных вод. Показана высокая эффективность очистки сточных вод при использовании в качестве реагента полученных биофлокулянтов. Так, эффективность извлечения взвешенных веществ из сточных вод составляла от 68 % (для ВПВ, полученных по первой технологии) до 75 % (полученных по третьей технологии). Отмечено значительное сокращение

показателей БПК, ХПК, существенное снижение оптической плотности очищаемой воды. Установлена эффективность извлечения соединений азота, фосфатов, которые активно переходят в осадок. Доказана возможность дальнейшего использования образующегося при биофлокуляционной обработке осадка, содержащего ценные макронутриенты, на дальнейшую переработку в кормовой продукт.

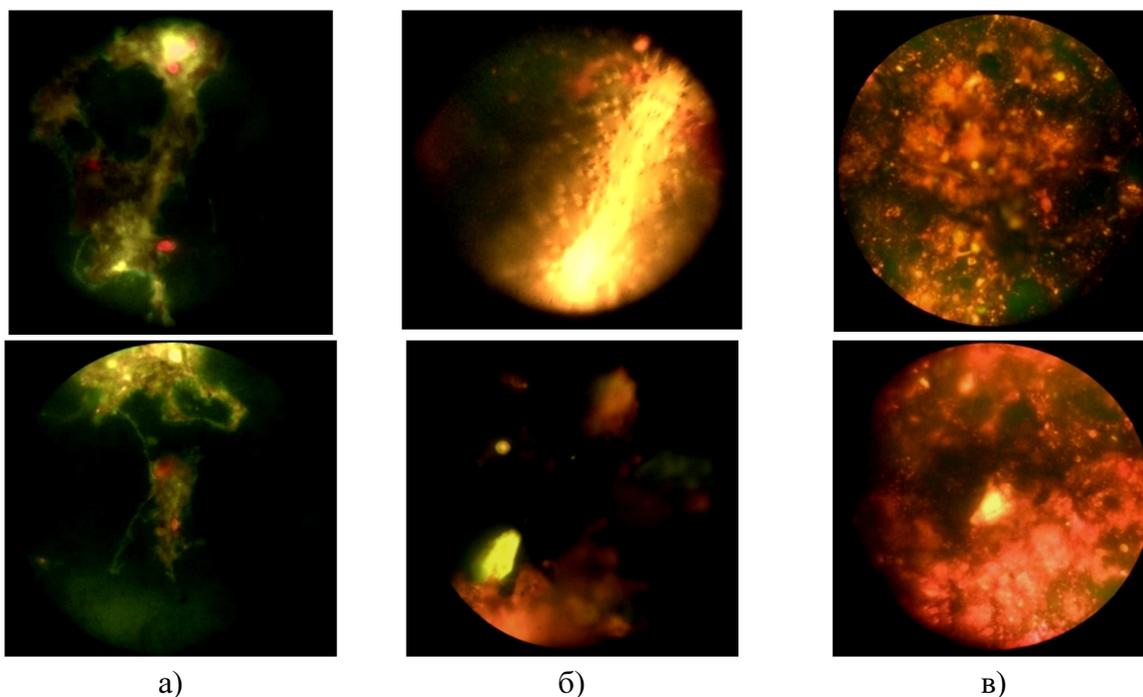


Рисунок 2 – ЛМ-фотографии структуры ВПВ, полученных по:  
а) первой технологии; б) второй технологии; в) третьей технологии

### Библиографический список

1. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками. – М. : 1996. – 13 с. 26 ФР 1.31.2008.04398.
2. Комплект методик по гидрохимическому контролю активного ила: определение массовой концентрации активного ила, илового индекса, зольности сырого осадка, активного ила, прозрачности надильной воды. – М. : 2008. – 37 с.
3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под. ред. Т. В. Гусевой. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
4. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы : учебник для студ. биол. спец. университетов / под ред. В. Д. Федорова и В. И. Капкова. – М. : Изд-во "ПИМ", 2006. – 367 с.

5. Лабинская, А. С. Микробиология с техникой микробиологических исследований [Текст] / А. С. Лабинская. – М. : Медицина, 1972. – 479 с.

6. Цитология микроорганизмов. Методические указания к лабораторным работам [Текст] / Е. С. Луценко, А. В. Быкова. – Мурманск : МГТУ, 2012. – 24 с.

7. Корш, Л. Е. Ускоренные методы санитарно-бактериологического исследования воды [Текст] / Л. Е. Корш, Т. З. Артемова. – М. : Медицина, 1978. – 272 с.

8. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод [Текст] / В. И. Калищун [и др.] – М. : Стройиздат, 2000. – 272 с.

9. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации [Текст] : изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1977. – С. 42.

## **Проблемы ликвидации аварийных разливов нефти в условиях арктических морей**

**Сальников А. В.<sup>1</sup>, Грибов Г. Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(г. Ухта, Ухтинский государственный технический университет, кафедра проектирования и эксплуатации магистральных газонефтепроводов, e-mail: ugtusovet@yandex.ru)

<sup>2</sup>(г. Ухта, ООО "НИПИ нефти и газа УГТУ", e-mail: referent@nipiugtu.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы распространения нефтяных пятен в морских акваториях в ледовой обстановке и достоинства и недостатки современных методов их ликвидации с точки зрения применимости в условиях арктических морей. Оценена эффективность применения каждого метода. Рассмотрены перспективы развития химического метода ликвидации аварийных разливов нефти в арктических морях.

**Abstract.** The article deals with the problem of the spread of oil spills in the offshore ice conditions and the advantages and disadvantages of modern methods to eliminate them from the point of view of the applicability in the conditions of the Arctic seas. The efficiency of the use of each method. The prospects of development of chemical methods of oil spill response in the Arctic seas.

**Ключевые слова:** аварийные разливы нефти; арктические моря, ледовая обстановка; боновые ограждения; сжигание; скиммеры; диспергенты.

**Key words:** oil spills; Arctic seas, ice conditions; booms; burning; skimmers; dispersants.

Аварийные разливы нефти, имеющие место на объектах нефтедобывающей, транспортирующей и нефтеперерабатывающей промышленности, наносят ощутимый вред экосистемам, нарушая многие естественные процессы и существенно изменяя условия обитания всех видов живых организмов, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям.

В связи с тенденцией переноса добычи трудноизвлекаемых углеводородов на Арктический шельф данная проблема приобретает особую актуальность, а снижение возможных негативных последствий в суровых условиях Арктики и Крайнего Севера, характеризующихся сложновосстанавливаемыми и ранимыми экосистемами, становится одной из первостепенных задач нефтяной индустрии.

Аварийные разливы на водных бассейнах охватывают значительные площади. Если нефтяное пятно от одной тонны разлитой нефти на суше может занимать до 0,1 км<sup>2</sup>, то площадь слика того же объема на спокойной воде

достигает 12 км<sup>2</sup>. Волнение и ветер усугубляют ситуацию. Также нужно отметить, что площадь слика в ледовой обстановке, характерной для арктических морей, при высоком волнении, скорости ветра и течения, сложно поддается оценке [1].

Для оперативной локализации и ликвидации разлива необходимы данные о динамике распространения нефтяного пятна: как прогнозируемые, основанные на различных математических моделях, так и данные натурных наблюдений. Данные, полученные в результате редких натурных наблюдений, снимков со спутников и компьютерного моделирования с использованием геоинформационных систем, дополняют друг друга и с большой долей вероятности могут предсказать растекание и миграцию нефтяного пятна в течение времени.

Локализация разлива традиционно осуществляется установкой боновых заграждений. Однако их эффективное использование осложняется погодными условиями и ледовой обстановкой арктических широт. Волнение и дополнительные ледовые нагрузки на боны вызывают унос и подныривание нефти, а также повышают требования прочности и надежности к самим конструкциям бон и их соединениям [2].

Основными методами ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) в морских акваториях на сегодняшний день являются термический механический и химический.

В последнее время особую популярность приобретает метод бактериологического разрушения за счет использования различных микроорганизмов-олеофагов. В условиях низких температур арктического шельфа, когда окислительные процессы значительно заторможены, психрофильные микроорганизмы вносят существенный вклад в разложение нефти. Данный способ ликвидации аварийных разливов нефти в арктических акваториях обладает существенным потенциалом, однако требует значительного объема многовариантных исследований, подтверждающих его эффективность. Поэтому остановимся на традиционно применяемых на акваториях северных широт методах ЛАРН.

Сжигание нефти является одним из самых распространенных методов ЛАРН, применяемым с 1960-х гг. Для сжигания на месте требуется две составляющие: огнеупорные боны и воспламенители. Основной характеристикой правильного горения является толщина пятна. Если слой нефти достаточно большой, то верхний слой беспрепятственно горит, а нижний является изолятором передачи тепла. Этим достигается сохранение низкой темпера-

туры воды. Но если слой утончается, и теплообмен с окружающей средой более активный, это может послужить причиной прекращения горения.

Мировые исследования полагают [3], что этот способ достаточно эффективен, особенно в паковых льдах различной плотности, но его эффективность зависит от первоначальных условий: времени реагирования на разлив, толщины пятна и скорости ветра. К недостаткам метода можно отнести его пожароопасность, токсичность, малое "временное окно" на открытой воде, особые требования, предъявляемые к конструкции бон и низкую эффективность. Образование канцерогенного нагара после сжигания составляет до 25 % от объема слика, а остаток после сжигания по разным оценкам может достигать до 50 % от объема.

При механическом удалении нефти с водной поверхности проводят локализацию нефти боновыми заграждениями и сбор нефтеуловителями (скиммерами). Сначала боновыми заграждениями уменьшают площадь распространения нефтяного пятна, вследствие чего утолщается его слой, что облегчает работу скиммеров. Далее скиммеры собирают нефть, которая по трубе поступает в контейнер, расположенный на судне.

В зависимости от свойств и количества разлившейся нефти, ледовой обстановки и погодных условий, применяются различные типы скиммеров как по конструктивному исполнению, так и по принципу действия. Установлено, что их применение максимально эффективно в случае быстрого реагирования судна с полным комплектом оборудования и в свободной ото льда воде. Однако испытания скиммеров различных конструкций в ледовой обстановке не дали значимого положительного результата. К недостаткам механического метода можно отнести малые объемы сбора, наличие остаточной пленки, трудоемкость и низкую эффективность в ледовых условиях, на которую оказывает значительное влияние волнение, температура окружающей среды, вязкость собираемого продукта и наличие снежного и ледового покрова различной сплошности, при определенных значениях которой и вовсе исключено применение скиммеров.

В рамках химического метода можно выделить применение сорбентов и диспергентов. Однако сорбционные свойства известных сорбентов серьезно зависят от вязкости собираемой нефти, что в условиях пониженных температур имеет ключевое значение. Кроме того, пропитанный нефтью сорбент подлежит сбору с водной поверхности механическим способом со всеми присущими ему недостатками.

Диспергенты – средства, активизирующие естественное рассеивание глобул нефти в толще воды. Применение данных средств признано в мировой практике экологически приемлемым и при определенных условиях весьма эффективным способом ликвидации аварийных разливов нефти. Диспергенты незаменимы, когда в результате сильного ветра и неблагоприятных морских условий механический сбор нефти и выжигание на месте становятся небезопасными или неэффективными. Они способствуют разделению нефти на мельчайшие капли, которые быстро разбиваются в воде до безопасной концентрации, что значительно ускоряет естественную биodeградацию нефти, протекающую даже при низких температурах в условиях Арктики.

В условиях ледяного покрова растекание нефти при разливе, ее дрейф и процессы деградации имеют свои особенности. На процесс растекания большое влияние оказывает температура окружающей среды, в зависимости от которой изменяются свойства нефти (вязкость, плотность, поверхностное натяжение), направление, сила течения и ветра. Нефть, попадая на ограниченную поверхность воды с плавающим льдом, оказывается подо льдом, на поверхности льда и во льду. Нефть освобождается от ледяной оболочки только весной, причем это может произойти за несколько сотен или даже тысяч километров от места утечки. В результате огромная территория океана, бывшая ранее чистой, оказывается загрязнена. Кроме того, нефть в скоплениях обломков морского льда и под ним остается свежей и диспергируемой в течение более длительного периода времени, чем в других районах из-за пониженной скорости испарения, большей толщины нефтяной пленки и меньшей интенсивности перемешивания, препятствующей эмульгированию нефти.

Неоспоримым преимуществом использования диспергентов в ледовых морях по сравнению с применением скиммеров и сжиганием, является повышение их эффективности при увеличении скорости ветра и высоты волны (рисунок 1) [4].

Таким образом, наиболее приемлемым на сегодня методом борьбы с нефтяными разливами на Арктическом шельфе можно считать химический с применением диспергентов.

Широкое применение диспергентов ограничивается их токсичностью. Так, в США и Канаде диспергенты применяются только для ликвидации аварийных разливов нефти массой более 30 т и над глубиной моря свыше 150 м [3]. Однако предварительный анализ существующих диспергентов мировых производителей выявил тенденцию к наметившемуся снижению их токсичности. Так, например, диспергенты второго поколения Corexit 9527, Magnus, Varine

cleanez Smilh herdez, гораздо менее токсичны по сравнению со своими предшественниками – Corexit 7664, Corexit 9500, BP 1002 и BP 1001. Можно предположить, что исключением компонентов, содержащих хлорированные углеводороды, бензолы и фенолы, можно в перспективе получить диспергент, близкий по характеристикам к диспергентам второго поколения и способный эффективно бороться с нефтяными сликами в условиях ледовой обстановки.

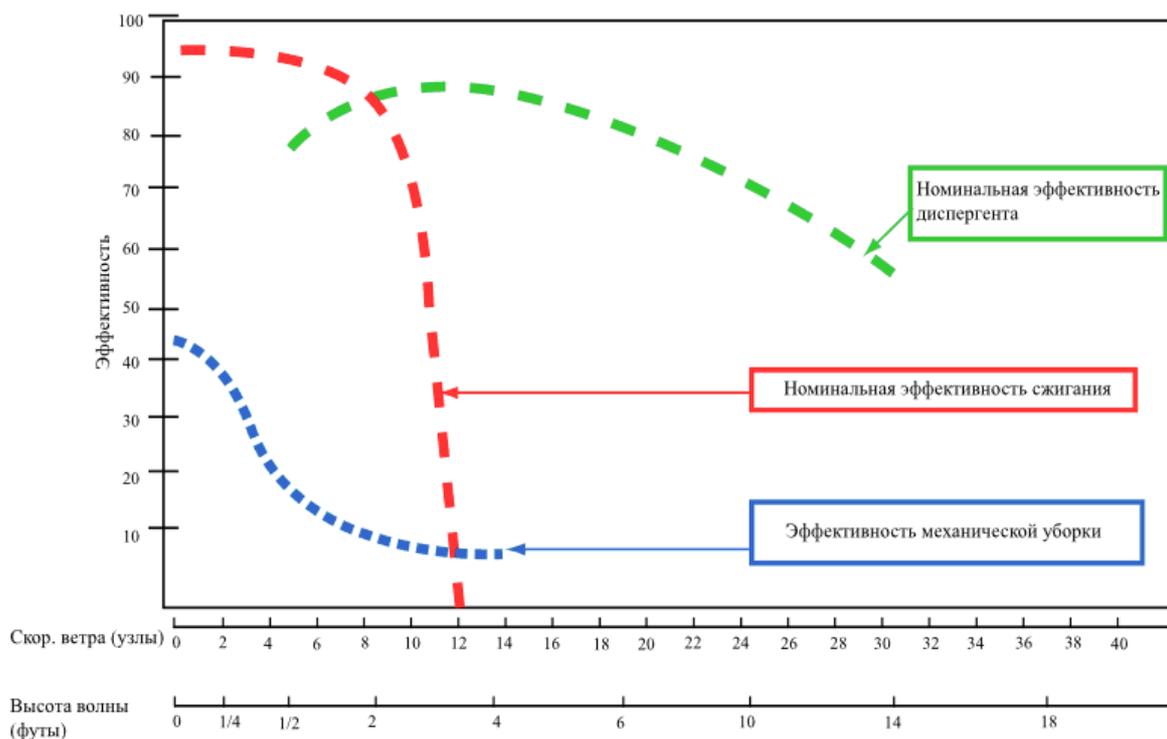


Рисунок 1 – Зависимость эффективности диспергентов, сжигания и механической уборки нефтяного разлива с водной поверхности морских акваторий от скорости ветра и высоты волн [4]

### Библиографический список

1. Неимровская, И. А. Нефть в океане: загрязнение и природные потоки / И. А. Неимровская. – М. : Научный мир, 2013. – 428 с.
2. Ликвидация аварийных разливов нефти в ледовых морях / М. Н. Мансуров, Г. А. Сурков, В. И. Журавель [и др.]. – М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2004. – 423 с.
3. Книжников, А. С. Разливы нефти: проблемы, связанные с ликвидацией последствий разливов нефти в Арктических морях / А. С. Книжков. Отчет. – 2-е изд., доп.; Норвегия, Осло: Всемирный фонд дикой природы (WWF). Nuka Research and Planning Group, LLC, 2011. – 33 с.
4. Поттер, С. Ликвидация разливов нефти на арктическом шельфе / С. Поттер. – М. : Shell Exploration & Production Services, 2013. – 140 с.

## **Мультиагентная система поддержки принятия решений в сфере управления устойчивым развитием монопрофильных муниципальных образований региона**

**Семакова Е. А., Маслобоев А. В., Малыгина С. Н.** (*г. Анапиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета, e-mail: masloboev@iimm.ru*)

**Аннотация.** Разработана мультиагентная система информационной поддержки принятия решений в сфере управления экономической безопасностью моногорода. В системе совместно используются имитационная модель устойчивого развития моногорода и программные агенты для мониторинга и прогнозирования показателей экономической безопасности. Система обеспечивает координацию локальных решений по оптимизации показателей экономической безопасности моногорода на разных уровнях управления.

**Abstract.** A multi-agent system for decision-making information support in the field of mono-city economic security management has been developed. Mono-city sustainable development simulation model and software agents are shared within the system for economic security index monitoring and forecasting. The system provides local decision-making coordination on mono-city economic security index optimization at the all level of management.

**Ключевые слова:** мультиагентная система, информационная поддержка, управление, экономическая безопасность, моногород.

**Key words:** multi-agent system, information support, control, economic security, mono-city.

В ходе реализации проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 15-29-06973 "Развитие методологии, модельного инструментария и информационных технологий системной оценки рисков нового освоения Арктики" разработан исследовательский прототип программной мультиагентной системы информационной поддержки управления экономической безопасностью моногорода Севера России на примере Мурманской области. Система предназначена для поддержки принятия решений в сфере управления устойчивым развитием моногорода и представляет собой тренажерно-моделирующий комплекс. В системе совместно используются имитационная модель устойчивого развития моногорода и автономные программные агенты для мониторинга и прогнозирования показателей экономической безопасности.

Функциональные возможности системы обеспечивают построение и анализ сценариев развития моногорода, расчет и прогнозирование показателей экономического риска для различных сценариев развития моногорода на основе имитационного моделирования. Система предоставляет эксперту/ЛПР

возможность вариативного расчета и оперативного корректирования показателей социально-экономического развития моногорода в рамках существующей статистической отчетности.

Технологической основой (ядром) системы являются имитационная модель устойчивого развития моногорода [1], которая моделирует поведение экономических агентов моногорода, и программные агенты с имитационным аппаратом [2], которые осуществляют мониторинг показателей безопасности развития моногорода и оценивают экономические риски при различных сценариях его функционирования на основе имитационной модели. В модели используется оригинальная система показателей устойчивого развития, созданная в результате обобщения существующих индикаторных систем и формирования интегральных показателей, полученных путем свертки ряда групп общепринятых индикаторов безопасности.

Система обеспечивает сокращение времени на сбор и анализ актуальной информации о влиянии разнородных факторов на состояние социально-экономической системы моногорода и координацию локальных решений по оптимизации показателей экономической безопасности на разных уровнях управления.

Отличительной особенностью разработки от современных аналогов является возможность координации показателей экономической безопасности развития моногорода, оптимизируемых различными элементами многоуровневых систем управления региональной безопасностью [3].

Система имеет модульную структуру и реализована в рамках архитектуры "тонкий клиент" [4]. Архитектура и функциональные блоки системы представлены на рис. 1.

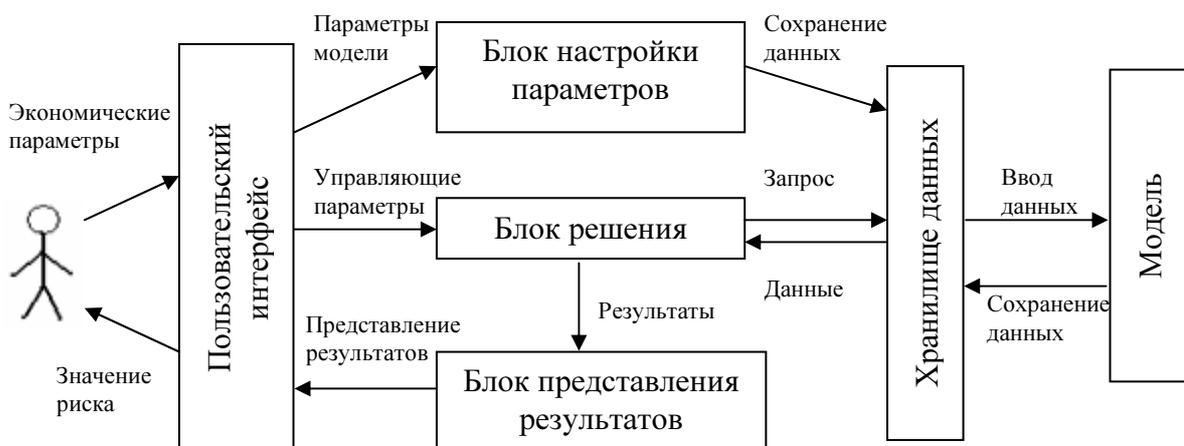


Рисунок 1 – Архитектура и функциональные блоки системы

Система рекомендуется к использованию органам государственной исполнительной власти муниципального и регионального уровня, руководи-

телям градообразующих предприятий для сценарного анализа и прогнозирования динамики социально-экономического развития моногорода.

Программная реализация системы выполнена в среде программирования Embarcadero RAD Studio XE10 на языке Java. Для создания имитационной модели устойчивого развития моногорода использована инструментальная среда агентного имитационного моделирования AnyLogic [5]. В качестве серверной базы данных использована СУБД MySQL Server.

Экранные формы пользовательского интерфейса системы приведены на рис. 2.

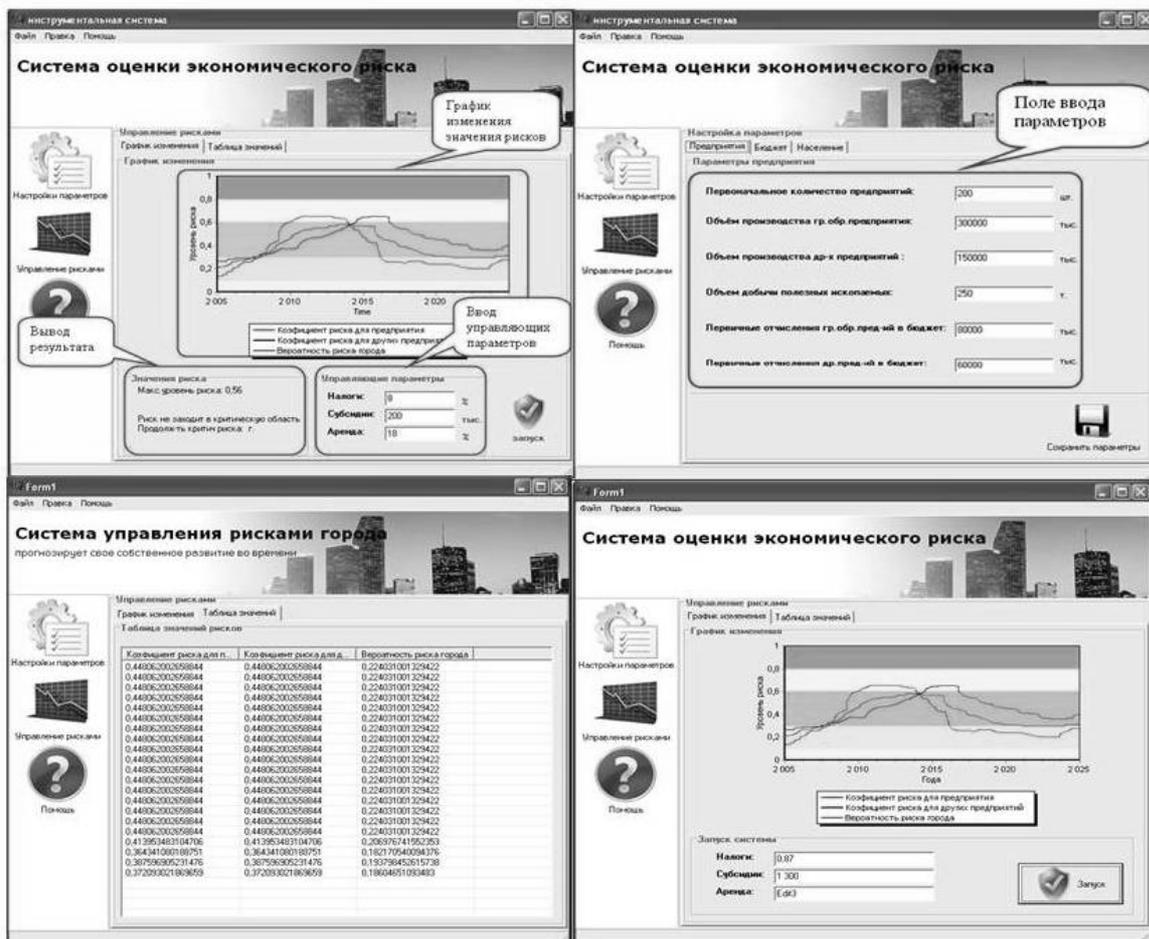


Рисунок 2 – Экранные формы пользовательского интерфейса системы

Бизнес-логика системы при необходимости может быть расширена за счет интеграции новых имитационных моделей в единый полимодельный комплекс системы, а также за счет совместного использования сторонних веб-сервисов и сервисов агентов.

В настоящее время разработанный прототип программной мультиагентной системы информационной поддержки управления экономической безопасностью моногорода используется для научно-исследовательских це-

лей в Институте проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и проходит апробацию в Министерстве экономического развития Мурманской области на задачах оценки результативности реализации рекомендаций комплексных инвестиционных планов развития монопрофильных муниципальных образований Мурманской области.

В частности, система прошла частичную апробацию при решении задач оценки экономической безопасности развития моногородов Мурманской области на примере города Кировска (градообразующее предприятие ОАО "Апатит"). Использование системы обеспечило возможность комплексного анализа и прогнозирования вариантов развития моногорода и результатов реализации различных сценариев управления экономической безопасностью с учетом влияния разнородных факторов.

Возможный эффект от внедрения – повышение оперативности решения задач управления устойчивым развитием монопрофильных муниципальных образований за счет сокращения времени на сбор, обработку и анализ актуальной информации о влиянии разнородных факторов на состояние социально-экономической системы моногорода и координации локальных решений по оптимизации показателей экономической безопасности на разных уровнях управления.

Разработка зарегистрирована в Объединенном фонде алгоритмов и программ ФГАНУ "ЦИТиС" (гос. рег. № АААА-А16-616022510065-8 от 25.02.2016 г.).

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-29-06973).*

### **Библиографический список**

1. Путилов, В. А., Горохов А. В. Системная динамика регионального развития. – Мурманск : НИЦ "Пазори", 2002. – 306 с.
2. Маслобоев, А. В. Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом // Вестн. МГТУ : Тр. Мурманского гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 12. – № 1. – С. 113–125.
3. Маслобоев, А. В. Путилов В. А., Сютин А. В. Координация в многоуровневых сетевых системах управления региональной безопасностью: подход и формальная модель // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т.15. – № 1. – С. 130–138.
4. Маслобоев, А. В. Олейник А. Г., Шишаев М. Г. Информационная технология дистанционного формирования и управления моделями.

## Обоснование целесообразности строительства полигона захоронения твердых коммунальных отходов для Карелии

Сирица А. А.<sup>1</sup>, Емельянова Е. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(г. Петрозаводск, ФГБОУ ВО "Петрозаводский государственный университет", *sirica-anna@mail.ru*)

<sup>2</sup>(г. Петрозаводск, ФГБОУ ВО Петрозаводский государственный университет, кафедра организации строительного производства ИЛИСН, *zhemel@mail.ru*)

**Аннотация.** Статья посвящена проблемам совершенствования механизма обращения с твердыми коммунальными отходами через захоронение. Выделены основные направления обращения с ТКО и обоснована необходимость строительства современного и технологичного полигона захоронения отходов.

**Abstract.** The article is devoted to the problems of improving the circulation mechanism with solid municipal waste through disposal. The basic directions of treatment of MSW and the necessity of building a modern and technologically landfill.

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, современный полигон захоронения отходов, экологический ущерб, свалка, модели обращения с отходами, карта захоронения.

**Key words:** municipal solid waste, a modern landfill, environmental damage, landfill, waste management model, burial card.

По поручению Президента Российской Федерации от 29 марта 2011 г. № Пр-781 в Карелии одобрена долгосрочная инвестиционная программа обращения с отходами производства и потребления на 2012–2024 гг. [1] Координатором программы является Министерство по природопользованию и экологии РК.

На территории РФ острой проблемой является утилизация твердых коммунальных отходов. Плановые нормы накопления утверждены 07.03.1999 Госкомэкологией России, при этом актуальны и Рекомендации по определению норм накопления ТБО (сейчас ТКО) для городов РСФСР, утверждённые Министерством ЖКХ РСФСР от 1982. Нормы накопления зависят от степени благоустройства жилого фонда, при этом в среднем для города составляет – 1,4–1,5 куб. м в год на человека. Таким образом, например, при численности населения нашего города Петрозаводска 267 тыс. чел, плановый возможный объём ТКО составляет – (при норме накопления – 1,4 куб. м) – 373,8 тыс. куб. м, не считая ТКО от других объектов.

Существующая система обращения с ТКО наносит сильный экологический ущерб. Например, у нас в Карелии 23 свалки оказывают сильное отрицательное влияние на почву, воздух и грунтовые воды. В скором времени планируется присоединение Лоухского, Беломорского и Кемского районов Карелии к Арктической зоне, которая отличается суровыми климатическими условиями и имеет геологические и гидрогеологические особенности, такие как мерзлые грунты, что усложняет процесс строительства объектов обращения с отходами. В нашей республике на данный момент отсутствует современная и развитая инфраструктура переработки и утилизации ТКО. Огромное их количество без переработки размещаются на свалках, многие из которых не соответствуют гигиеническим, санитарным и экологическим требованиям для таких специализированных объектов.

Анализ ситуации в области обращения с отходами свидетельствует об актуальности Программы и необходимости скорейшей реализации содержащихся в ней мероприятий.

Федеральным законом дается определение твердых коммунальных отходов (ТКО). Это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К ТКО также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [2]. О. И. Шейновский, и. о. руководителя карельского Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) постоянно старается привлечь внимание властей, общественности и бизнеса. "Свалки в республике были сформированы в советское время, отходы на них копились десятилетиями. Тогда требования к содержанию свалок были другие, и никто не проводил серьезных исследований на предмет их опасности для окружающей среды. В принципе, вся Россия, не только Карелия, сейчас сталкиваются с огромной проблемой по этим отходам" [3].

На сегодняшний день по 131 закону ответственность за полигоны для утилизации ТКО лежит на местных органах власти. Однако, с 1 января 2017 г., согласно изменению в 89 законе "Об отходах производства и потребления", за данную работу будет отвечать субъект федерации [4].

Главной целью региональных властей в соответствии с Федеральным законом "Об отходах производства и потребления" должно быть предотвра-

щение вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду, и вовлечение таких отходов в хозяйственный оборот как дополнительных источников сырья.

Существует несколько моделей обращения с отходами в зависимости от конечных продуктов их переработки, применяемых технологий, подготовки и разделения потоков:

- захоронение ТКО на современных и технологичных полигонах;
- механобиологическая переработка – механизированная сортировка, сушка и уплотнение отходов, распределение по предприятиям переработки вторичных материалов;
- вторичное использование после профессиональной сортировки и переработки;
- энергетическая утилизация за счет сжигания отходов и получения электрической и тепловой энергии.

Несмотря на то, что захоронение имеет сильное отрицательное влияние на окружающую среду и здоровье человека, порождает большое количество санитарно-гигиенических и экологических проблем, оно неизбежно – в любом случае часть отходов подлежит этому. Отходы поступают от населения, либо с заводов по переработке и сортировке ТКО, вследствие чего данная модель обращения еще долго будет использоваться. Для России ввиду большого количества свалок на сегодняшний день актуальна их замена на современный полигон, строительство которого не требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, что является плюсом.

Проектирование таких объектов должно осуществляться, как инженерно-экологическое сооружение в системе природно-техногенного комплекса, которое предназначено для складирования, изоляции и обезвреживания твердых коммунальных отходов. Также полигон должен обеспечивать защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствовать распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

При соблюдении всех современных технологий захоронения, данный метод обращения с отходами имеет ряд преимуществ:

- относительно высокая экологическая безопасность;
- простота создания;
- невысокие затраты на создание и обслуживание;
- возможность организации предприятия по переработке мусора.

Для максимального снижения негативного влияния полигона на окружающую среду, перед его возведением создается детальный план. Полигоны обычно размещают вдали от крупных городов и небольших населенных пунктов, так как недопустимо нахождение свалки вблизи жилых домов. Также на территории участка, отведенного под строительство должны отсутствовать редкие породы деревьев и растения, занесенные в красную книгу. Желательно, чтобы участок располагался на территории естественного заглужения.

Строительство современных и технологичных полигонов необходимо для каждого района Республики Карелия. На данный момент в разработке проект строительства такого объекта в с. Орзег с привязкой к нему не только Петрозаводска и самой Орзеге, а всего Прионежья. Стоимость проектной документации на полигон площадью 4 га составит примерно 3 млн руб. Срок изготовления такого проекта – год-полтора [3].

В выбранной зоне создается котлован, проект которого должен предусматривать использование специальных экранов, защищающих почвы и грунтовые воды. К месту возведения полигона подводятся все необходимые инженерные коммуникации, и возводятся нужные сооружения.

Полигон состоит из карт складирования ТКО и хозяйственно-бытовой зоны. Также необходимы пруды и резервуары для накопления фильтрата, кавальер, временные дороги и автостоянки, и др. объекты благоустройства. Карты (т. е. котлованы) имеют определенную высоту складирования отходов и изолирующих грунтов и площадь. Хозяйственно-бытовая зона включает в себя административное и бытовое помещения в виде вагончиков заводского изготовления, мобильные сан. узлы, КПП с лабораторией, локальное сооружение сточных поверхностных вод, пожарный резервуар, сетчатое ограждение высотой 2 м, инженерные сооружения и коммуникации, и другие необходимые сооружения. Предусматривается и благоустройство территории – временные дороги и площадки с асфальтобетонным дорожным покрытием из дорожных плит, тротуары, автостоянки и газоны.

Естественные грунты, наличие заболоченных участков, высокий уровень грунтовых вод в выбранной данным проектом зоне не позволяют заглубить основание карт полигона ниже уровня земли. Отметка дна котлованов карт и валов по периметру и между картами формируется выше уровня грунтовых вод не менее чем на 2 м (выше прилегающей территории). Защитные валы устраиваются по периметру карт – это позволяет предотвратить вытекание фильтрата за пределы котлованов карт, защитить от поступления поверхностных сточных вод. По верху валов устраиваются временные

дороги для проезда транспорта. С временной дороги на карту предусматривается съезд.

Для перехвата поверхностных сточных вод по границе полигона устраиваются водоотводные каналы, после которых на расстоянии 1 м устраивается ограждение.

Для формирования низа карт необходима подсыпка слоя минерального грунта; устройство по всей карте противодиффузионного экрана, исключающего проникновения фильтрата в землю, при этом соблюдается уклон, который обеспечивает отвод фильтрата в дренажную систему; устройство дренажной системы по верху экрана, что позволяет отводить фильтрат с нижних слоев складироваемых ТКО в емкость-накопитель.

После устройства карт осуществляется их послойное заполнение отходами с изоляцией через каждые 2 м насыпным грунтом толщиной 0,25 м. Грунт находится в кавальере и постоянно пополняется по мере необходимости. После заполнения первой карты аналогично заполняются последующие карты до проектных отметок, а также участки между ними. Разработка проекта рекультивации полигона ТКО, выполняется по отдельному заданию. Рекультивация предполагает подготовку почвы и озеленение участка. Размеры карт складирования зависят от размеров отведенного под строительство участка и от накопления отходов в районе. Устройство полигона захоронения ТКО представлено на рис. 1.

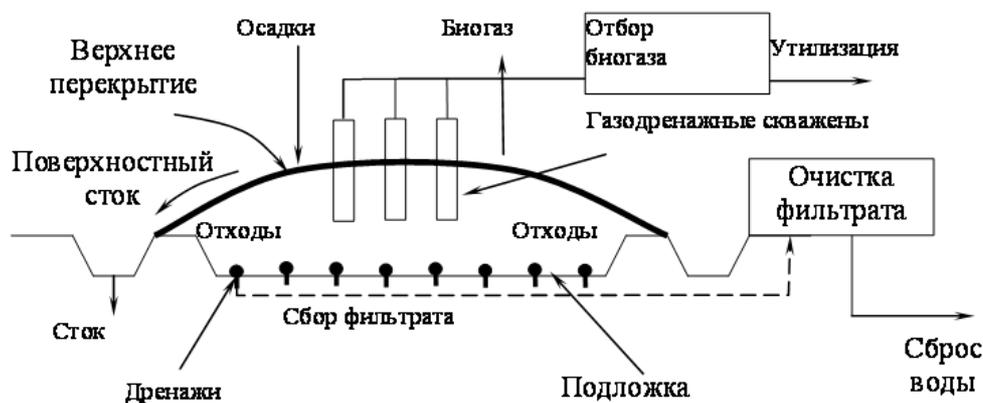


Рисунок 1 – Схема устройства полигона захоронения ТКО

Срок эксплуатации такого объекта при обслуживании всего района небольшой, однако, все зависит от количества таких полигонов, полигонов большей площади – возможно, имеющие лучшие условия для возведения объекта (например, на глинистых грунтах, а не на песчаных) – и следовательно, большую глубину захоронения, от строительства мусоросортировочных и мусороперерабатывающих заводов, что позволит уменьшить количество за-

хороняемых отходов. После сортировки ТКО на мусоросортировочных заводах захоронению подлежит около 70–85 % отходов от общего объема, от работы мусороперерабатывающих заводов – 40–50 %. Эти объекты так же необходимы, как и современные полигоны. Зная их количество и мощности, а также количество и мощности полигонов в районе, можно уже более конкретно говорить о сроке эксплуатации. Проектирование таких полигонов должно производиться с учетом геологических и гидрогеологических условий, на основе изысканий, что позволит построить такие объекты в любом районе.

В заключение можно сказать, что проектирование и строительство полигона ТКО позволит решить следующие задачи:

1. Обеспечить централизованный сбор ТКО от прилегающих к территории объекта населенных пунктов с последующей их доставкой на полигон.
2. Обеспечить прием и захоронение ТКО на полигоне.
3. Улучшить экологическую ситуацию в районе в местах размещения свалок (предотвратить попадание вредных веществ в окружающую среду, исключить загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод.)

Однако не стоит забывать, что наибольший эффект будет достигнут в совокупности с мусоросортировочными и мусороперерабатывающими заводами, что поможет решить экологические проблемы, связанные с обращением с ТКО.

### **Библиографический список**

1. Об одобрении Долгосрочной инвестиционной программы обращения с отходами производства и потребления Республики Карелия на 2012–2024 гг.: Распоряжение Правительства РК от 05.06.2012 № 389р-П (ред. от 29.08.2013).
2. Об отходах производства и потребления: федер. закон Рос. Федерации от 30 декабря 2008 г. № 309-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 26 декабря 2008 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 29 декабря 2008 г.
3. Ерошкин, А. МК Карелия: Отходные материалы. [СМИ] – Петрозаводск. URL: <http://karel.mk.ru/articles/2014/07/02/otkhodnye-materialy.html> (дата обращения 01.03.2016 г.).
4. О внесении изменений в Федеральный закон Об отходах производства и потребления: федер. закон Рос. Федерации от 29 декабря 2014г. № 458-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 23 декабря 2014 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 25 декабря 2014 г.

## Обзор методик фитотестирования почв, почвенных вытяжек и загрязненных вод

**Яшкина А. А.** (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет", кафедра экологии и защиты окружающей среды, e-mail: anna\_yashkina@mail.ru)

**Аннотация.** В приведенной работе рассматриваются способы биотестирования почв, почвенных вытяжек и загрязненных вод с помощью растительных тест-объектов. Рассмотрены основные этапы проведения фитотоксикологических испытаний. Предложены для проведения фитотестирования пластиковые контейнеры для вертикального размещения проростков испытываемых растений.

**Abstract.** Methods of soils, soil extracts and waters biotesting with plant test-objects are considered in this paper. Main stages of ecotoxicological investigations are examined. Plastic containers for vertical placement of experimental seedlings were proposed for phytotesting.

**Ключевые слова:** почва, почвенная вытяжка, вода, фитотестирование, тест-объекты.

**Key words:** soil, soil extract, water, phytotesting, test-object.

В настоящее время для экотоксикологической оценки почв и вод для определения степени концентрации загрязняющих веществ все чаще применяют биологические методы, основанные на реакции живых организмов на загрязнение. Фитотестирование как способ токсикологической оценки используется в природоохранной сфере для оценки экологического качества природных сред. Особую актуальность в экологическом контроле приобретают лабораторные методы фитотестирования, как наиболее экспрессные и экономичные.

Фитотоксичность определяется как способность среды оказывать угнетающее действие на растения, приводящее к нарушению физиологических процессов – роста и развития корней и надземной части растения.

В токсикологическом анализе вод с применением тест-растений, а именно зеленых водорослей, чаще всего используют хлореллу (*Chlorella vulgaris* Beijer). Согласно ПНД Ф Т 14.1:2:4.10-2004 [7] для исследования фитотоксичности почв применяют почвенные вытяжки, а загрязненные или сточные воды при необходимости разбавляют. Для биотестирования используют альгологически чистую культуру зеленых водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer, находящуюся в экспоненциальной стадии роста (через одни сутки после пере-

сева в культиватор КВ-05). Для поддержания экспоненциальной стадии роста водорослей пересев осуществляется ежедневно. Ростовые характеристики культуры водоросли хлорелла определяются в многокюветном культиваторе КВМ-05. Результаты токсикологического эксперимента определяются через 22 часа после начала культивирования. О степени острого токсического воздействия тестируемой воды на водоросли судят по разнице величины оптической плотности тест-культуры в контрольных и опытных вариантах.

Фитотестирование основано на чувствительности высших растений к экзогенному химическому воздействию, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках [3, 5]. Для проведения фитотестирования почв в настоящее время используются различные методики. Существующие методики по фитотестированию можно подразделить на две группы: методики фитотестирования с использованием водных вытяжек (элюатное фитотестирование) из исследуемых почв и методики, основанные на проращивании семян непосредственно в почве (аппликаторное фитотестирование) [2]. Показателем токсичности почвы является степень изменения выбранной тест-функции биоиндикаторного организма при его взаимодействии с исследуемым образцом почвы, либо почвенной вытяжки.

Примером аппликаторного фитотестирования является ГОСТ Р ИСО 22030–2009 "Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений" [4]. Данный метод рекомендует использовать два вида растений: редьку масличную (*Brassica rapa*) и овес (*Avena sativa*). Продолжительность опыта должна соответствовать срокам достижения контрольных точек при определении способности тест-растений к размножению (сначала двухнедельный период, затем ещё три-четыре недели для достижения репродуктивного потенциала).

В качестве подходящих испытательных сосудов для проведения фитотеста являются, по данной методике, пластиковые стаканы (рисунок 1), вмещающие в себя 400 г почвы при поверхности почвы 73,5 см<sup>2</sup>, сосуды должны быть снабжены фитилями из стекловолокна для осуществления увлажнения почвы.

В ходе проведения испытания растения прорежают, поливают (если фитильный полив неэффективен), перемещают сосуды (для предотвращения влияния неравномерного освещения), опыляют. Контрольными точками яв-

ляются появления всходов, сбор растений на 14-й день, окончательный сбор растений.

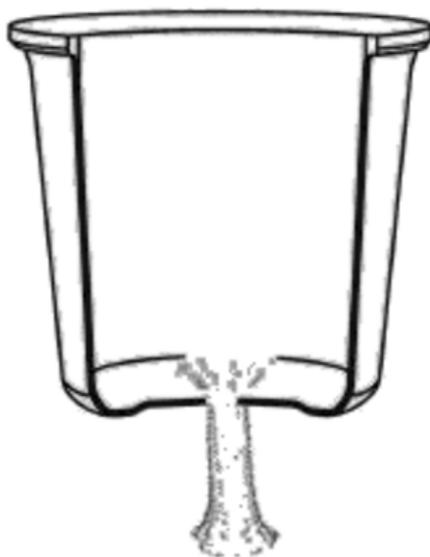


Рисунок 1 – Пример испытательного сосуда с фитилем

Наиболее распространенным вариантом лабораторного фитотестирования является проращивание семян в чашках Петри. Примером могут служить Методические рекомендации МР 2.1.7.297-07 "Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности" [6]. Данный фитотест основан на способности семян адекватно реагировать на экзогенное химическое воздействие путем изменения интенсивности прорастания корней, что позволяет длину последних принять за показатель тест-функции. Критерием вредного действия считается ингибирование роста корней семян.

Настоящая методика рекомендует проводить фитотестирование отходов, используя в качестве модельного тест-растения семена овса, которые по итогам предварительных исследований по эколого-гигиенической оценке отходов производства и потребления различного химического состава давали наиболее стабильные и воспроизводимые данные по сравнению с семенами других культур (горох, огурцы, пшеница, морковь и др.).

Фитотоксичность оценивается по биологическому действию водного экстракта. Исходя из принципа экстремальности, исследования проводятся в условиях прямого контакта тест-растения с экстрактом, а также его разведениями. Проращивание семян осуществляется в чашках Петри с фильтровальной бумагой (рисунок 2), куда вносится водный экстракт.

При определении процента всхожести субстратом для проращивания семян служит дистиллированная вода, которая вносится на фильтр в объеме 5 мл. Закрытые чашки термостатируются при 20–23 °С в течение 3 суток, после чего подсчитывается процентная доля проросших семян.

В опытные чашки вносят по 5 мл экстракта или его разведений, контрольные семена обрабатываются адекватным количеством дистиллированной воды. Все образцы помещаются в термостат на 7 суток. По истечении срока экспозиции измеряют длину корней проростков в контрольных и опытных пробах, причем объектом измерения у каждого семени является корень максимальной длины.

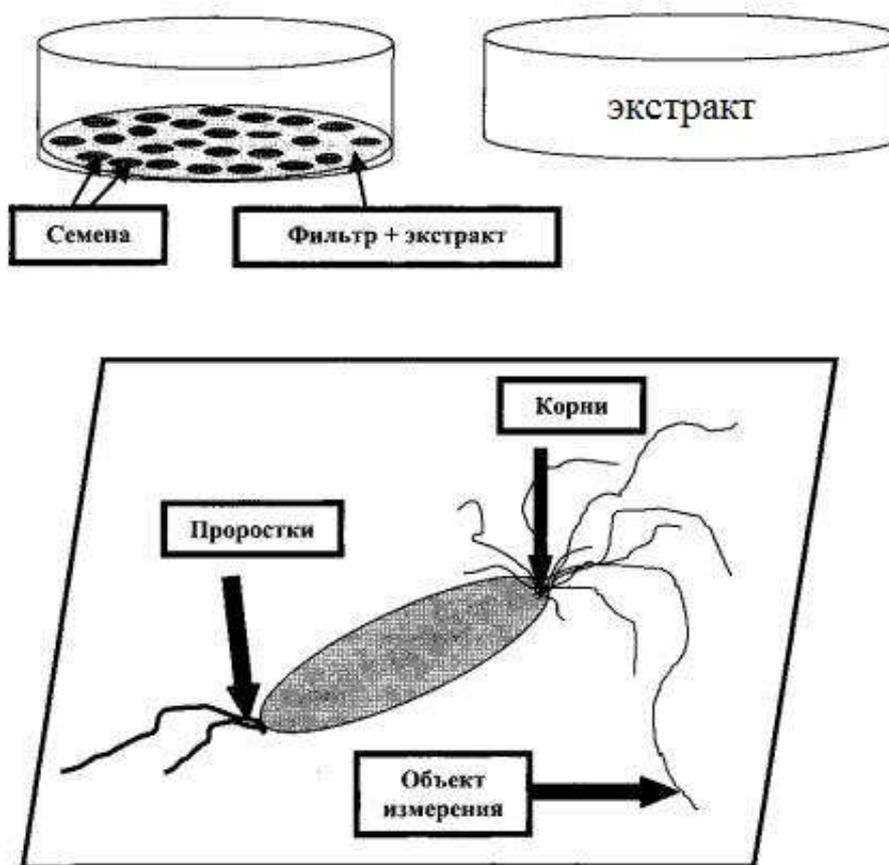


Рисунок 2 – Схема проращивания в чашках Петри

Для повышения экспрессности фитотеста предлагается использовать прозрачные планшеты, которые экспонируются вертикально. Проросшие семена в них развиваются в определенном смысле в "двухмерном пространстве", и для измерения длины проростков не требуется вскрытие камер и использование традиционной линейки [5]. Подобные контейнеры (размером 18 x 12 см) предложены бельгийскими учеными (рисунок 3) [1] и сотруд-

никами Международного учебно-научного биотехнологического центра МГУ имени М. В. Ломоносова [5].



Рисунок 3 – Пластиковый контейнер (18x12 см) с проростками.

В данной статье предлагается для проведения аналогичного "вертикального" фитотестирования контейнеры, представляющие собой боксы для электронных оптических компакт дисков (рисунок 4). К достоинствам данного способа следует отнести простоту получения изображений, фиксирующих рост исследуемых тест-культур, легкость дальнейшей обработки изображений для получения необходимых данных для оценки исследуемых почв и почвенных вытяжек.



Рисунок 4 – Пластиковый контейнер и семена овса и редиса

Исследуемые семена растений помещаются в подготовленные контейнеры, где находится увлажненная почва либо увлажненный почвенной вытяжкой впитывающий материал. Процесс роста тест-культур легко фиксируется при помощи сканирования контейнеров на МФУ (принтер-сканер-копир). Обработка полученных изображений и получение данных о длине корней и побегов происходила в программе AutoCAD.

В качестве показателей фитотеста принимаются:

- энергия проращивания (через 3 дня);
- всхожесть семян;
- длина корней;
- высота надземной части побега;
- масса надземной части побега.

Все указанные выше показатели достаточно легко фиксируются в процессе наблюдения за ростом растений. Сроки экспозиции: 5 дней для вытяжки, 7–9 дней для почвы.

В заключении стоит отметить, что все выше описанные методы достаточно легко позволяют провести фитотестирование исследуемых сред. В зависимости от оснащения лаборатории и необходимой точности результатов подобрать подходящую методику не составит труда.

### **Библиографический список**

1. Persoone, G. Recent new microbiotests for cost-effective toxicity monitoring : the Rapidtoxkit and the Phytotoxkit / G. Persoone // 12th International Symposium on Toxicity Assessment – Book of Abstracts, 2005. – p. 112.

2. Бакина, Л. Г. К методике фитотестирования техногенно загрязненных почв и грунтов / Л. Г. Бакина [и др.] // Мат. междунар. конф. "Экологические проблемы северных регионов и пути их решения". Ч. 1. – Апатиты, 2004. – С. 167–169.

3. Воробейчик, Е. Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем / Е. Л. Воробейчик [и др.]. – Екатеринбург : УИФ "Наука", 1994. – 282 с.

4. ГОСТ Р ИСО 22030–2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений [Электронный ресурс] / <http://vsegost.com/Catalog/48/48851.shtml> (дата обращения 24.03.2016).

5. Лисовицкая, О. В. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения / О. В. Лисовицкая, В. А. Терехова // Доклады по экологическому почвоведению. – 2010. – № 1. – С. 1–18.

6. Методические рекомендации МР 2.1.7.297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности / [Электронный ресурс] / <http://www.gosthelp.ru/text/MR217229707Obosnovaniekla.html> (дата обращения 24.03.2016)

7. ПНД Ф Т 14.1:2:4.10–2004. Методика определения токсичности, питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов производства и потребления по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*) [Электронный ресурс] / [http://eco.sfu-kras.ru/sites/eco.institute.sfu-kras.ru/files/Methodika\\_optich\\_plotnost\\_hlorella\\_1.pdf](http://eco.sfu-kras.ru/sites/eco.institute.sfu-kras.ru/files/Methodika_optich_plotnost_hlorella_1.pdf) (дата обращения 24.03.2016).

*Научное издание*

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**  
МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
(Мурманск, 4–8 апреля 2016 г.)  
Часть 1

Ответственный за выпуск *М. А. Волков*  
Компьютерная верстка *Г. М. Плишко*

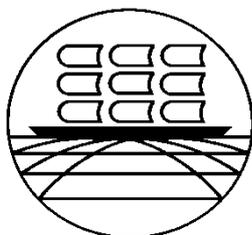
Налоговая льгота – Издания соответствуют коду 58.11.1 ОКПД 2 ОК 034-2014  
(КПЕС 2008)

---

Издательство МГТУ. 183010, Мурманск, Спортивная, 13.  
Сдано в набор 19.10.2016. Подписано в печать 25.11.2016. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бум. типографская. Усл. печ. л. 10,81. Уч.-изд. л. 8,9. Заказ 310. Тираж 100 экз.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"  
ФАКУЛЬТЕТ АРКТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**



## **НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**(Мурманск, 4–8 апреля 2016 г.)**

**Часть 1**

Мурманск  
Издательство МГТУ  
2016

