

Министерство науки и высшего образования РФ  
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Мурманский арктический государственный университет»  
в г. Апатиты

---

# **БУДУЩЕЕ АРКТИКИ НАЧИНАЕТСЯ ЗДЕСЬ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**IV Региональной научно-практической конференции**

**(19-20 апреля 2022 г.)**

---

Апатиты  
2022

УДК 001.891(98)  
ББК 72.5  
Б 90

Редколлегия:  
канд. социол. наук И.В. Вицентий (отв. ред.)

Рецензенты:

доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства, канд. техн. наук, доц. Е.Б. Бекетова («Горное дело и науки о Земле»); доцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий, канд. техн. наук, доц. И.Н. Морозов («Актуальные проблемы физики и инженерных наук: теория и практика»); доцент кафедры информатики и вычислительной техники, канд. техн. наук, С.Н. Малыгина («Теоретические и практические аспекты применения информационных технологий»); доцент кафедры экономики, управления и социологии канд. социол. наук, И.В. Вицентий («Социально-гуманитарные проблемы в современном обществе»); доцент кафедры экономики, управления и социологии, канд. экон. наук, доц. О.В. Савельева («Экономика: современные тенденции и новые вызовы»)

Б 90 Будущее Арктики начинается здесь. Сборник материалов IV Региональной научно-практической конференции / Отв. ред. И.В. Вицентий. — Апатиты: Изд-во филиала МАГУ в г. Апатиты, 2022. — Электронный ресурс.

В сборник материалов конференции вошли избранные материалы, представленные на IV Региональной научно-практической конференции «Будущее Арктики начинается здесь». Сборник включает теоретические и практические разработки по исследованию актуальных вопросов развития арктических территорий, представленных учеными, научно-педагогическими работниками, а также публикации молодых исследователей, делающих первые шаги в научной деятельности.

Материалы публикуются в авторской редакции. Авторы несут персональную ответственность за содержание материалов, точность перевода аннотации, цитирования, библиографической информации.

УДК 001.891(98)  
ББК 72.5

© филиал Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты, 2022

УДК 550.3  
ГРНТИ 37.01.81

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ В ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКЕ ГОР. +40 М НА  
МЕСТОРОЖДЕНИИ ОЛЕНИЙ РУЧЕЙ С ИЮНЯ ПО АВГУСТ 2021 г.**

*К.В. Богданов<sup>1</sup>, Е.Б. Бекетова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Студент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства, филиала МАГУ в г. Апатиты, г. Апатиты, Россия, kiriill197515@mail.ru

<sup>2</sup>Доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства, филиала МАГУ в г. Апатиты, г. Апатиты, Россия, beketova@arcticsu.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние геометрии и размера выработки на пространственное распределение максимальных сжимающих напряжений. Для построения модели напряженно-деформированного состояния на очистную выработку используется программное приложение SigmaGT. Анализ результатов дает представление о результирующем состоянии современного НДС и об особенностях его пространственного распределения, что в свою очередь позволяет перейти к прогнозированию и районированию.

**Ключевые слова:** месторождение Олений ручей, горизонт +40, очистная выработка, напряженно-деформированное состояние, максимальное сжимающее напряжение.

**INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE IN THE BREAKAGE  
HEADING OF THE HORIZON +40 M AT THE OLENIY RUCHEY DEPOSIT  
FROM JUNE TO AUGUST 2021.**

*K. Bogdanov<sup>1</sup>, E. Beketova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Student of the Department of Mining of Earth Sciences and Environmental Engineering Murmansk Arctic State University, Apatity branch, Apatity, Russia, kiriill197515@mail.ru

<sup>2</sup>Associate Professor of the Department of Mining, Earth Sciences and Environmental Engineering Murmansk Arctic State University, Apatity branch, Apatity, Russia, beketova@arcticsu.ru

**Annotation.** The paper considers the influence of the geometry and the size of the workings on the spatial distribution of maximum compressive stresses. A software application SigmaGT is used to build a stress-strain state model for treatment production. The analysis of the results gives an idea of the resulting state of modern SSS and the features of its spatial distribution, which in turn allows us to move on to forecasting and zoning.

**Keywords:** Oleniy Ruchey deposit, horizon +40, breakage heading, stress-strain state, maximum compressive stress.

В настоящее время подземная разработка месторождения Олений ручей ведется на нескольких горизонтах, включая гор. +40 м. Рудное тело месторождения Олений ручей характеризуется залежами сложной формы с образованием многоярусных блочных рудных зон. Основными геомеханическими факторами, определяющими устойчивость выработок, является высокая тектоническая напряженность массива пород и наличие крупных взаимно пересекающихся тектонических нарушений, разделяющих массив на блоки.

Геодинамическая безопасность является одним из важнейших показателей горных работ и требует заблаговременного учета и анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород при разработке апатит-нефелинового месторождения Олений ручей. Одним из эффективных методов прогноза полей напряжений является численное моделирование НДС массива горных пород.

Для оценки распределения сжимающих напряжений на месторождении, в СППГУ используется программное приложение SigmaGT (ПП SigmaGT), разработанное в ГоИ КНЦ РАН. Реализация инструмента базируется на взаимодействии двух программных комплексов – MINEFRAME и SigmaGT [1,2,3]. В ПП SigmaGT реализуется решение задачи теории упругости методом конечных элементов с возможностью моделирования полей напряжений, деформаций и категории состояния выработок. Интерфейс модели позволяет выводить и визуализировать информацию о НДС, а также осуществлять фильтрацию по количественным значениям напряжений и изменение отображаемых параметров. Данные о поле напряжений и состоянии выработок позволяют осуществлять обоснованный выбор наиболее рационального порядка развития работ.

Степень детализации расчетной модели определяется, исходя из характера решаемой задачи и различных условий проведения горных работ, поэтому авторами был построен алгоритм автоматизированной системы управления безопасностью СППГУ. Важным достоинством применения ПП SigmaGT является возможность модификации алгоритма для горного инженера и геофизика. Различные варианты схем, режимов и положений выработки задаются набором исходных данных и заменой некоторых операторов.

По данным наблюдений СППГУ методом прогноза удароопасности на рудниках АО «Апатит» и АО «СЗФК» с 30.06. по 15.08.2021 г. построены пять конечно-элементных моделей распределения НДС в окрестности очистных работ при различных вариантах их развития: четыре текущих и одна результирующая. Для построения моделей были использованы сведения о привязанном месте проявления горного давления и его интенсивности.

Для учета и анализа НДС горных пород была взята ранее построенная модель на 10 июня 2021 г. (рис. 1). Места концентрации и интенсивности горного давления изображены в виде оконтуренных зон с градиционной окраской, площадь очистного пространства показана белым цветом. Для визуализации направления действия НДС были построены векторные диаграммы.

## ГОРНОЕ ДЕЛО И НАУКИ О ЗЕМЛЕ

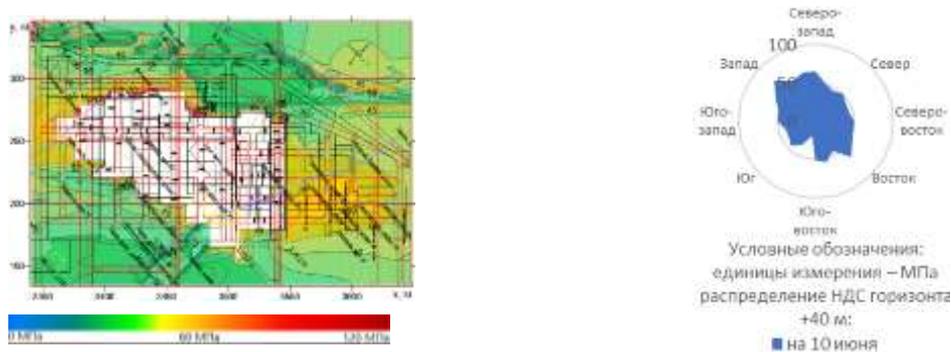


Рисунок 1 – Исходная модель напряженного состояния массива горных пород горизонта +40 м на 10.06.21 г. (до исследования)

Данная модель показывает, что 10 июня вокруг очистной выработки выделяются концентрации максимальных напряжений (зона опорного давления) на западе, северо-западе и востоке от очистных пространств.

Роза ветров хорошо демонстрирует, что на границах очистных пространств максимальные сжимающие напряжения достигают 60-75 МПа (примерно в 1.5-2 раза превышает первоначальные значения). На юго-востоке наблюдаются значения около 20 МПа (зона разгрузки). По остальным направлениям значения варьируется от 35 до 50 МПа.

С 30 июня по 31 июля в окрестности горной выработки максимальная концентрация напряжений наблюдаются на контуре, и быстро затухает вглубь массива, происходит трансформация напряженного состояния массива (рис. 2): на северо-западе, вследствие увеличения площади очистных пространств на западе произошел переход зоны опорного давления к зоне разгрузки. На севере, северо-востоке и юго-востоке появляются зоны влияния опорного давления.

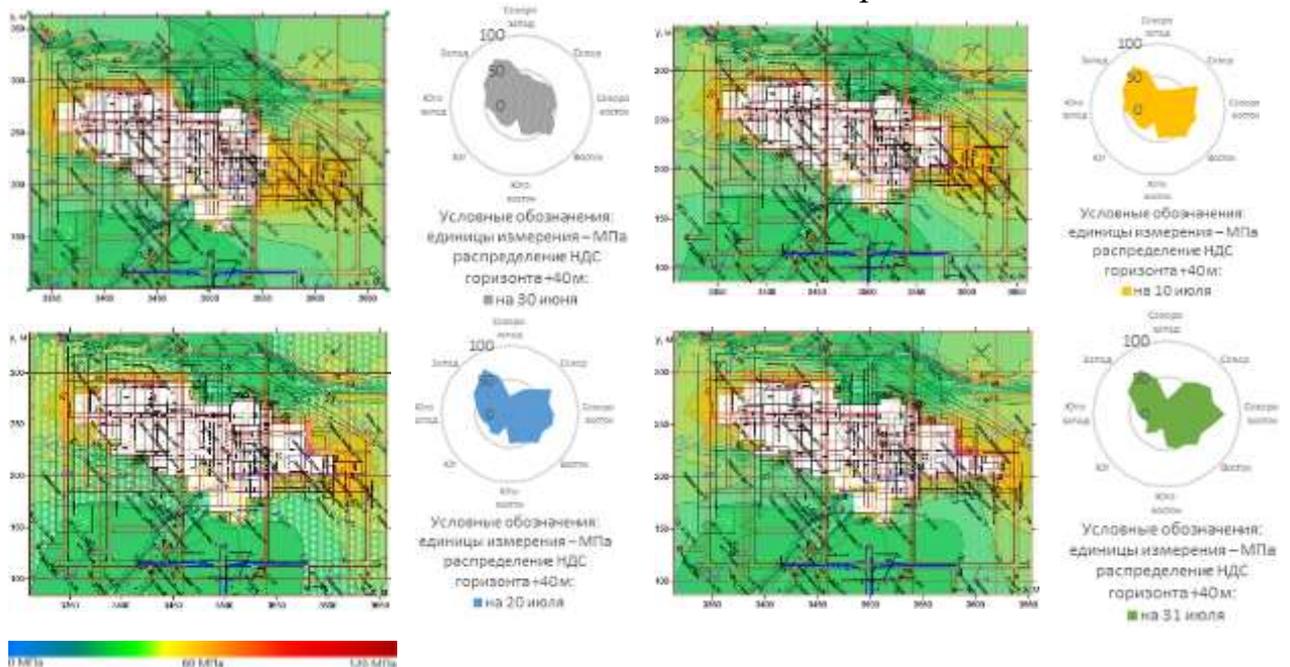


Рисунок 2 – Модели напряженного состояния массива горных пород горизонта +40 м с 30.06.21 г. по 31.07.21 г.

Границы очистной выработки все время перемещаются в пространстве, в динамический процесс вовлекаются новые области приконтурной зоны, претерпевая изменения состояния и постепенно переходя из одной зоны в другую. Возможно, что вокруг выработки образуются области разрушения пород, деформирование охватывает значительную часть контура или весь контур выработки, в том числе и вокруг ранее пройденной.

Исследование последней модели (рис.3) показывает, что с 31 июля по 15 августа при увеличении площади очистных пространств значительных изменений распределения максимальных напряжений не произошло. Конечно, на изменение НДС оказывают влияние геометрия и размер выработки, ориентация элементов выработки и т.д., однако последняя модель показывает, что динамика таких систем не предполагает однозначной предсказуемости.

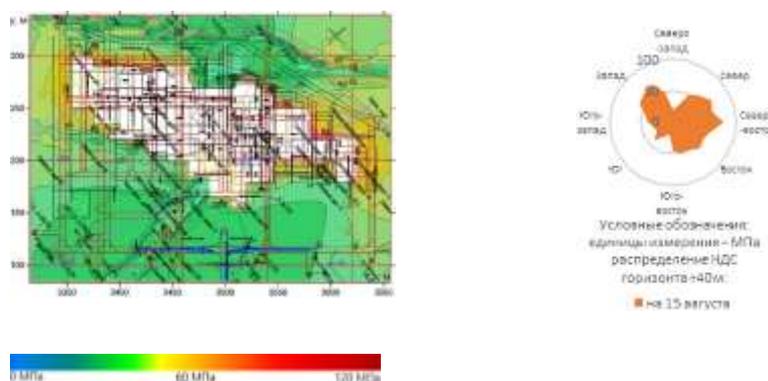


Рисунок 3 – Модель напряженного состояния массива горных пород горизонта +40 м на 15.08.21 г.

### Список литературы

1. Наговицын, О.В. Концепция и методы формирования горно-геологической информационной системы (ГГИС MINEFRAME): дис. д-ра. техн. наук: 25.00.35: защищена 26.12.18/ Наговицын Олег Владимирович. – Апатиты, 2018. – 339 с.
2. Визуализация и анализ сейсмической активности с использованием системы MINEFRAME. Компьютерные технологии при проектировании и планировании горных работ // Сборник трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, 23-26 сентября 2008 г. – Апатиты; СПб.: Реноме, 2009. – 328 с.
3. Лукичев, С.В. Автоматизированная система MineFrame 3.0. / С.В.Лукичев, О.В. Наговицын // Горная промышленность – 2005. – №6. – С. 32-35.

УДК 551.467  
ГРНТИ 37.25.29

## ЛЕДОВИТОСТЬ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И МЕТОД ЕЁ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА В ЗИМНИЙ СЕЗОН

*Е.С. Егорова*

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
г. Санкт-Петербург, Россия, egorova@aari.ru

**Аннотация.** В работе представлены промежуточные результаты по разработке метода долгосрочного прогноза ледовитости в юго-восточном районе Баренцева моря с заблаговременностью 1 месяц для месяцев с февраля по апрель. В основе метода лежит физико-статистический подход как один из наиболее эффективных способов описания изменений площади морского льда. Актуальность разработки метода обусловлена необходимостью обеспечения безопасности мореплавания и эффективной производственно-хозяйственной деятельности на исследуемой акватории в течение зимнего сезона.

**Ключевые слова:** юго-восточная часть Баренцева моря, морской лёд, ледовитость, долгосрочный прогноз, физико-статистические уравнения, множественная регрессия.

## ICE COVER IN THE SOUTH-EASTERN BARENTS SEA AND ITS LONG- TIME FORECAST METHOD FOR WINTER SEASON

*E.S. Egorova*

Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia, egorova@aari.ru

**Abstract.** The paper deals with the provisional results of the ice cover long-term forecast development with monthly prediction interval in south-eastern Barents Sea for the months from February to April. The method is based on the physical-statistical approach as one of the most effective way to describe the changes in the sea ice extent. The relevance of developing the method is due to the need for the safety of navigation and efficient production and economic activities in the study area during the winter season.

**Key words:** south-eastern Barents Sea, sea ice, ice cover, long-term forecast, physical-statistical equations, multiple regression.

*Актуальность.* Для проведения экономически эффективных и безопасных морских операций на акваториях арктических морей Российской Федерации необходим соответствующий уровень гидрометеорологического и ледового обеспечения. Важность изучения юго-восточной части Баренцева моря

определяется ведением активной хозяйственной деятельности в этом регионе. Она связана, прежде всего, с добычей углеводородов и освоением их новых месторождений в шельфовой зоне, а также с судоходством и рыбным промыслом. Задача получения качественного долгосрочного прогноза основных элементов ледового режима юго-восточного района Баренцева моря, включая его ледовитость, является актуальной для обеспечения безопасности судоходства и ведения производственно-хозяйственной деятельности в зимний сезон.

*Средние ледовые условия исследуемой акватории в сезонном цикле.* Юго-восточный район, наименьший по площади среди остальных районов Баренцева моря, практически полностью очищается ото льдов в летние месяцы (август-сентябрь), и ледообразование обычно происходит в конце октября – начале ноября при отсутствии остаточных льдов. В ноябре и декабре на акватории наблюдаются исключительно начальные и молодые льды. Однолетние тонкие льды здесь появляются в январе. Сезонный максимум ледяного покрова в юго-восточном районе моря наступает в марте-апреле, а процесс таяния и разрушения ледяного покрова отчётливо проявляется в мае [1].

Ледовитостью принято считать отношение площади, занятой льдом любой сплочённости, к общей площади моря или его части (выражается в %). В данном исследовании оценки ледовитости приведены к площади юго-восточного района Баренцева моря (252,8 тыс. км<sup>2</sup>). Так, среднемноголетняя ледовитость (1928–2021 гг.) февраля составляет 60 %, марта – 65 %, и апреля – 63%. Это месяцы максимального развития ледяного покрова за вековую историю наблюдений за площадью морского льда на акватории Баренцева моря.

Здесь следует отметить, что с 1928 г. юго-восточный район Баренцева моря практически полностью покрывался льдом только в 1979 г. – тогда ледовитость с февраля по май достигала рекордных 99 %. В ледовом сезоне 1998/1999 гг. на акватории также наблюдались экстремально большие значения ледовитости в зимние месяцы, от 97 % в феврале до 88 % в апреле, ввиду затока значительного количества однолетних толстых льдов из Карского моря [2]. Эти пики сезонных изменений площади ледяного покрова будут отражены физико-статистическими моделями, представленными ниже.

*Исходные данные и материалы.* Разработанный автором метод прогноза основан на физико-статистическом подходе. Он является одним из наиболее эффективных средств описания сезонных и межгодовых изменений ледовитости с возможностью её дальнейшего долгосрочного прогнозирования. В качестве предикторов используются различные гидрометеорологические характеристики, прямо или косвенно влияющие на площадь ледяного покрова в юго-восточной части Баренцева моря.

В исследовании использовались среднемесячные данные по ледовитости в юго-восточном районе Баренцева моря в период с 1928 по 2021 гг. Для прогноза были выбраны месяцы февраль, март и апрель. База данных потенциальных предикторов была составлена на основе данных по среднемесячной температуре

воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) [3] и данных по среднемесячному атмосферному давлению на уровне моря (гПа) [4] действующих полярных станций Баренцева моря: Малые Кармакулы, Колгуев Северный, Индига, Мыс Константиновский, Баренцбург, Вайда-Губа и Канин Нос. На их основе были рассчитаны суммы градусодней мороза ( $^{\circ}\text{C}$ ), накопленные с начала ледового сезона (т.е. с октября) до месяца, предшествующего прогнозируемому, для каждой станции; а также градиенты атмосферного давления между станциями (гПа), показывающие направление и интенсивность воздушных переносов в юго-восточной части Баренцева моря. Ряды данных по среднемесячной температуре воздуха на полярных станциях Баренцева моря имеют период, соизмеримый с периодом наблюдения за ледовитостью в юго-восточном районе (например, для станций Малые Кармакулы и Баренцбург данные доступны с 1928 г., для станции Индига – с 1923 г., для станции Колгуев Северный – с 1933 г. и т.д.). Однако на большинстве рассматриваемых станций регулярные наблюдения за атмосферным давлением ведутся только с 1966 г., следовательно, ряды данных начинаются с 1966 г. Поэтому конечная база данных будет ограничена периодом 1966–2021 гг. Таким образом, длина выборки для проведения мультирегрессионного анализа составляет 56 лет.

*Результаты.* Путём перебора потенциальных предикторов прогноза и выбора значимых было установлено, что для информативного описания изменений ледовитости в юго-восточной части Баренцева моря в течение зимнего сезона достаточно трёх предикторов в физико-статистической модели. В Таблице приведены уравнения долгосрочного прогноза ледовитости исследуемой акватории для февраля, марта и апреля. Коэффициенты корреляции **R**, качественные статистические характеристики полученных уравнений, составляют более 0,70, что является удовлетворительным для прогноза заблаговременностью 1 месяц. Величины обеспеченности **P** (%) и эффективности **Э** (%) предлагаемых методов долгосрочного прогноза (при допустимой ошибке стандартного отклонения 0,8 $\sigma$ ), согласно [5], показывают целесообразность их применения для практических целей.

Среди значимых факторов, определяющих изменения ледовитости юго-восточного района Баренцева моря в зимние месяцы, выделяются следующие: предыстория ледовитости; температура воздуха на полярной станции Малые Кармакулы за предшествующие месяцы; интенсивность воздушных переносов, выраженная абсолютными величинами атмосферного давления на полярных станциях Колгуев Северный и Малые Кармакулы за предыдущие месяцы.

В феврале (уравнение 1 Таблицы) доминирующим фактором является средняя температура воздуха на полярной станции Малые Кармакулы в январе – она описывает 47 % изменений ледовитости района. На долю остальных предикторов приходится от 20 % до 33 %. В марте и апреле ледовитость исследуемой акватории в большей степени определяется её предысторией: вклад оценивается в 52 % и 56 % соответственно для предикторов средней

## ГОРНОЕ ДЕЛО И НАУКИ О ЗЕМЛЕ

ледовитости в январе-феврале (уравнение 2) и средней ледовитости в марте (уравнение 3). Другие предикторы описывают от 13 % до 36 % изменений ледовитости в марте и от 12 % до 32 % в апреле.

Таблица -Физико-статистические уравнения долгосрочного прогноза ледовитости в юго-восточной части Баренцева моря с заблаговременностью 1 месяц для месяцев февраль-апрель

Физико-статистическое уравнение		R	P (%)	Э (%)
<i>Февраль</i>				
(1)	$L_{II} = 0,5L_{XII-I} - 1,7T_a^{MK}_I + 0,5P_I^{KC} - 523,1$	0,79	81	23
<i>Март</i>				
(2)	$L_{III} = 0,5L_{I-II} - 1,3T_a^{MK}_{II} + 0,4P_{II}^{MK} - 412,8$	0,82	84	26
<i>Апрель</i>				
(3)	$L_{IV} = 0,5L_{III} - 2,2T_a^{MK}_{I-III} + 0,5P_{III}^{MK} - 565,5$	0,80	82	24

**Примечание:**  $L_k$  и  $L_{i-}$  — средняя ледовитость юго-восточной части Баренцева моря, где — месяц осреднения и — это период осреднения за два месяца;  $T_a M_i$  — средняя температура воздуха на полярной станции Малые Кармакулы для -месяца;  $P_{ki}$  — среднее атмосферное давление на уровне полярной станции Колгуев Северный для -месяца;  $P_{kM}$  — среднее атмосферное давление на уровне полярной станции Малые Кармакулы для -месяца.

### Список литературы

1. Миронов, Е.У. Ледовые условия в Гренландском и Баренцевом морях и их долгосрочный прогноз / Е.У. Миронов. — СПб.: ААНИИ, 2004. — 319 с.
2. Тюряков, А.Б. и др. Гидрометеорологические условия появления двухлетнего льда в юго-восточной части Баренцева моря / А.Б. Тюряков, И.А. Ильющенко, Е.С. Егорова // Тезисы докладов международной научной конференции «Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики». — СПб.: ГНЦ РФ ААНИИ, 2020. — С. 306–309.
3. Булыгина, О.Н. и др. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России / О.Н.Булыгина, В.Н. Разуваев, Л.Т. Трофименко, Н.В. Швец. — Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. — URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature> (дата обращения: 18.03.2022).
4. Булыгина, О.Н. и др. Описание массива данных среднемесячног давления воздуха на станциях России / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Л.Т. Трофименко, Н.В. Швец. — Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620330. — URL: <http://meteo.ru/data/159-atmospheric-pressure>(дата обращения: 21.03.2022).
5. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, Часть III. Служба морских гидрологических прогнозов: РД.52.27.759-2011: — утв. руководителем Росгидромета А.В. Фроловым: введ. в действие 01.03.2012. — М.: ТРИАДА ЛТД, 2011. — 189 с.

УДК 622.691.4  
ГРНТИ 73.39.31

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУЖЕНИЯ  
ДИАМЕТРА ГАЗОПРОВОДА НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ  
ПАРАМЕТРЫ ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ГАЗА**

*Б.А. Коротаев<sup>1</sup>, М.В. Субботина<sup>2</sup>, Е.С. Никифорова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>МГТУ, г. Мурманск, Россия, korotaevba@mstu.edu.ru

<sup>2</sup>МГТУ, г. Мурманск, Россия, subbotinamv2@mstu.edu.ru

<sup>3</sup>МГТУ, г. Мурманск, Россия, nikiforovaes@mstu.edu.ru

**Аннотация.** При эксплуатации объектов газопроводов возникает необходимость проведения технологических расчетов для прогнозирования осложнений. Основными расчетными термобарическими параметрами являются распределение давления, плотности, вязкости и температуры по длине магистрального трубопровода, зависящие от: рельефа местности, сужения проходного сечения трубопровода из-за образования газогидратов, а также от вариации температуры окружающей среды по трассе трубопровода и компонентного состава транспортируемого газа. В работе произведено моделирование ситуации уменьшения площади сечения трубопровода под внешним или внутренним воздействием на сечение трубопровода на заданном участке.

**Ключевые слова:** Термодинамические параметры, газопровод, изменение конфигурации газопровода, природный газ, многокомпонентные системы.

**MATHEMATICAL MODELING OF INFLUENCE OF GAS PIPELINE  
DIAMETER NARROWING ON THERMODYNAMIC PARAMETERS OF  
TRANSPORTED GAS**

*B.A. Korotaev<sup>1</sup>, M.V. Subbotina<sup>2</sup>, E.S. Nikiforova<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>MSTU, Murmansk, Russia, korotaevba@mstu.edu.ru

<sup>2</sup>MSTU, Murmansk, Russia, subbotinamv2@mstu.edu.ru

<sup>3</sup>MSTU, Murmansk, Russia, nikiforovaes@mstu.edu.ru

**Abstract:** During the operation of gas pipeline facilities, it becomes necessary to carry out technological calculations to predict complications. The main calculated thermobaric parameters are the distribution of pressure, density, viscosity and temperature along the length of the main pipeline, depending on: the terrain, on the narrowing of the pipeline flow area due to the formation of gas hydrates, as well as on the variation in ambient temperature along the pipeline route and the component composition of the transported gas. The paper simulates the situation of reducing the cross-sectional area of the pipeline under external or internal influence on the cross-section of the pipeline in a given section.

**Keywords:** Thermodynamic parameters, gas pipeline, changing the configuration of a gas pipeline, natural gas, multicomponent systems.

**Расчетная модель.** Одной из основных причин, приводящих к сужению проходного сечения газопровода, таких как образование вмятин, является внешнее воздействие, например, нагрузки при проведении ремонтных и других работ вблизи газопровода, наезды тяжелого транспорта, оползни, землетрясения, взрывы [5]. Кроме того, морские трубопроводы подвержены воздействию на них движущимися стамухами. Помимо уменьшения внутреннего диаметра у наименее защищенных от внешних нагрузок участков газопровода может произойти утечка газа. Поэтому, также рассмотрим график обнаружения утечки газа из трубопровода по профилю давления, который изложен в [6].

Для расчета термобарических параметров и анализа влияния осложнений рассмотрим рельеф местности, по которому проложен газопровод в пределах двух компрессорных станций, рис.1.

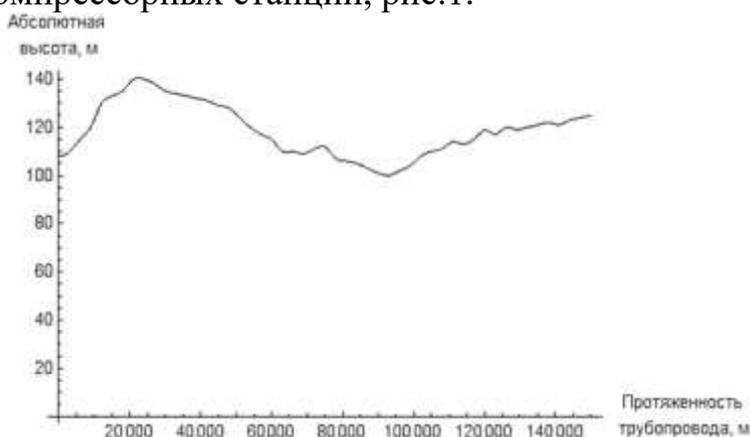


Рисунок 1. – Фрагмент трассы магистрального газопровода

Для моделирования ситуации влияния сужения проходного сечения на термодинамические параметры газа рассмотрим стандартную модель расчета распределения давления по длине газопровода приведенную в [1]:

$$\frac{dP}{dx} = -\frac{dp}{dx} - \rho \cdot g \cdot \frac{dH}{dx} - \lambda \frac{\rho \cdot v^2}{2D_{int}}, \quad 1)$$

где  $P$ –давление газа, Па;  $x$ –продольная координата, м;  $\rho$ –плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;  $g$ –ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $H$ –высота, м;  $D_{int}$ –внутренний диаметр трубопровода, м;  $\lambda$ –коэффициент гидравлического сопротивления, безразмерная величина;  $v$ –скорость газа, м/с;  $\frac{dP}{dx}$ –градиент давления в начальной точке газопровода, Па/м.

Примем следующую модель распределения температуры газа по длине газопровода, учитывающую эффект Джоуля–Томпсона и теплообмен смеси газов и окружающей среды через стенку трубопровода [1-6]:

$$\frac{dT}{dx} = D_i \frac{dp}{dx} - \frac{g}{c_{gas}} \frac{dH}{dx} - \frac{2\pi(T_{env} - T)}{K_{ins} c_{gas} G}, \quad (2)$$

где  $D_i(P,T)$ –коэффициент Джоуля–Томпсона, К/МПа;  $c_{gas}(P,T)$ –коэффициент изобарной удельной теплоемкости газа, Дж/(кг·К);  $T_{env}$ –температура окружающей среды, К;  $K_{ins}$ –коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $G$ –массовый расход газа, кг/с;  $T$ –температура газа.

Граничные условия заданы в начале газопровода [1]:

$$P(max) = 7.2 \text{ МПа}; T(max) = 22^\circ \text{C}$$

Граничные условия можно задавать в начале или конце газопровода.

Исходные данные для расчета термодинамических параметров газа были взяты на основе природного газа, транспортируемого по м/г ООО «Газпром трансгаз Ухта»:

$\rho_0 = 0.78 \text{ кг/м}^3$ ;  $G = 919.5 \text{ кг/с}$ ;  $D_{int} = 1.388 \text{ м}$ ; внутренний диаметр при сужении = 1.079 м; длина участка сужения = 8 км.

Остальные необходимые параметры были рассчитаны как функции от давления и температуры.

**Результаты расчета термодинамических параметров газа.** Рассчитаем, и, для наглядного сопоставления, приведем графики распределения температуры, теплоемкости, плотности и давления газа по длине газопровода с номинальным диаметром (А) и участком уменьшенного проходного сечения (Б) (рис.2, рис.3, рис.4, рис.5). Также приведем совмещенный график распределения давления по длине газопровода без осложнения (то есть, с номинальным диаметром) и с утечкой газа (рис. 5), который рассчитан по методу изложенному в [6].

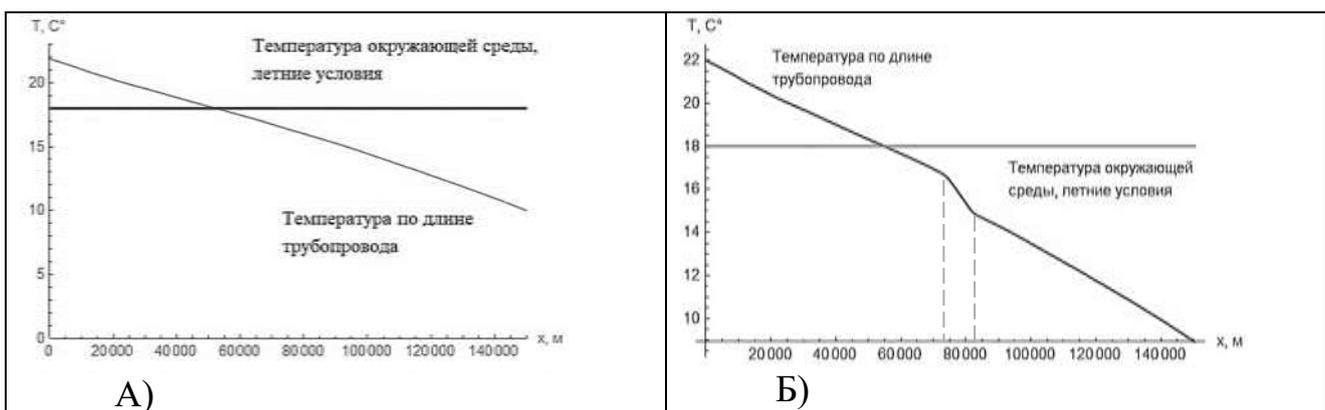


Рисунок 2. – Совмещенный график распределения температур: А – газопровод с номинальным диаметром, Б – газопровод с участком уменьшенного проходного сечения

Сравнив графики на рис.2, видим, что из-за уменьшения сечения в месте сужения происходит уменьшение температуры вследствие падения давления.

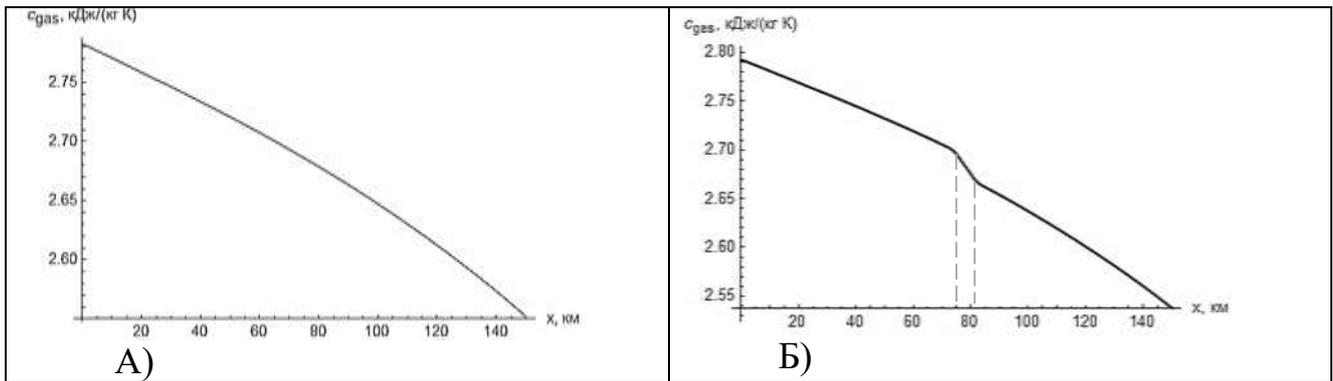


Рисунок 3. – Совмещенный график распределения теплоемкости газа: А – газопровод с номинальным диаметром, Б – газопровод с участком уменьшенного проходного сечения

На рис.3 (Б) уменьшение сечения приводит к падению удельной теплоемкости.

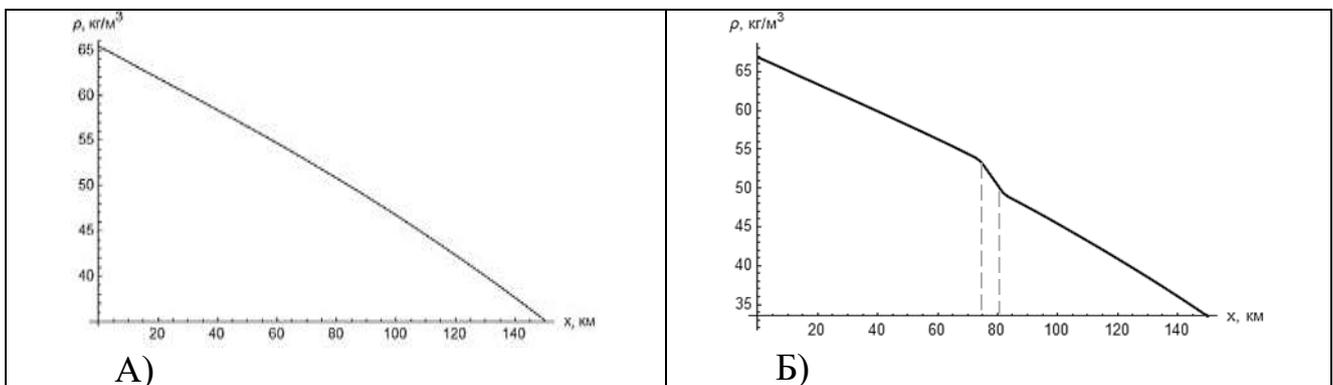


Рисунок 4. – Совмещенный график распределения плотности газа: А – газопровод с номинальным диаметром, Б – газопровод с участком уменьшенного проходного сечения

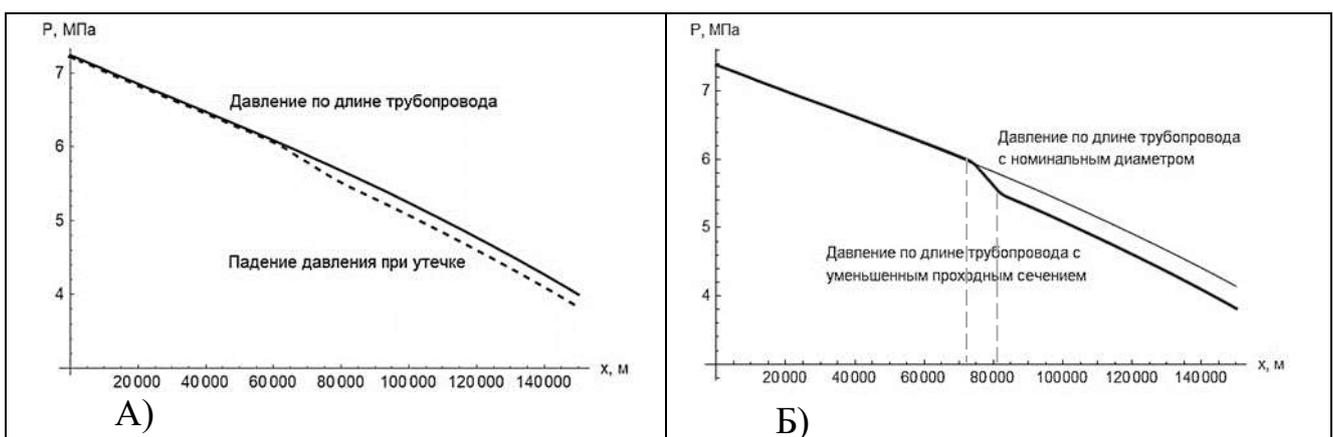


Рисунок 5. – Совмещенный график распределения давления с осложнениями: А – газопровод с номинальным диаметром, Б – газопровод с участком уменьшенного проходного сечения

На рис.5 (А) приведен пример обнаружения места утечки газа из газопровода. Место утечки указывается там, где давления начинают расходиться [6]. На рис.5(Б) показано падение давления в месте сужения трубы.

**Вывод.** Рассмотренные способы моделирования осложнений, происходящих во время транспортировки газов, позволяют определять постоянные газа и термодинамические параметры газа, которые желательно определять еще на стадии проектирования, если воспользоваться инвариантами.

Следовательно, такие осложнения, как уменьшение диаметра газопровода и утечка газа, происходящие в трубопроводе, приводят к изменению термодинамических параметров транспортируемого газа.

#### Список литературы

1. Трубопроводный транспорт нефти и газа : учебник / Р.А.Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров[и др.]. – Москва : Изд-во Недр, 1988 – 368 с.

2. Агапкин, В. М. Справочное руководство по расчетам трубопроводов : учебное пособие / В.М.Агапкин, С.Н. Борисов, Б.Л. Кривошеин. – Москва : Недр, 1987. –191 с.

3. Коротаев, Б.А. Анализ влияния рельефа местности на термобарические параметры транспортируемого по магистральному трубопроводу газа / Б.А.Коротаев, А.А. Телепнева, Е.С. Ключенкова // Газовая промышленность. – 2020. - №2. – С. 42-47.

4. Коротаев, Б.А. Анализ возможности моделирования осложнений во время транспортировки газа с морских месторождений / Б.А.Коротаев, В.В.Алексеева, Е.С. Ключенкова. // Известия высших учебных заведений Арктического региона. – 2020. - №1. – С. 20-25.

5. Аварийно-восстановительный ремонт магистральных нефтепроводов : учебное пособие / А.Г. Гумеров, Х.А. Азметов, Р.С. Гумеров, М.Г. Векштейн. – Москва: Недр, 1998. – 271 с.

6. Чупин, В. Р. Методы обнаружения утечек газа из магистральных трубопроводов / В. Р. Чупин, Е. В. Гаськов, Д. И. Майзель. // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2012. – №. 2 (3). – С. 43-46.

**УДК 551.24.01**

**ГРНТИ 38.17.27**

## **О ПРИРОДЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

***В.А. Лыткин***

доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства филиала МАГУ  
в г. Апатиты, г. Апатиты, Россия, lytkin.v1t@yandex.ru

**Аннотация.** Вопрос о происхождении напряжений сжатия в породных массивах Кольского полуострова на сегодняшний день снят с повестки дня. Природа НДС пород трактуется только с процессами спрединга САХ на его северном участке в районе котловины Нансена (хребет Гаккеля).

**Ключевые слова:** террейн, напряжения сжатия, ось спрединга, хребет, массив.

**ON THE NATURE OF THE STRESSED STATE OF ROCK MASSIFS AT THE MINING ENTERPRISES OF THE KOLA PENINSULA**

*V.A. Lytki*

Associate Professor of the Department of Mining, Earth Sciences and Environmental Engineering  
Murmansk Arctic State University, Apatity branch, Apatity, Russia, lytkin.v1t@yandex.ru

**Abstract.** The question of the origin of compression stresses in the rock massifs of the Kola Peninsula has been removed from the agenda today. The nature of the VAT rocks is interpreted only with the processes of spreading of the CAX in its northern section in the area of the Nansen basin (Gakkel ridge).

**Keywords:** terrain, compression stresses, spreading axis, ridge, array.

Общеизвестно, что в процессе добычи различных полезных ископаемых горнодобывающие предприятия региона регулярно сталкиваются с динамическими проявлениями горного давления. Наиболее часто при ведении добычных работ на рудниках происходят горные удары и техногенные землетрясения. И ученые, и горные инженеры, бесспорно, связывают эти динамические проявления с проведением горных работ и напряженно-деформированным состоянием (НДС) геологической среды, вмещающей добываемые рудные тела.

Так, на Хибинском щелочном массиве, где ОАО «Апатит» добывает апатит-нефелиновые руды, наиболее мощные сейсмические события под землей с магнитудой  $M=2-5$  и энергией  $10^7-10^{12}$  Дж были зафиксированы в конце 80-х годов прошлого века. Эти события привели к разрушению горных пород на контуре очистных выработок и сопровождалась деформированием крепи, рельсовых путей, падением заколов, обрушением целиков и даже повреждением зданий и сооружений на поверхности.

До этих событий и в последующие годы, здесь проводились научно-исследовательские работы, которые показали, что изучаемый массив, как и расположенный восточнее Ловозерский, в тектоническом отношении являются весьма сложными объектами. Формирование обоих массивов происходило в течение длительного периода под действием больших горизонтальных сжимающих напряжений, природа которых напрямую связана с геологической и тектонической историей развития всего Кольского полуострова.

Уже посмотрев на рисунок 1, нетрудно понять, что данная территория сложена из множества разнородных блоков (террейнов). Термин «террейн» произошел от английского слова – *terrane* и был введен в геологическую литературу с 1966 г. для описания геологических тел, ограниченных со всех

сторон разломами, с характерными только для них структурными особенностями и со своей стратиграфической, магматической, метаморфической и тектонической историей, отличающей его от соседних геологических образований [1, С. 301].

В конце 70-х – начале 80-х годов прошлого столетия при изучении Северо-Американских Кордильер появилась концепция, которую так и назвали «концепция террейнов». Концепция террейнов показала, что в складчатых поясах происходит интенсивное продольное перемещение материала – обломков микроконтинентов. Из рисунка 2 хорошо видно, что они в разное время горизонтально перемещались на многие сотни и даже тысячи километров не поперек, а вдоль континентальных окраин [1, С. 304].

На разрезе, построенном через центральную часть Кольского полуострова (район Хибин) в направлении с юго-запада на северо-восток, отчетливо видны преобладающие векторы движения отдельных блоков (террейнов). Главные направления всех перемещений здесь происходили от Баренцева моря в сторону Беломорского террейна, который своей юго-западной границей упирался в жесткий Карельский кратон (см. рисунок 3). Участок Имандра-Варзугы, оказавшийся между Центрально-Кольской провинцией (составной террейн) и Беломорским блоком, в результате мощнейшего горизонтального сжатия был выдавлен на верхние уровни разреза. А вдоль образовавшегося здесь сутурного шва, позднее внедрились щелочно-ультраосновные магмы.

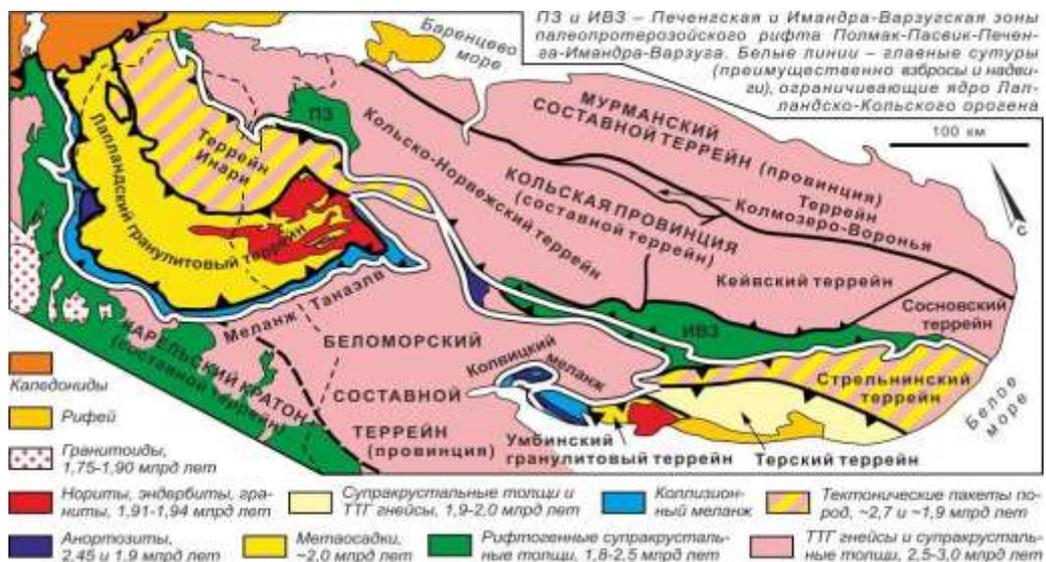


Рисунок 1. – Тектоническая карта Кольского полуострова

Перемещение происходило в мезозое-раннем кайнозое с «причаливанием» все новых террейнов к краю Северо-Американских Кордильер. Некоторые блоки соединялись друг с другом, образуя сложные террейны [1]. Подобные образования позднее были обнаружены и в других регионах. В частности, у нас на Дальнем Востоке (Сихоте-Алинь) и на Кольском полуострове.

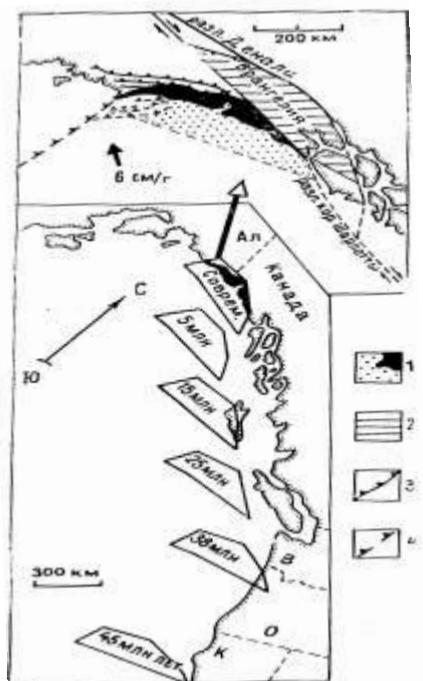


Рисунок 2. – Современное структурное положение экзотического террейна Якутат в Кордильерах и реконструкция его перемещения в эоцене. По А.Брунсу, 1983: Ал – Аляска, В – Вашингтон, О – Орегон, К – Калифорния; 1 – террейн Якутат, точками обозначена его подводная часть; 2 – террейн Врангелия; 3 – надвижки; 4 – зона субдукции

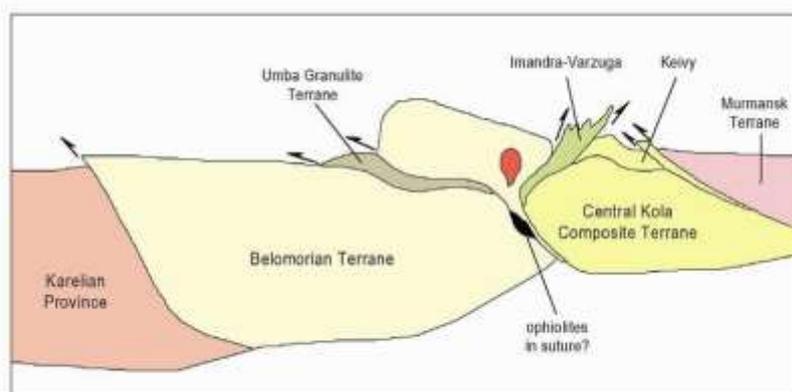


Рисунок 3. – Направления главных тектонических движений и напряжений на Кольском полуострове в позднем палеозое. Ориентировка разреза: с ю-з на с-в.

Террейны, сформировавшие Кольский полуостров, в свое время могли дрейфовать с севера, оторвавшись от основного массива Фенноскандии. Сейчас эти площади находятся под акваториями Баренцева и Норвежского морей. На северо-востоке Кольский полуостров от Баренцевоморской плиты отделен древним разломом Карпинского, имеющего северо-западное простирание.

Таким образом, уровень современного напряженного состояния (НДС) щелочно-ультраосновных массивов определяется силами раздвига (спрединга) в срединно-океанических хребтах (СОХ). В частности, для Хибинского и других массивов они будут регламентироваться силами спрединга срединно-

океанического хребта Гаккеля, расположенного в котловине Нансена Северного ледовитого океана (СЛО) (см. рисунок 4) [2]. Векторы тангенциальных сил сжатия на полуострове направлены горизонтально и в то же время нормально к оси спрединга, т.е. в южных и юго-западных румбах (см. рисунок 5). Поэтому только эти напряжения сжатия должны концентрироваться и действовать в породных массивах Кольского полуострова.

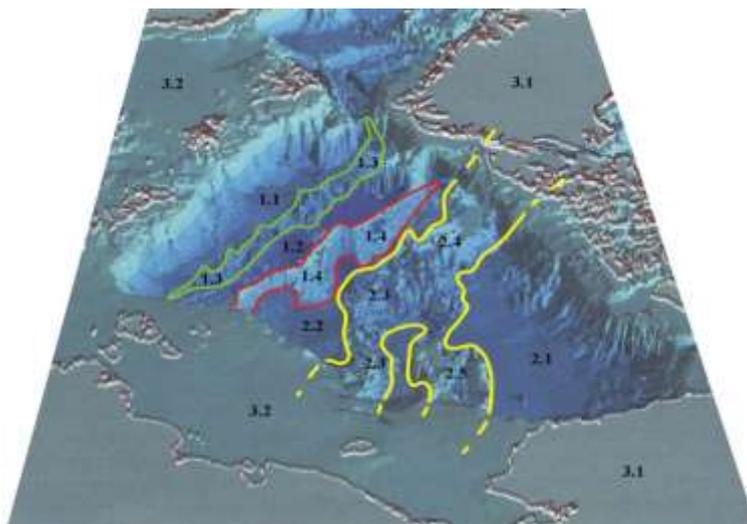


Рисунок 4. – Морфоструктурная схема Северного Ледовитого океана. 1 – Евразийский глубоководный бассейн СЛО: 1.1 – котловина Нансена, 1.2 – котловина Амундсена, 1.3 – срединно–океанический хребт Гаккеля, 1.4 – хребт Ломоносова. 2 – Амеразийский глубоководный бассейн СЛО: 2.1 – Канадская котловина, 2.2 – котловина Подводников и Макарова, 2.3 – поднятие Менделеева, 2.4 – поднятие Альфа, 2.5 – Чукотское поднятие. Чукотско-Гренландский мост: поднятие Менделеева (2.3), Альфа (2.4), Чукотское (2.5). 3 – Континенты и шельф окраинных морей: 3.1 – Канадский континентальный блок, 3.2 – Евразийский континентальный блок

### Краткие выводы:

1. Изучение современного напряженного состояния земной коры и литосферы на европейском севере России показали, что региональные напряжения – это напряжения сжатия, их ориентация совпадает с направлением расхождения литосферных плит от осей спрединга СОХ.

2. Напряжения ориентированы нормально ко всем участкам простираения хребта Гаккеля по мере его продвижения в плиоцене к морю Лаптевых.

### Список литературы

1. Хаин, В.Е. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник / В.Е. Хаин, М.Г. Ломизе. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 480с.

УДК 550.8.05  
ГРНТИ 38.53.15

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И БУРОВАЯ ПРОВЕРКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
УЧАСТКОВ НА НЕФТЬ И ГАЗ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО  
ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА**

*В.А. Лыткин*

доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства филиала МАГУ  
в г. Апатиты, г. Апатиты, Россия, lytkin.v1t@yandex.ru

**Аннотация.** Основной ресурс углеводородов в акваториальной зоне Российского Севера пока приходится на шельфовый газ и газоконденсат. Нефть же по нашему прогнозу должна находиться на континентальном склоне Северного Ледовитого океана. Это частично уже начало подтверждаться в последние годы бурением поисково-оценочных скважин в Карском море на участках Восточно-Приновоземельский-1 и 2 (южнее желоба Святой Анны – скважины Университетская-1, Викуловская и Рагозинская) и на Западно-Иркинском участке Таймыра (скважина № 3, где вскрыта одна из лучших нефтей в мире с содержанием серы 0,02 %).

**Ключевые слова:** прогноз, углеводороды, нефть и газ, газоконденсат, скважина, желоб, бурение, шельф, континентальный склон, ресурсы, запасы.

**FORECASTING AND DRILLING INSPECTION OF PROMISING OIL AND  
GAS SITES IN THE ARCTIC OCEAN**

*V.A. Lytki*

Associate Professor of the Department of Mining, Earth Sciences and Environmental Engineering  
Murmansk Arctic State University, Apatity branch, Apatity, Russia, lytkin.v1t@yandex.ru

**Abstract.** The main resource of hydrocarbons in the water area of the Russian North is still accounted for by offshore gas and gas condensate. According to our forecast, oil should be located on the continental slope of the Arctic Ocean. This has already partially begun to be confirmed in recent years by drilling exploration and evaluation wells in the Kara Sea at the Vostochno-Prinovozemelsky-1 and 2 sites (south of the St. Anna Trench - the Universitetskaya–1, Vikulovskaya and Ragozinskaya wells) and at the West-Irkinsky Taimyr site (well No. 3, where one of the best oil in the world was discovered with a sulfur content of 0.02%).

**Keywords:** forecast, hydrocarbons, oil, gas, gas condensate, well, trough, drilling, shelf, continental slope, resources, reserves.

Основной ресурс углеводородов (УВ) в акваториальной зоне Российского Севера пока приходится на шельфовый газ и газоконденсат. Нефть же, по нашему

прогнозу, должна находиться на континентальном склоне Северного Ледовитого океана (СЛО). Дело в том, что крупные сибирские реки с давних пор выносят в СЛО огромные массы терригенного материала, они, не задерживаясь на шельфе, транзитом поступают в глубоководные желоба шельфовых морей, а затем, спускаясь по континентальному склону, заполняют котловины океана – типа Нансена (см. рисунки 1 и 2). Так, к примеру, в конце палеозоя терригенный материал интенсивно переносился в расположенный севернее Западной Сибири Южно-Аннуйский залив, но не закрепляясь в нём, транзитно переходил в более открытые части моря, подобно тому, как сегодня транспортируются грубообломочные осадки в устье Оби и Обской губе. Скорость седиментации в осевой части Обского палеоокеана в начале раннего триаса достигала 400-500 м за один миллион лет. Аналогичные процессы с образованием конусов выноса происходили в Карском море и в другие периоды – в триасе и неокоме. Троговые структуры типа желобов Святой Анны и Воронина (см. рисунок 1) с их лавинной седиментацией следует рассматривать как весьма перспективные объекты на предмет обнаружения в них промышленных скоплений УВ [1,2].

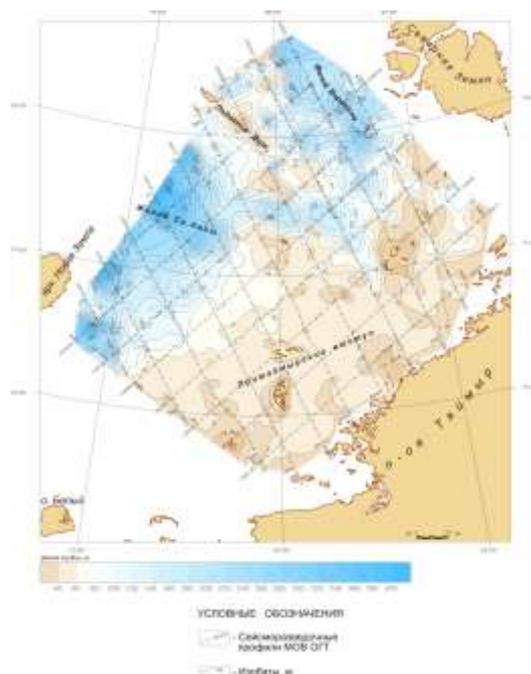


Рисунок 1. – Карта рельефа дна северной части Карского моря с сейсморазведочными профилями МОВ ОГТ

Известно, что основным продуцентом органического вещества (ОВ) в водоемах является фитопланктон. Его ежегодная продукция в Мировом океане в среднем составляет порядка 50 млрд. т  $S_{орг}$ . Это, для сравнения, в два раза больше общего объема сноса терригенного материала с суши. При этом большая часть белков и углеводов из ОВ переходит в воднорастворимые соединения и гидролизуются. Поэтому содержание  $S_{орг}$  в донных осадках обычно не превышает 1%. Однако консервация ОВ в осадках в значительной степени зависит от скорости накопления минеральных частиц. Так, при скорости осадконакопления

до 6 мм за 1000 лет в осадках сохраняется менее 0,01%  $C_{орг}$ , а при скорости 66-140 см за 1000 лет сохраняется до 18%  $C_{орг}$ . В дальнейшем в зоне нефтеобразования собственно и происходит созревание нефти. В стадию мезокатагенеза содержание углерода в нефти достигает уже примерно 85%. Поэтому в арктической зоне России только за период формирования СЛО (около 60 млн лет) должны были накопиться значительные ресурсы углеводородного сырья [1,2]. Бурение первых поисково-оценочных скважин в Карском море это подтвердило.

Старт бурению дала скважина Университетская-1 на участке Восточно-Приновоземельский-1 в 2014 году. Позднее на участках Восточно-Приновоземельский-1 и 2 были забурены еще две скважины – Викуловская и Рагозинская (это к югу от желоба Святой Анны, см. рисунки 1 и 2), которые также вскрыли нефтяные залежи. А на Западно-Иркинском участке Таймыра – это в 350 км к северо-западу от г. Дудинка, т.е. недалеко от устья реки Енисей – скважиной № 31 вскрыта одна из лучших нефтей в мире, содержащая всего 0,02% серы. Она лучше, чем нефть на Ближнем Востоке. Её плотность – 0,826 г/см<sup>3</sup>, т.е. это лёгкая нефть.

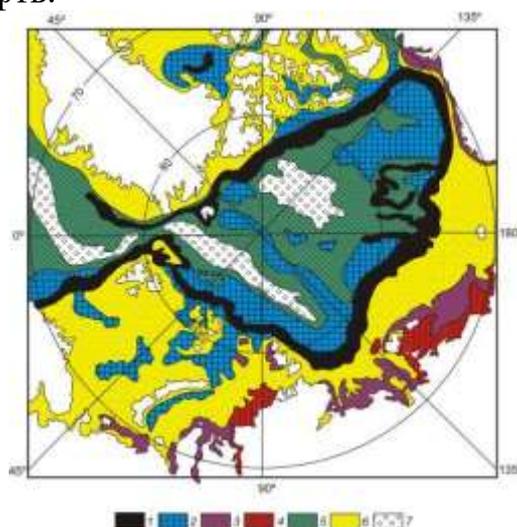


Рисунок 2. – Геоморфологическая схема Северного Ледовитого океана (СЛО).

1 – области континентального склона; 2 – котловины Нансена, Амундсена, Подводников и Макарова, Канадская котловина; 3,4 – прибрежные мелководные участки суши; 5 – области поднятий Менделеева, Альфа и Чукотское; 6 – обширные территории шельфовых морей; 7 – Срединно-Атлантический хребет (САХ), хребты Гаккеля и Ломоносова. Белое – суша, острова и архипелаги

Сейчас для полномасштабного освоения открытого месторождения на Таймыре планируется привлечь более 200 буровых установок в арктическом исполнении. Ожидаемые ресурсы Западно-Иркинского месторождения составят около 1 млрд тонн углеводородов. Суммарные же запасы в этом районе оцениваются в 6 млрд тонн (44 млрд баррелей). Это сегодня 20% от всех извлекаемых запасов нефти в стране (28,9 млрд тонн, по оценке Роснедр). При этом «Роснефть» пообещала уже к 2024 году отгружать по Северному морскому пути (СМП) 30 млн тонн нефти. По плану к 2030 году отсюда будут качать более

100 млн тонн нефти в год. Это 20 % от текущего объёма добычи в стране. Вывозить её планируется танкерами ледового класса, адаптированных для работы на Северо-морском пути.

Другими перспективными территориями севера России на наш взгляд являются древние дельты крупных рек, большинство из которых сейчас находятся под водами шельфовых морей. Но как их обнаружить под покровом, более молодых современных отложений? Для этого в первую очередь нужны будут палеогеографические карты. Фактический материал для их построения могут дать только геолого-геофизические исследования, выполненные на перспективных участках. Следует отметить, что в ряде районов такие работы уже проведены и сейчас потребуется только их переинтерпретация. К примеру, как на шельфе моря Лаптевых. Здесь геофизическими работами древнее русло реки Лена прослежено под наносами вплоть до континентального склона СЛО. С островов Котельный, Малый и Большой Ляховский можно наклонными скважинами осуществить буровую проверку русловых отложений на предмет обнаружения в них скоплений углеводородов, не используя дорогостоящих морских нефтяных платформ.

Краткие выводы:

1. Основной ресурс углеводородов в акваториальной зоне Российского Севера пока приходится на шельфовый газ и газоконденсат. Нефть же, по нашему прогнозу, должна находиться на континентальном склоне Северного Ледовитого океана.

2. Троговые структуры типа желобов Святой Анны и Воронина в Карском море с их лавинной седиментацией следует рассматривать как весьма перспективные объекты на предмет обнаружения в них промышленных скоплений УВ.

3. Другими перспективными территориями севера России являются древние дельты крупных рек, большинство из которых сейчас находятся под водами шельфовых морей.

4. Первоочередные поисковые буровые работы в палеодельтах можно проводить, например, в море Лаптевых с островов Котельный, Малый и Большой Ляховский наклонными скважинами, не используя при этом дорогостоящие морские нефтяные платформы.

Список литературы

1. Лыткин, В.А. Актуальность проблемы нефтегазопроисковых работ, освоения и транспортировки углеводородов на Российском Севере / В.А. Лыткин // Сборник научных трудов Кольского филиала ПетрГУ, Вып.8 / отв. ред. В.А. Путилов. – Апатиты: Изд-во КФ ПетрГУ, 2015. – С. 22–27.

2. Лыткин В.А. Сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта поисковых работ на нефть и газ / В.А. Лыткин // I-ая Региональная научно-практическая конференция «Будущее Арктики начинается здесь». Тезисы докладов. Часть I / отв. ред. Н.Г.Дяченко. – Апатиты: Изд. филиала МАГУ в г. Апатиты, 2017. – С. 12-13.

УДК 53.023  
ГРНТИ 52.45.15

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ РУДНОГО СЫРЬЯ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ROCKYDEM**

*А.А. Паливода, А.С. Опалев*

Горный институт КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия, a.palivoda@ksc.ru

**Аннотация.** Более 50-60% общих энергоресурсов обогатительных фабрик расходуется на процессы дробления и измельчения. Развитие технического прогресса в первую очередь должно быть направлено на уменьшение энергозатрат при рудоподготовке минерального сырья. Цель данной работы состоит в изучении закономерностей процесса уменьшения крупности рудного сырья с использованием программного комплекса RockyDEM. В процессе исследований получено изменение распределения частиц руды по крупности в зависимости от времени измельчения, установлена зависимость суммарного количества частиц от времени измельчения.

**Ключевые слова:** измельчение, дробление, численное моделирование, RockyDEM, модель разрушения Ab-T10.

**STUDY OF THE PROCESS OF DESTRUCTION OF ORE RAW MATERIALS  
USING THE SOFTWARE PACKAGE ROCKY DEM**

*A.A. Palivoda, A. S. Opalev*

Mining Institute KSC RAS, Apatity, Russia, a.palivoda@ksc.ru

**Abstract:** More than 50-60% of the total energy resources of processing plants are spent on crushing and grinding processes. The development of technological progress should primarily be aimed at reducing energy consumption during the ore preparation of mineral raw materials. The purpose of this work is studying the regularities of the process of reducing size of ore materials using the software package Rocky DEM. In the course of research change of the distribution particles ore by size according on the grinding time was obtained, the dependence of the total number of particles on the grinding time was established.

**Keywords:** grinding, crushing, numerical simulation, Rocky DEM, Ab-T10 breakage model.

В настоящее время основным направлением горной промышленности во всех странах мира является улучшение технико-экономических показателей переработки минерального сырья. В течение целого столетия процесс сокращения крупности изучался путем рассмотрения энергии, которая

потребляется измельчительным аппаратом в процессе рудоподготовки [1]. Процессы дробления и измельчения являются наиболее энергоёмкими операциями, на долю которых приходится более 50-60% общих энергоресурсов обогатительных фабрик. Технический процесс должен развиваться путем сокращения энергозатрат при рудоподготовке минерального сырья. В результате развития вычислительной техники в конце XX века [2, 3] для совершенствования процессов дезинтеграции минерального сырья применяется метод дискретных элементов (DEM). Метод дискретных элементов – это раздел численного моделирования, который связан с расчетом всех контактных взаимодействий, происходящих в том или ином оборудовании [4, 5]. Программный пакет RockyDEM предназначен для моделирования поведения частиц сыпучего материала разнообразной формы и размера.

Цель работы состоит в изучении закономерностей разрушения рудного сырья с использованием программного комплекса RockyDEM. Предметом исследования являются закономерности процесса дезинтеграции при использовании модели мгновенного разрушения Ab-T10. Коэффициент функции выбора равен 0,02 кг/Дж. Для изучения процесса разрушения медно-никелевых руд было осуществлено моделирование работы мельницы методом дискретных элементов в программном комплексе Rocky DEM. Геометрия исходной модели с начальным расположением частиц руды представлена на рисунке 1. Мелющими телами являются стальные шары диаметром 7 мм. Форма частиц руды представлена многогранниками с 20 вершинами, размер которых варьировался от 1 до 10 мм (рисунок 2). Для достижения наилучшей сходимости результатов моделирования DEM были заданы коэффициенты взаимодействия частиц друг с другом и с рабочими поверхностями мельницы (коэффициенты статического и динамического трения, коэффициент восстановления [6]). Скорость вращения составляет 60 об/мин.

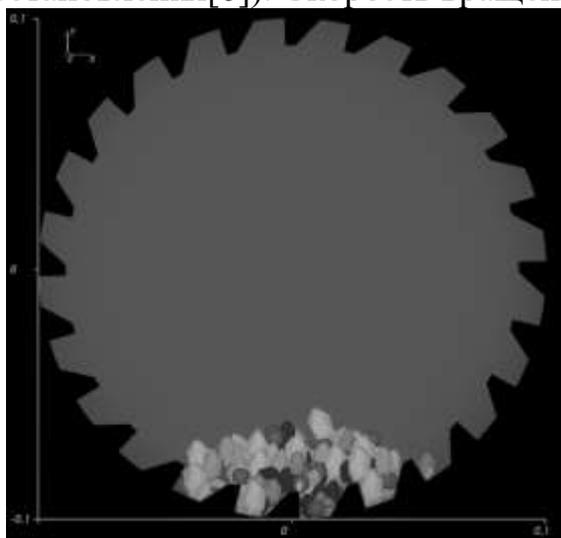


Рисунок 1. – Геометрия исходной модели в программе RockyDEM с начальным расположением частиц руды

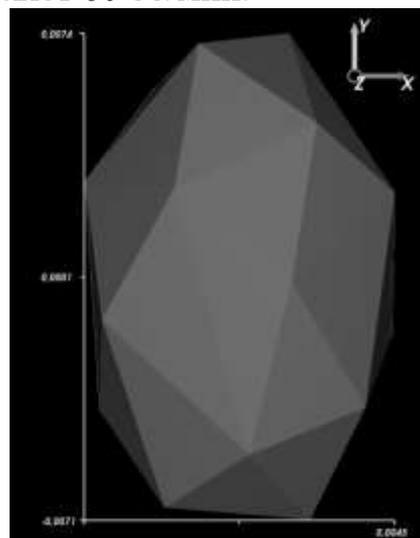


Рисунок 2. – Форма частиц руды, используемая при моделировании в программе RockyDEM

**Результаты.** На рисунке 3 показано изменение распределения частиц руды по крупности в зависимости от времени измельчения в программном комплексе RockyDEM. Результаты численного моделирования показывают, что процесс измельчения медно-никелевых руд начинается в момент времени 4,4 с.

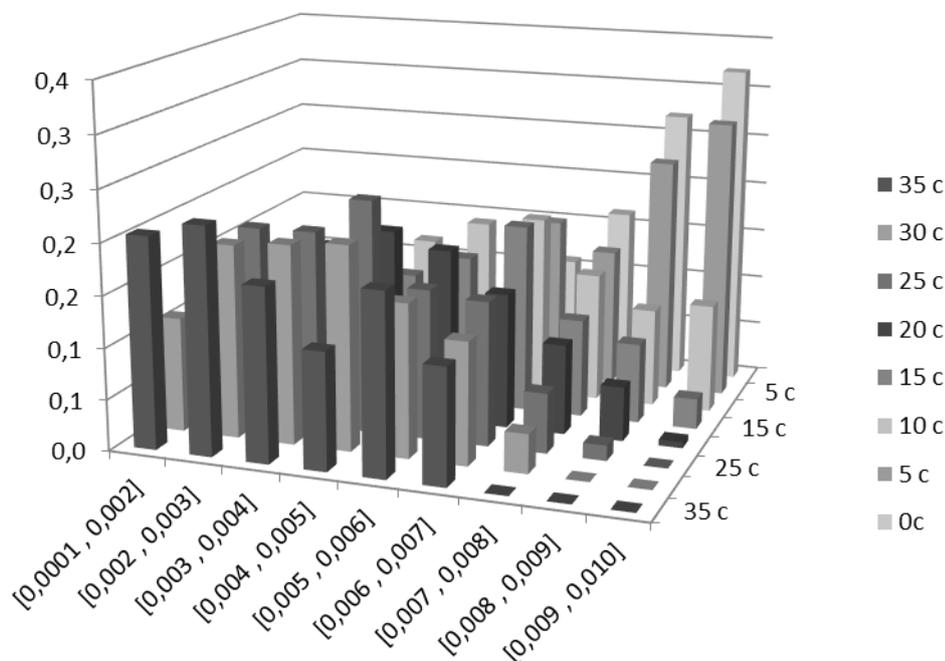


Рисунок 3. – Изменение распределения частиц руды по крупности в зависимости от времени измельчения

Зависимость суммарного количества частиц от времени измельчения описывается следующим уравнением:

$$y = A \ln t - B, \quad (1)$$

где  $y$  – суммарное количество частиц,  $t$  – время измельчения(с),  $A, B$  – коэффициенты для данного временного участка. Значения коэффициентов  $A$  и  $B$  приведены в таблице в зависимости от времени измельчения.

Время моделирования, с	$A$	$B$
от 5 до 10	2780	4021
от 10 до 20	2165	2568
от 20 до 30	2074	2351
от 30 до 35	2214	2798

Результаты численного моделирования показывают, что зависимость суммарного количества частиц от времени описывается логарифмической функцией с соответствующими коэффициентами  $A$  и  $B$ .

Общее уравнение зависимости суммарного количества частиц от времени можно представить в следующем виде (рисунок 4):

$$y = 2214 \ln t - 2798, \quad (2)$$

Относительная погрешность не превышает 4% в момент времени от 8 до 35 секунд.

Применение метода дискретных элементов в программном комплексе RockyDEM позволило создать модель работы мельницы и изучить зависимость процесса дезинтеграции медно-никелевых руд при использовании модели мгновенного разрушения Ab-T10. Получено изменение распределения частиц руды по крупности в зависимости от времени измельчения.

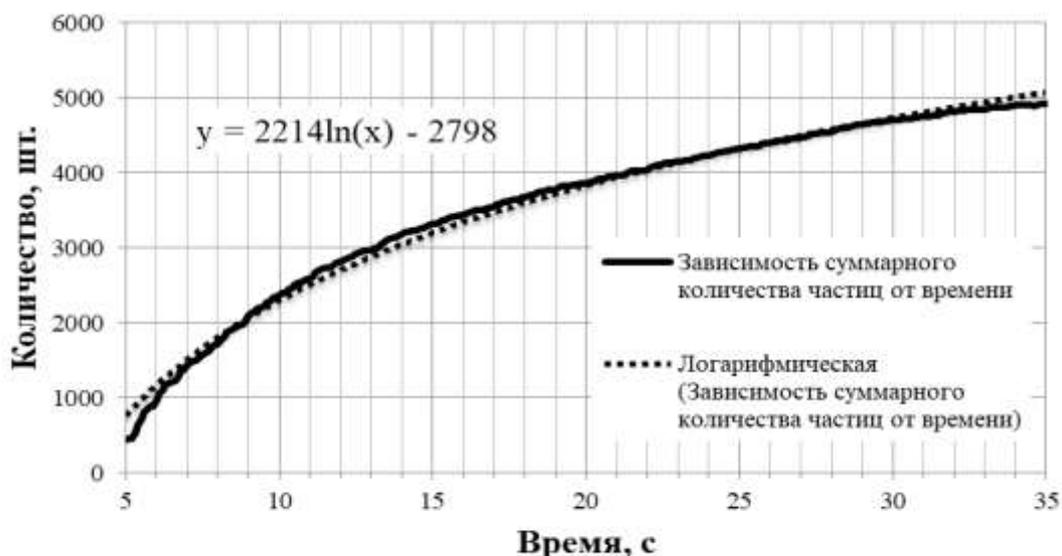


Рисунок 4. – График зависимости суммарного количества частиц от времени (секунда) при моделировании процесса измельчения в программе RockyDEM

#### Список литературы

1. Линч А. Дж. Циклы дробления и измельчения. Моделирование, оптимизация, проектирование и управление: Пер. с англ. – Москва: Недра, 1981. - 343 с.
2. Cleary, P. W. Comparison of DEM and experiment for a scale model SAG mill / P.W. Cleary, R. Morrison, S. Morrell // International Journal of Mineral Processing. 2003. № 1–4 (68). P. 129–165.
3. Delaney, G.W. Predicting breakage and the evolution of rock size and shape distributions in Ag and SAG mills using DEM / G.W. Delaney, P.W. Cleary, R.D. Morrison, S. Cummins, B. Loveday // Minerals Engineering. 2013. (50–51). P. 132–139.
4. Rosenkranz, S. Experimental investigations and modelling of the ball motion in planetary ball mills / S. Rosenkranz, S. Breitung-Faes, A. Kwade // Powder Technology. 2011. № 1 (212). P. 224–230.
5. Sato, A. Analysis of abrasion mechanism of grinding media in a planetary mill with DEM simulation / A. Sato, J. Kano, F. Saito // Advanced Powder Technology. 2010. № 2 (21). P. 212–216.
6. Lvov V.V., Chitalov L. S. Semi-Autogenous Wet Grinding Modeling with CFD-DEM / Minerals, № 5, T 11, 2021. pp. 1–17.

УДК 622.2  
ГРНТИ 52

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДИСТАНЦИОННОГО, БЕСПРОВОДНОГО, НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОГО  
ИНИЦИИРОВАНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ (НА ПРИМЕРЕ АО  
«КОВДОРСКИЙ ГОК»)**

*С.В. Салацкий<sup>1</sup>, Н.Н. Андреева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Филиал МАГУ в г. Апатиты, г. Апатиты, Российская Федерация, nigga108@yandex.ru

<sup>2</sup>Филиал МАГУ в г. Апатиты, г. Апатиты, Российская Федерация, bahtina@arcticsu.ru

**Аннотация.** При отработке месторождений полезных ископаемых на предприятии АО «Ковдорский ГОК» применяется взрывное разрушение горных пород с использованием современной системы радиоуправления взрывом «Друза», позволяющей дистанционно инициировать одновременно несколько взрывааемых блоков в заданной последовательности. Однако при использовании системы радиоуправления взрывом происходили случаи, когда по каким-либо причинам пропадало соединение с взрывным аппаратом, что приводило к отказу системы при производстве массового взрыва. Для исключения вероятности непредвиденных отказов предлагается дополнить систему «Друза» светоиндикацией на пульте управления, позволяющей отследить качество радиосоединения аппаратуры.

**Ключевые слова:** месторождение, горный массив, открытые горные работы, взрывное разрушение горных пород, массовый взрыв, взрывание скважин, инициирование скважин, взрывная магистраль.

**IMPROVEMENT OF BLASTING OPERATIONS USING REMOTE,  
WIRELESS, NON-ELECTRIC INITIATION OF BOREHOLE CHARGES (ON  
THE EXAMPLE OF JSC "KOVODORSKY GOK")**

*S.V. Salatskiy<sup>1</sup>, N.N. Andreeva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> MAGU Branch in Apatity, Apatity, Russian Federation, nigga108@yandex.ru

<sup>2</sup> MAGU Branch in Apatity, Apatity, Russian Federation, bahtina@arcticsu.ru

**Abstract:** When mining mineral deposits at the enterprise of JSC Kovdorsky GOK, explosive destruction of rocks is used using a modern Druse explosion radio control system, which allows remotely initiating several exploding blocks simultaneously in a given sequence. However, when using the explosion radio control system, there were cases when, for some reason, the connection to the explosive device disappeared, which led to the failure of the system during the production of a mass explosion. To eliminate the possibility of unforeseen failures, it is proposed to supplement the Druse system with a light indication on the control panel, which allows you to track the quality of the radio connection of the equipment.

**Keywords:** deposit, mountain range, open cast mining work, explosive destruction of rocks, huge blast, hole blasting, initiation of blasting, firing line.

Ковдорское месторождение железных руд, разрабатываемое рудником «Железный», отрабатывается открытым способом, при котором в процессе рудоподготовки применяется взрывная отбойка методом скважинных зарядов. В настоящее время применяется отвечающая мировым стандартам технология производства массовых взрывов эмульсионными взрывчатыми веществами [1] с системой радиуправления взрывом «Друза», предназначенной для дистанционного, беспроводного, в заданной последовательности и времени инициирования взрывных магистралей блоков при производстве массовых взрывов [2].

Благодаря новой системе радиуправления взрывом проведение взрывных работ в карьере Ковдорского ГОКа стало безопаснее. Дальность радиосвязи в условиях прямой видимости достигает не менее восьми километров. До внедрения системы радиуправления взрывники оставались в опасной зоне во время взрыва, сам взрыв производили вручную, с помощью взрывной машинки «Династарт». Для безопасности взрывники уходили на безопасное расстояние более километра и укрывались в блиндажах – вагончиках из толстого металла, на случай загазованности каждый имел при себе газоанализатор и противогаз [3].

При использовании современной системы радиуправления взрывом «Друза», взрывники могут размещать взрывные аппараты на расстоянии 150-200 метров от взрываемого блока, которые обеспечены современной цифровой радиосвязью с пультом управления. За пределами опасной зоны, на самой высокой точке карьера, располагается командный пункт, из которого оператор осуществляет управление взрывными работами. Инициирование происходит по команде с пульта управления по взрывной магистрали посредством ударно-волновых трубок.

С соблюдением особых требований в период инициирования устанавливаются интервал блокирования, радиосвязь с аппаратами взрывания необходимый интервал времени для того, чтобы взрывники могли покинуть опасную зону. После чего пульт управления переходит в режим деблокирования – небольшой промежуток времени (интервал между взрывами блоков) в десять минут, в течение которого можно произвести взрывные работы [4].

Одним из достоинств применения системы «Друза» является способ формирования импульса инициирования, который исключает возможность несанкционированного взрыва. В случае отказа взрыва или возникновения внештатной ситуации, возможно воспроизвести в хронологической последовательности выполненные операции на пульте управления и аппарате взрывания, и выявить причину и виновника случившегося.

Время между взрывами блоков можно регулировать с точностью до секунды. Взрывные аппараты достаточно защищены, ни взрывная волна, ни осколки горной массы им не страшны. Радиочастота надежно закодирована, вероятность того, что кто-то сможет подключиться и инициировать заряд исключена.

Таким образом, использование аппаратуры "Друза" позволяет:

- повысить безопасность и надёжность взрывных работ во время подготовки и производства массового взрыва,
- сократить трудозатраты, время на подготовку взрыва и расход материалов на прокладывание взрывной магистрали в безопасную зону.

За период использования системы радиуправления взрывом «Друза» известны случаи, когда по каким-то причинам пропало соединение с взрывным аппаратом, что привело к отказу системы при производстве массового взрыва. Таким образом, недостатком системы является невозможность отслеживания качества соединения.

Предлагаем усовершенствовать систему, применив на пульте управления светодиоды, которые будут отображать состояние радиосоединения с взрывными аппаратами. На аппарате взрывания следует установить радиопередатчик, который будет передавать сигнал на пульт управления, тем самым будет загораться светодиод, свидетельствующий о наличии радиосоединения.

Принцип работы радиопередатчика:

Взрывные аппараты комплектуются контроллером, измеряющим уровень заряда батареи и уровень сигнала пульта. На аппараты устанавливается радиопередатчик, работающий на соседней (ни в коем случае не на той же) с пультом частоте. Контроллер взрывного аппарата, получив свой код от пульта по радио, активирует передатчик, посылая пульту свой уникальный код. Радиоприёмник пульта настраивается на частоту взрывных аппаратов и соединяется со схемой, контролирующей светодиоды на передней панели пульта управления. При ежесекундной передаче аппаратом взрывания кода, приёмник на пульте управления получает сигнал, что свидетельствует о наличии радиосоединения. При переводе аппарата взрывания в режим «подготовка» светодиод будет загораться зеленым, «коррекция» – желтым, «пуск» (режим, в котором передается импульс на взрывную магистраль) – красным. Тем самым будет упрощено понимание оператором, какие аппараты и в каких режимах находятся, так как подключение (в режиме подготовка) происходит не одновременно, а по мере готовности блоков. Радиопередатчик во взрывных аппаратах того же типа, что и в пульте управления, таким образом цена системы увеличится незначительно, при этом ремонтпригодность сохранится на прежнем уровне.

Таким образом, использование системы радиуправления взрывом «Друза» с оснащением пульта управления светодиодами, позволит наглядно отследить радиосоединения с аппаратами взрывания, что минимизирует вероятность непредвиденных отказов. Так же использование светоиндикации упростит понимание подключения аппаратуры для оператора и руководителя взрывными работами, которые могут находиться в непосредственной близости с пультом управления и отслеживать соединение аппаратов с ним.

Список литературы

1. Образцова Е.Ф. Заряды эмульсионного взрывчатого вещества Ярит-М. Технология и безопасность взрывных работ / Е.Ф. Образцова // Материалы научно-технических семинаров, 22 – 23 апреля, 18 ноября 2010 г. ИГД УрО РАН. – Новосибирск: ИГД УрОРАН, 2011. – С.131 – 135.

2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации аппаратуры радиопреимущества взрывом «Друза» ТУ 4218-001-49050206-2014. –Ковдор: Ковдорский ГОК, 2021. – 43 с.

3. Технический проект разработки Ковдорского месторождения магнетитовых и апатитовых руд карьером «Железный», Том 2.–Санкт-Петербург, 2015. –167 с.

4. Регламент по применению системы радиопреимущества взрывами «Друза» на Ковдорском ГОКе. – Ковдор: Ковдорский ГОК, 2021. – 23 с.

УДК 338.246.025.2+553.044

ГРНТИ 38.53.31

## К ВОПРОСУ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗАЯВИТЕЛЬНОГО ПРИНЦИПА ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

*А.И. Сивцев<sup>1</sup>, Н.А. Сивцев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия, maraday@yandex.ru

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия, sivtsevnicol@gmail.com

**Аннотация.** Обозначены проблемы лицензирования участков недр на углеводородное сырье по заявительному принципу в Арктической зоне, связанные с компаниями без собственных активов. Приведены отличительные черты геологического строения месторождений нефти и газа на территории Республики Саха (Якутия). Установлена прямая корреляция между площадями месторождений нефти и газа и их геологическими запасами. На основе сопоставления геологического строения территорий сделан вывод, что для вновь открываемых месторождений нефти и газа в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) такая корреляция будет сохраняться. Предлагается территориям Арктической зоны наделение статуса недр федерального значения, где действует специальный порядок рассмотрения заявок на получение права пользования недрами и предъявляются особые требования к недропользователям для исключения участия безответственных недропользователей.

**Ключевые слова:** Арктическая зона, лицензирование, нефтегазоносность, недропользование.

**ON THE ISSUE OF IMPROVING THE DECLARATIVE PRINCIPLE  
OF LICENSING IN THE ARCTIC ZONE**

*A.I. Sivtsev<sup>1</sup>, N.A. Sivtsev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia,  
maraday@yandex.ru

<sup>2</sup>North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia,  
sivtsevnicol@gmail.com

**Annotation.** The problems of licensing subsurface areas for hydrocarbon raw materials on the declarative principle in the Arctic zone related to companies without their own assets are outlined. The distinctive features of the geological structure of oil and gas fields on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia) are given. A direct correlation has been established between the areas of oil and gas fields and their geological reserves. Based on the comparison of the geological structure of the territories, it is concluded that for newly discovered oil and gas fields in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia), such a correlation will remain. It is proposed that the territories of the Arctic zone be granted the status of subsoil of federal significance, where there is a special procedure for considering applications for the right to use the subsoil and special requirements are imposed on subsoil users to exclude the participation of irresponsible subsoil users.

**Keywords:** Arctic zone, licensing, oil and gas potential, subsurface use.

По состоянию на 01.01.2022 г. в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) имеется 26 актуальных лицензионных участков геологического изучения недр на углеводородное сырье. Большинство участков были получены пользование в последние годы благодаря расширению заявительного принципа в Арктической зоне по приказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ №583 от 10.11.2016 года. Расширение заявительного принципа было нацелено на стимулирование увеличения объемов геологоразведочных работ и количества открытий новых месторождений при снижении бюджетных затрат. Введенный в действие с 01.01.2022 года новый порядок предоставления в пользование участков недр для геологического изучения недр (приказ Минприроды России и Роснедра от 28.10.2021 №802/20.802/20) по заявительному принципу сохранил практически все позиции заявительного принципа лицензирования.

Вместе с тем в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) имеется определенный негативный опыт пользования недрами для геологического изучения недр на углеводородное сырье. Так, лицензии по Табалахскому (ЯКУ 15555 НП) и Нижнеянскому (ЯКУ 15554 НП) лицензионным участкам, принадлежавшим ООО «Яна-Нефтегаз», были аннулированы по срокам без проведения работ и получения каких-либо результатов. На Западно-Анабарском лицензионном участке (ЯКУ 15399 НР),

который находится в пользовании с 2008 года (ЯКУ 14562 НР) проведено незначительное количество сейсморазведочных работ модификации МОГТ-2Ди не пробурено ни одной новой скважины. До настоящего времени, имеющиеся запасы тяжелой нефти Южно-Тигянского месторождения, открытого в середине прошлого века, так и не поставлены на Государственный баланс РФ [4].

Имеющийся негативный опыт и особенности нефтегазоносности территории Республики Саха (Якутия) указывают на необходимость усовершенствования законодательства в области недропользования, в частности по заявительному принципу лицензирования.

На территории Западной и Центральной Якутии выделяются Лено-Тунгусская и Лено-Вилуйская нефтегазоносные провинции. Лено-Тунгусская провинция сложена терригенно-карбонатными отложениями верхнего протерозоя и галогенно-карбонатными нижнего палеозоя. Наложенная Лено-Вилуйская провинция представлена исключительно терригенными отложениями верхнего палеозоя и мезозоя. Отдельно можно выделить среднепалеозойский перспективный комплекс отложений. Предположительно, этот комплекс отложений выполняет узкие ограниченные авлакогены, унаследованные от рифейского этапа развития региона [3].

Отличительной чертой месторождений нефти и газа Республики Саха (Якутия) являются сложное геологическое строение и незначительные толщины продуктивных горизонтов [2]. В силу этих обстоятельств крупные месторождения нефти и газа, сосредоточенные на юго-западной части республики, имеют значительные площади. Таким образом, на сегодняшний день можно сделать вывод о прямой корреляции между запасами и площадью месторождений.

За последнее десятилетие на территории Юго-Западной Якутии открыты Бюкское, Илгычакское, Сюльдюкарское, Бетинчинское, Ленское, Курунское, Кыттыгасское, им. И.Н. Кульбертинова, им. И. Меньшикова, Кэдэргинское месторождения углеводородного сырья в основном в непосредственной близости от магистрального нефтепровода ВС-ТО и магистрального газопровода «Сила Сибири».

Начальные геологические запасы вновь открытых месторождений относятся преимущественно к мелким и средним. В условиях ограниченной пропускной способности нефтепровода «ВС-ТО» и газопровода «Силы Сибири» в настоящее время практически разрабатываются только Талаканское (группа месторождений), Среднеботуобинское и Чаяндинское месторождения.

Промышленное освоение ранее подготовленных месторождений и вновь открытых месторождений сдерживаются возможностями нефтегазотранспортной инфраструктуры. В свою очередь, возможности расширения нефтегазотранспортной инфраструктуры ограничиваются объемом имеющихся на Государственном балансе запасов

месторождений. Другими словами, запасы нефтегазовых месторождений должны полностью закрыть расходы на строительство магистральных трубопроводов и обустройство самих месторождений со всеми сопутствующими расходами. Имеющаяся минерально-сырьевая база углеводородного сырья не располагает к дополнительному расширению нефтегазотранспортной инфраструктуры даже на Юго-Западной части Республики Саха (Якутия). Всего, по состоянию на 01.01.2021 год, на Государственном балансе Российской Федерации по Республике Саха (Якутия) числятся (по категориям  $A+B_1+B_2+C_1+C_2$ ): природного газа - 3070,344 млрд. м<sup>3</sup>, газового конденсата – 68,36 млн. т, нефти – 636,507 млн.т.

Все указанные особенности открытых месторождений нефти и газа, с высокой долей вероятности, будут характерны и для вновь открываемых месторождений нефти и газа в Арктической зоне Республики Саха (Якутия). А инфраструктурные ограничения будут еще более выражены из-за сложных природно-климатических условий.

Таким образом, в Арктической зоне определённую инвестиционную привлекательность могут иметь только крупные проекты с крупными запасами, т.е. предоставляемые участки недр для опойскования месторождений нефти и газа должны иметь достаточно большую площадь. Нужно заметить, отличительной чертой участков, полученных по заявительному принципу являются небольшие размеры (ограничение до 500 км<sup>2</sup>) и сложные геометрические формы их границ.

Существующий заявительный порядок лицензирования обусловил появлению новых мелких компаний, зачастую не имеющих полного понимания всех аспектов недропользования, особенно в части существующих регламентов и в части предстоящих колоссальных расходов. Как правило, мелкие компании не имеют собственных активов (денежных, кадровых и технических ресурсов) и ориентируются только на привлечение инвесторов. По сути они выступают в роли посредников на проектах и не без этого имеющих высокую инвестиционную емкость. Таким образом, вместо желаемого увеличения объемов геологоразведочных работ и количества открытий новых месторождений государство получает замораживание данных участков до 7 лет – до аннулирования лицензии в связи с выходом срока. Накопленный негативный опыт упомянутый выше подтверждает данный тезис.

На наш взгляд, ситуацию можно выправить путем придания территориям Арктической зоны статуса недр федерального значения. Для участков недр федерального значения действует специальный порядок рассмотрения заявок на получение права пользования недрами и предъявляются особые требования к недропользователям. Например, участки недр на шельфе относятся к участкам недр федерального значения и для них применяется специальный порядок получения лицензий. Этот порядок регулируется ФЗ «О недрах» и ФЗ «О континентальном шельфе РФ». Для получения участка на шельфе без

конкурса, заявитель, в частности, должен иметь более 50% государственного участия в капитале (кроме компаний, получивших лицензии до принятия поправок к Закону «О недрах» в 2008 году), иметь пятилетний опыт освоения шельфа, раскрыть бенефициаров, подтвердить материальные и технические возможности. Наличие таких требований позволило бы избавиться от безответственных недропользователей и тем самым сократить сроки освоения Арктических территорий.

Кроме того, в Арктической зоне целесообразно увеличить площади предоставляемых участков недр, т.к. с позиций изученных месторождений площадь месторождения прямо коррелируется с выявленными запасами. Только крупные по запасам месторождения могут иметь инвестиционную жизнеспособность в сложных природно-климатических и логистических условиях Арктики.

Широко известный в нефтегазовой сфере академик А.Э. Конторович в одном из интервью по этому поводу высказался следующим образом [1]: «Есть такая точка зрения, что осваивать углеводородные ресурсы в Арктике будет сложнее, чем осваивать космос».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №21-510-22001.

### Список литературы

1. Конторович А.Э. «Сложнее, чем осваивать космос» /Деловая газета «Взгляд», 7 сентября 2011. - URL: <https://vz.ru/economy/2011/9/7/520333.html>
2. Сивцев А.И., Егоров В.В., Яковлев А.А., Яицкий Д.В. Горно-геологические основы нефтегазоносности венд-кембрийских отложений Западной Якутии/ Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России [Электронный ресурс] : материалы XI Всероссийской научно-практической конференции, 05-07 апреля 2021 г/ [Отв. ред. В.Ю. Фридовский]. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2021. – 1 электрон.опт. диск. - С.235-238.
3. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). / Отв.ред. Л.М. Парфенов, М.И.Кузьмин. - Москва: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. - 571 с.
4. Sivtzev A.I., Chalaya O.N., Zueva I.N. (2017) Model of the South-Tegyansky field of heavy oil. *Georesursy*, 19(3), 279-283.

УДК 622.272.6  
ГРНТИ 52.13.15

**АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЛАТО РАСВУМЧОРР**

*Н.М. Яковлев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>КФ АО «Апатит», Кировск, Россия, NYakovlev@phosagro.ru

<sup>2</sup>Горный институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия,  
nmyakovlev@icloud.com

**Аннотация.** В статье дается анализ особенностей ведения горных работ на месторождении Плато Расвумчорр подземным способом. Приведены факторы, влияющие на существенное изменение геомеханической обстановки на месторождении с учетом его геологических особенностей и сформировавшемся напряженном состоянии массива.

**Ключевые слова:** подземные горные работы, напряженно-деформированное состояние, геомеханика, апатит-нефелиновые месторождения, горное давление.

**ANALYSIS OF THE FEATURES OF UNDERGROUND MINING METHOD  
IN THE PLATO RASVUMCHORR DEPOSIT**

*N.M. Yakovlev<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Kirovsk branch of Apatit, 184250 Kirovsk, Russia, NYakovlev@phosagro.ru

<sup>2</sup>Mining Institute Kola Science Centre RAS, 184209 Apatity, Russia, nmyakovlev@icloud.com

**Abstract.** The article provides an analysis of the features of mining operations at the Plato Rasvumchorr deposit using an underground mining method. The factors influencing a significant change in the geomechanical situation at the deposit are given, taking into account its geological features and the formed stress state of the massif.

**Keywords:** underground mining operations, stress-strain state, geomechanics, apatite-nepheline deposits, rock pressure.

Последнее десятилетие в мировой горнодобывающей отрасли является периодом особого интереса к проблемам выемки рудных месторождений в условиях ухудшения горно-геологических условий с понижением фронта очистной выемки. Данный вопрос также является актуальным и для месторождений Кольского полуострова, поскольку отработка месторождений полезных ископаемых достигает глубин - 500-900 м, в то время как большое количество зарубежных предприятий уже доходит до глубин в 2000 м, а самый глубокий рудник "Эль Теньенте", расположенный в Чили, осуществляет проходку подготовительных выработок на глубине более 2300 м.

Постоянное снижение фронта очистной выемки сопровождается изменением естественного напряженного состояния массива горных пород, которое оказывает влияние на формирование напряженно-деформированного состояния (НДС) массива. В условиях отработки месторождения Плато Расвумчорр подземным способом, стоит учитывать и горно-геологические условия месторождения, которые характеризуются большой протяженностью рудного тела по простиранию (более 3 км), средней и ниже средней горизонтальной мощностью рудной залежи (от 20 до 100 м). В таких условиях могут предъявляться принципиально новые требования к отработке запасов месторождения, которые не могут рассматриваться, если не производить комплексный учет всех факторов, влияющих на параметры природного поля напряжений с целью обеспечения безопасной добычи полезных ископаемых.

В ходе анализа выполненных работ [3-7] по изучению физико-механических свойств горных пород на месторождении можно отметить, что степень изученности физико-механических свойств горных пород высокая. Породы и руды имеют высокие показатели прочности и упругости. Предел прочности при сжатии руд ( $\sigma_{сж}$ ) составляет 80-150 МПа, пород – 120-250 МПа; при растяжении ( $\sigma_p$ ), соответственно, 3-10 МПа и 5-20 МПа, модуль упругости ( $E$ ) руд равен 30-60 ГПа, пород – 50-60 ГПа, породы и руды имеют высокие показатели коэффициента хрупкости (10-25).

На основании анализа работ, посвященных вопросам изучения геомеханических условий при отработке месторождений Хибинского массива [2,6,7], характерной особенностью апатит-нефелиновых месторождений, в том числе и Плато Расвумчорр, является действие сложного поля напряжений в породном массиве. Закономерность формирования НДС массива, заключается в том, что НДС формируется под влиянием двух полей напряжений: гравитационного и тектонического.

Гравитационные компоненты напряжений определяются весом столба непосредственно налегающих пород.

$$\sigma = \gamma \cdot H$$

где  $\gamma$  – удельный вес руд и пород,  $H$  – глубина расположения исследуемого объекта (м).

Тектоническое поле обусловлено неравномерным распределением в пространстве скоростей тектонических движений и скоростей деформаций земной коры, значения скоростей упругих колебаний составляют [5]: для продольных волн  $V_p$  – 4.0-6.5 км/с, поперечных  $V_s$  – 2.0-4.0 км/с, что соответствует массиву скальных пород.

Из общих закономерностей напряженного состояния массива пород на различных рудниках Хибинского массива [6-7] можно отметить, что наблюдается рост напряжений с глубиной (рис. 1).

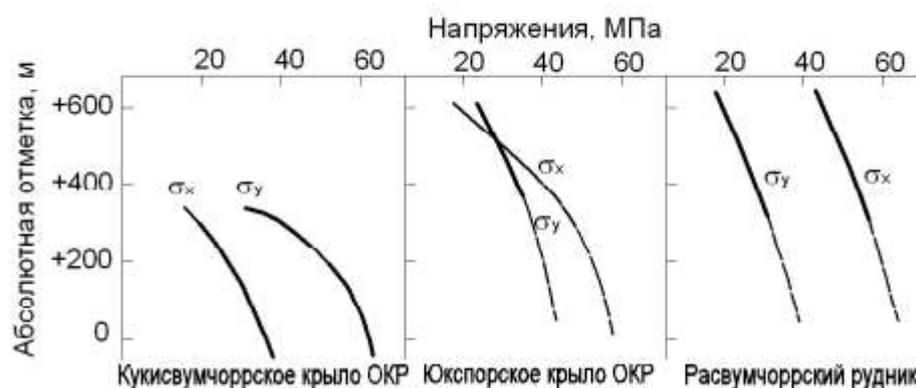


Рисунок 1. – Распределение начальных напряжений на глубине для условий рудников КФ АО «Апатит» [7]

Одной из особенностей отработки месторождения Плато Расвумчорр подземным способом является отработка месторождения в зоне влияния существующего карьера, что оказывает значительное влияние на НДС породного массива. В соответствии с имеющейся информацией о формировании начального напряженного состояния породного массива на участках ведения горных работ рудников КФ АО «Апатит» [7], для месторождения Плато Расвумчорр не учитываются перераспределения напряжений, связанные с влиянием сформированного напряженного состояния существующего карьера. Ввиду подработки карьером наибольшие горизонтальные напряжения могут превышать вертикальные в несколько раз.

Недостаток соответствующего воспроизводства запасов полезных ископаемых и интенсификация добычи с целью увеличения годовой производственной мощности предопределяют распространение при отработке подземных запасов класса систем разработки с обрушением. При отработке месторождения Плато Расвумчорр подземным способом планируется к применению система с поэтажным обрушением и торцевым выпуском руды, благодаря которой обеспечивается оптимальная, высокопроизводительная и рентабельная технология добычи, позволяющая доработать запасы апатит-нефелиновых руд. В соответствии с принимаемой системой разработки, на некоторых участках месторождения существует вероятность подработки вышележащих поэтажей нижележащими. Для условий рудников КФ АО «Апатит» меры подработки устанавливаются для всех подземных сооружений и при возможной подработке требуется оставление предохранительного целика с целью непопадания участка неотработанного рудного тела в зону сдвижения, в свой черед, согласно [6] предохранительные целики рассчитывают в соответствии с углами сдвижения. Значение углов сдвижения для скальных пород ( $\beta$ ) и апатит-нефелиновой руды устанавливается во всех направлениях одинаковым и составляет  $\beta = 70^\circ$ .

Таким образом, для перехода к масштабной подземной отработке месторождения требуется комплексный учет всех горно-технических факторов,

влияющих на безопасность отработки месторождения, и изменяющихся с увеличением глубины горно-геологических условий (постоянное изменение мощности в крест простирания и угла залегания рудного тела в связи с его сложной геометрией), поскольку извлечение и перемещение больших объемов рудо-породных масс влечет за собой изменение рельефа, условий развития процесса обрушения и геодинамического режима региона.

#### Список литературы

1. Онохин Ф.М. Особенности структуры Хибинского массива и апатито-нефелиновых месторождений. - Ленинград: Наука, 1975. - 106 с.
2. Демидов Ю.В., Аминов В.Н., Енютин А.Н., Семенова И.Э. Выбор технологии отработки подкарьерных запасов месторождения Плато Расвумчорр в переходной зоне между открытыми и подземными работами // ГИАБ. - 2000. - №3. - С. 130-133.
3. Семенова И.Э., Аветисян И.М. Оценка параметров взаимного влияния открытых и подземных горных работ в сложных геомеханических условиях // Горный журнал. - 2021. - №1. - С. 58-63.
4. Отчет «Изучение геолого-структурного строения и инженерно-геологических условий массива пород восточной части месторождения «Плато Расвумчорр» в разрезах 0-12В», ОАО «Мурманская ГРЭ», часть 1 и 2, 2012 г.
5. Отчёт о результатах выполненных работ по объекту: «АО «Апатит»: Месторождение Плато Расвумчорр. Изучение геолого-структурного строения и инженерно-геологических условий массива горных пород в разрезах 21-12В» АО «Мурманская ГРЭ», Книга 1 (Текст отчета), 2016 г.
6. Козырев А.А., Демидов Ю.В., Мальцев В.А., Енютин А. Н., Аминов В.Н. и др. Указания по управлению обрушением покрывающих пород, охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудниках открытого акционерного общества «Апатит». – Апатиты, 2002. – 51 с.
7. Козырев А.А., Семенова И.Э., Рыбин В.В., Панин В.И., Федотова Ю.В., Константинов К.Н., Сальников И.В., Гадючко А.В., Белоусов В.В., Корчак П.А., Стрешнев А.А. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам (Хибинские апатит-нефелиновые месторождения)– Апатиты-Кировск, 2016. – 112 с.

УДК 338.22

ГРНТИ 44.09

ORCID: 0000-0002-2873-1425

## ЗНАЧЕНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*С.С. Вопиловский*

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина – обособленное подразделение  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального  
исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»  
(Апатиты, Российская Федерация)

**Аннотация.** Современные тенденции развития человеческой цивилизации предписывают необходимые изменения в энергетической сфере, связанные с получением ресурсов, строительства, генерации, передачи и потребления энергии. Инверсия содержит крупную экономическую составляющую, связанную с результатами воздействия климата на экономику и адаптации к ним, необходимость политических и экономических решений, направленных на повышение конкурентоспособности новейших энергетических систем

**Ключевые слова.** Энергетика, экономика, энергетический переход, возобновляемые источники энергии, технологии, эффективность.

## SIGNIFICANCE AND TRENDS IN THE USE OF TRADITIONAL ENERGY SOURCES

*S.S. Vopilovskii*

Institute of Economic Problems. G.P. Luzina – a separate subdivision of the Federal State Budgetary  
Institution of Science of the Federal Research Center "Kola Scientific Center of the Russian  
Academy of Sciences" (Apatity, Russian Federation)

**Abstract.** Modern trends in the development of human civilization prescribe the necessary changes in the energy sector associated with obtaining resources, construction, generation, transmission and consumption of energy. The inversion contains a large economic component related to the results of climate impact on the economy and adaptation to them, the need for political and economic decisions aimed at increasing the competitiveness of the latest energy systems.

**Keywords:** Energy, economics, energy transition, renewable energy sources, technologies, efficiency.

Важным критерием для поддержания и развития современной конструкции цивилизации является обеспечение эффективными и надежными источниками энергии. Ресурсообеспеченность интерпретируется как основа для

выживания и развития любой системы, и чем доступнее и мощней используемый энергетический источник, тем большими ресурсами можно обладать с его помощью.

Масштабное расширение ветро и солнечной энергетики, вхождение в эту область водородной энергетики, как в виде генерации с помощью топливных элементов, так и непосредственное использование водорода в виде сгораемого топлива, в будущем применение термоядерной энергетики (ТЯЭС) приводит к диверсификации мировой энергетики [1]. К примеру, японская компания Mitsubishi Power работает над созданием гибридной системы твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с микрогазовой турбиной в составе. Название новой технологии – Hybrid Sistem jf Solid Oxide Fuel Cells (SOFC) and Micro Gas Turbines (MGT). ТОТЭ – многотопливный реактор – работающий с различными видами топлива: биогаз, водород, природный газ; вырабатывает энергию и тепло с высоким КПД и используется децентрализованно и независимо от действующей местной энергосети.

Особое внимание, в данном контексте, уделяется мировым процессам по разработке малых модульных реакторов (Small Modular Reactors – SMRs) мощностью до 300 МВт на блок. SMRs – одна из самых перспективных новейших ядерных энергетических технологий. Конструктивное преимущество SMRs – модульная и малая, как следствие, конструкция проще и в большей степени полагается на встроенные и пассивные элементы безопасности, что потребует более низких затрат и обеспечит гибкость для местных сетей и интеграцию с ВИЭ и неэлектрическими приложениями, такими как производство водорода и опреснение воды. Первая в мире российская ПАТЭС «Академик Ломоносов» введена в эксплуатацию в мае 2020 года в морском порту Певек, вырабатывает энергию от двух реакторов ММР мощностью 35 МВт каждый. Другие SMRs находятся на стадии строительства и лицензирования в США, Канаде, Китае, Южной Корее. Аргентине.

Вопросы диверсификации мировой энергетики исходят из сложившегося современного тренда – отказ от ископаемого топлива и переход к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) – «зеленой» энергетики. Энергетический переход анонсирован ведущими мировыми державами.

Тем не менее, необходимую энергию для поддержания жизни надлежит извлекать, используя различные жизненные ресурсы, включая энергетическую составляющую. Количество энергии должно не только энергетически перекрыть затраты на свою добычу, но и восполнить все прочие ресурсы, которые были израсходованы на эту работу. Экономический коэффициент EROI – соотношение полученной энергии к затраченной, определяет её энергетическую рентабельность. Данный коэффициент должен быть больше 1 (единицы), что определяет значительную доступность благ обществу. В развитых странах для поддержания качества жизни EROI должен быть не менее 20 единиц, а для прорывного научно-технического прогресса требуется источник энергии с EROI

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

более 25 единиц. Минимальное значение EROI составляет 8 единиц – просто существование, без попыток на НТП. Исследования европейских ученых показывают какими значениями EROI обладают современные и перспективные источники энергии [2]. В таблице 1 представлены значения EROI источника энергии с учетом его генерации.

Таблица 1 – EROI современных источников энергии

№	Вид деятельности	EROI (единиц)
1	Атомные электростанции (АЭС)	75
2	Гидроэлектростанции (ГЭС)	35
3	Угольные теплоэлектроцентрали (УТЭЦ)	30
4	Газовые теплоэлектроцентрали (ГТЭЦ)	28
5	Ветровые энергоустановки (ВЭУ)	3,9
6	Солнечные энергетические системы (СЭС)	1,6

Источник. Составлено автором по результатам исследования

Очевидно, что традиционные источники энергии в виде АЭС, ГЭС и углеводородов способны обеспечить потребности общества и развивать научно-технический прогресс.

Энергетический переход обуславливается с проблемой глобального потепления, причиной которого считается повышение в атмосфере концентрации парниковых газов (ПГ). Часть ПГ выбрасывается и в результате деятельности промышленности, тепловых электростанций, автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) и другими. Следовательно, главная идея – углеродная нейтральность – достичь таких результатов деятельности индустриального общества, которые бы не приводили к появлению в атмосфере дополнительных парниковых газов. Профессиональное сообщество из мира энергетики объявили углекислый газ (диоксид углерода, CO<sub>2</sub>) злейшим врагом человечества [3]. Для борьбы с ним ввели «углеродные квоты» – методы, исключая лишние выбросы, и компенсация того, что уже выброшено в атмосферу [4].

Широко обсуждаемый вопрос «утечки углерода» всецело не урегулирован, а анализ научных исследований не дает однозначного ответа. Выдвигаются следующие гипотезы:

- a) перенос бизнеса в «убежища для загрязнений» (pollution havens);
- b) о возможном доминировании обратного эффекта от ужесточения экологического регулирования – ускорение инноваций и создание новых низкоуглеродных продуктов – стимулируют рост и увеличивают конкурентные преимущества предприятий [5].

Европейские страны, в свое время, для достижения углеродной нейтральности заявили о широкомасштабном переходе к «зеленой энергетике» с выходом на более высокую ступень в производстве декарбонизированной энергии [6].

Из-за радиационной аварии на японской АЭС «Фукусима-1» (11 марта 2011 г.), в результате землетрясения и последующего цунами, а также страшнейших последствий (заражены территория станции, повысился радиационный фон в некоторых регионах страны и др.) в мировой энергетике обозначился курс «на нулевую ядерную генерацию». Обществом в крайне резкой форме было выражено неприятие развития ядерной энергетики.

Сильнейший энергетический кризис текущего этапа, потрясший Европейские страны, изменил отношение к «мирному атому». Научный центр Joint Research Centre (JRC) провел исследования по вопросам использования атомной энергии и полного цикла ее экологичности, по результатам которого был представлен обширный и непредвзятый Отчет JRC «Наука для политики»<sup>1</sup> с доказательствами экологичности АЭС.

По результатам проведенных исследований, научный центр Евросоюза постановил – атомные электростанции по экологичности (со всеми отработанными радиоактивными отходами) на ГВт\*ч выработанной энергии существенно превосходит солнечную генерацию и не уступают ветроэнергетике, развитие которых поддерживается в рамках инициативы Таксономия (документ устойчивого развития экономики Евросоюза до 2050 года). Еврокомиссия, учитывая авторитетное мнение ученых и важность использования атомной энергетики и природного газа для развития экономики, а также перехода к климатической нейтральности в рамках Таксономии в феврале 2022 года классифицировала газ и атомную энергетику как чистые источники энергии – «зеленые».

Для расширения научно-технического прогресса, получения значительных благ для общества требуется внушительное потребление энергии. В данном контексте, атомная энергетика интерпретируется как крепкое ядро для дальнейшего стабильного и безопасного развития человечества

Согласно Энергетической стратегии ЕС к 2050 году доля ВИЭ должна составлять до 70%, а реализуя Программу КС по энергетике к 2030 году Евросоюз должен производить 27% – 32% возобновляемой энергии, а к 2050 году доля ВИЭ должна составлять от 70% до 100%. Все зависит от совершенствования применяемых технологий. Новые технологии, новые способы генерации и передачи энергии приведут к плавному переходу от централизованной энергетики к развитию распределенной генерации, размещенной непосредственно у потребителя. Солнечная и ветровая, модульная газовая и атомная с высоким электрическим КПД энергетика, обладающая инструментами для выдачи избытков энергии в общую сеть составит конкуренцию большим электростанциям и сетям.

---

<sup>1</sup> JRC science for policy report. Technical assessment of nuclear energy with respect to the ‘do no significant harm’ criteria of Regulation (EU) 2020/852 (‘Taxonomy Regulation’). Petten: European Commission, 2021. P. 387. URL: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business\\_economy\\_euro/banking\\_and\\_finance/documents/210329-jrc-report-nuclear-energy-assessment\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210329-jrc-report-nuclear-energy-assessment_en.pdf) (дата обращения 02.03.2022).

Список литературы

1. Есяков С.Я., Лунин К.А., Стенников В.А. и др. Трансформация электроэнергетических систем // Электроэнергия. Передача и распределение. - №4(55). - 2019. - С.134-141.
2. Weißbach D., Ruprecht G., Hukea A., Czernski K., Gottlieb S., Hussein A. Energy intensities, EROIs, and energy payback times of electricity generating power plants // Preprint submitted to Energy. 2013. № 6, pp.1-29. URL: [https://festkoerperkernphysik.de/Weissbach\\_EROI\\_preprint.pdf](https://festkoerperkernphysik.de/Weissbach_EROI_preprint.pdf) (accessed 10.03.2022).
3. Eicke L., Wekoab S., Aperia M., Mariana A. Pulling up the carbon ladder? Decarbonization, dependence, and third-country risks from the European carbon border adjustment mechanism // Energy Research & Social Science. 2021. V.80. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102240>
4. Acar S, Aşıcı A.A., Yeldan A.E. Potential effects of the EU's carbon border adjustment mechanism on the Turkish economy // Environment, Development and Sustainability. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01779-1>
5. Porter M. E., van der Linde C. Toward a new conception of the environment competitiveness relationship. // Journal of Economic Perspectives. 1995. Vpl.9, No.4, pp. 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
6. Gielen D., Boshell F., Saygin D., Bazilianc M.D., Wagner N., Gorini R. The role of renewable energy in the global energy transformation // Energy Strategy Reviews. 2019. V.24. pp.38-50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>

**УДК 620.92**

**ГРНТИ 44.09.29**

## **ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

***Е.И. Губская***

Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН, Апатиты, Россия,  
[e.gubskaya@ksc.ru](mailto:e.gubskaya@ksc.ru)

**Аннотация.** Кольский полуостров – арктический регион с развитой промышленностью, организация энергообеспечения которого во многом не соответствует общемировому тренду по снижению доли углеродного следа. В данной работе рассматривается возможный вектор развития Мурманской области, направленный на переход к «зеленой» энергетике и создание углеродно-свободной зоны на территории региона.

**Ключевые слова:** Кольский полуостров, снижение углеродного следа, водородная энергетика, «зеленый» водород, возобновляемые источники энергии.

## GREEN ENERGY ON THE KOLA PENINSULA: PROBLEMS AND PROSPECTS

**E.I. Gubskaja**

Northern Energetics Research Centre - Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences", Apatity, Russian Federation, e.gubskaya@ksc.ru

**Abstract.** The Kola Peninsula is an Arctic region with a developed industry, the organization of the energy supply of which is in many respects inconsistent with the global trend to reduce the share of carbon footprint. This article considers a possible vector of development of Murmansk Region, aimed at the transition to alternative energy and the creation of a carbon-free zone in the region.

**Keywords:** The Kola Peninsula, carbon footprint reduction, hydrogen energy, green hydrogen, renewable energy sources.

Сокращение выбросов парниковых газов с целью снижения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду является одной из важнейших современных задач на международном уровне. В связи с чем в мире растет интерес к низкоуглеродной водородной энергетике, концепция которой основывается на применении водорода в качестве емкого и экологически чистого энергоносителя. Наиболее активно нормативные документы в области «зеленой» энергетики разрабатываются в Европе. Однако учитывая, что Россия является одним из ключевых поставщиков энергоносителей и сырья для энергоемких производств, в Российской Федерации ведется разработка комплекса документов в рамках государственной энергетической политики, которая определяет Энергетическую стратегию страны на период до 2035 года, а ориентиры отрасли – до 2050 года [1, 2].

Наиболее эффективными способами производства водорода с низким углеродным следом являются получение его из природного газа или угля с использованием технологий улавливания и хранения углерода (CCS) и метод электролиза воды [3]. В зависимости от способа производства и соответствующего ему углеродного следа выделяют следующую маркировку водорода по цветам: «голубой» водород получают из природного газа методом паровой конверсии метана с улавливанием и хранением углекислого газа; если вредные выбросы в процессе производства уходят в атмосферу, водород «серый»; «желтый» – методом электролиза, при этом источником электроэнергии является атомная электростанция; «зеленый» – методом электролиза при использовании электроэнергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками, является наиболее экологически чистым.

Первый в России совместный проект корпорации «Роснано» и ПАО «Энел Россия» (дочерней фирмой нидерландской компании Энел) по производству и экспорту в страны ЕС «зеленого» водорода планируется реализовать на Кольском полуострове, на базе Кольской ВЭС, ввод в эксплуатацию которой намечен на

2022 год. Планируется, что ветропарк мощностью 201 МВт будет оснащен 57 ветроэнергетическими установками (ВЭУ) и расположен на территории общей площадью 257 га вблизи 81 км автодороги Мурманск-Териберка. Начиная с 2025 года, с использованием электроэнергии, вырабатываемой Кольской ВЭС, методом электролиза планируется производить 12 тыс. т водорода в год.

Это крупный для Мурманской области инвестиционный проект, который заморожен по геополитическим мотивам Европейского сообщества и дальнейшее его развитие неоднозначно.

С внедрением водородных технологий также связаны еще два крупных национальных инвестпроекта, реализуемых в Мурманской области. Первый проект – сооружение двухблочной Кольской АЭС-2 общей мощностью 1200 МВт, начало строительства которой планируется госкорпорацией «Росатом» в 2028 году. Выбранная площадка для КАЭС-2 расположена в 8 км к западу от г. Полярные Зори на северном побережье губы Кунчаст озера Имандр. Ввод в эксплуатацию первого энергоблока запланирован на 2034 год.

Второй проект – «Арктик СПГ 2» по производству сжиженного природного газа (СПГ), разработан компанией «НОВАТЭК». В настоящее время в рамках этого проекта на побережье Кольского залива, вблизи п. Белокаменка, ведется строительство Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Согласно плану на Кольском полуострове будет размещен перегрузочный СПГ-комплекс, который будет принимать 20% произведенного СПГ для дальнейшей его транспортировки в западном направлении на рынки стран Европы [4].

Помимо экспортного направления водородная энергетика имеет перспективы внутри страны и, в частности – Мурманской области. К 2024 году согласно распоряжению правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р [5] планируется разработка с последующим изготовлением и испытанием газовых турбин на метано-водородном топливе. Применение подобных технологий может значительно сократить количество вредных выбросов в атмосферу и, соответственно, снизить нагрузку на экологию региона, что представляет собой актуальную проблему с точки зрения сохранения и защиты окружающей среды Арктической зоны РФ.

Развитие «зеленой» энергетики в Мурманской области становится еще более интересным направлением в связи с тем, что Кольский полуостров располагает высоким потенциалом возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра, солнечная энергия, гидроэнергия малых рек, морских приливов, волн и др.

Ветроэнергетические ресурсы региона распределены по его территории неравномерно. Наибольший потенциал ветровой энергии сосредоточен в прибрежных районах Баренцева и Белого морей, где средние многолетние скорости ветра на высоте 10 м достигают 6-8 и 5-6 м/с соответственно. Максимум интенсивности ветра приходится на зимний период, что в совокупности с устойчивостью господствующих ветров и повторяемостью их скоростей создает благоприятные условия для применения ВЭУ ветроэнергетических установок.

Технические ресурсы ветра в указанных районах оцениваются в 120 млрд кВт·ч [6].

Помимо площадки Кольской ВЭС выделены еще четыре площадки для сооружения ветропарков вблизи северного побережья Кольского полуострова: около пос. Лодейное, на берегу Верхне-Териберского водохранилища, около Серебрянской ГЭС-2 и в районе Лиинахамари на крайнем северо-западе [7].

В Мурманской области может получить развитие и малая возобновляемая энергетика, как направление, ориентированное на автономное энергоснабжение удаленных рассредоточенных потребителей. Применение ВЭУ, малых и микро-ГЭС как по отдельности, так и в комплексе способно существенно сократить расход дорогостоящего дизельного топлива. В роли потенциальных заказчиков таких установок могут выступать туристические и рыболовно-охотничьи базы, воинские части, метеостанции, малые рыбоперерабатывающие предприятия, частные фермерские хозяйства и т.д.

Развитие «зеленой» энергетики в Мурманской области может послужить эффективной мерой по снижению углеродного следа, направленной на решение как глобальной проблемы изменения климата, так и внутрирегиональных проблем, связанных с тяжелой экологической ситуацией, сложившейся в результате воздействия активно развитой промышленности.

Созданию на территории Кольского полуострова углеродно-свободной зоны способствует реализация долгосрочных проектов по внедрению низкоуглеродных водородных технологий и освоению высокопотенциальных возобновляемых источников энергии.

Развитие водородной энергетики в Мурманской области связано, в первую очередь, с проектами, на базе которых планируется осуществлять производство водорода, который будет экспортироваться в страны ЕС. Тем не менее, применение водорода в качестве экологичного энергоносителя имеет перспективы внутри региона. На сегодняшний день этот вопрос является актуальным и требует дополнительных исследований в области разработки технологий на основе метано-водородного и водородного топлива.

Приоритетными направлениями развития возобновляемой энергетики на Кольском полуострове являются системная и автономная ветроэнергетика, а также малая гидроэнергетика. В перспективе возобновляемые источники энергии способны обеспечить энергоснабжением широкий круг децентрализованных потребителей региона, сократить расходы на привозное топливо, создать комфортные условия проживания местного населения и повысить качество туристического сервиса.

#### Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года»

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 года №2162-р «Об утверждении Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации».

3. Водородная энергетика. Энергетический бюллетень Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации. – 2020, № 89. – 29 с.

4. Проект «Арктик СПГ 2» : [сайт]. – URL: <https://arcticspg.ru/> (дата обращения 18.03.2021). – Текст: электронный.

5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 2634-р «Развитие водородной знеретики в Российской Федерации до 2024 года»

6. Минин, В.А. Состояние и перспективы развития электроэнергетики Мурманской области. – Текст : непосредственный // Труды Кольского научного центра РАН. Энергетика. – 2017. – № 15. – С. 7-15.

7. Кузнецов Н.М., Коновалова О.Е. Альтернативная энергетика на арктических территориях Российской Федерации. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. – 2019. – № 10. – С. 40-46.

УДК 53.087; 621.317; 67.03  
ГРНТИ 44.29.29

## ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННОМУ МЕТОДУ ДРОБЛЕНИЯ ТВЁРДЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*А.С. Зорин*

ЦЭС КНЦ РАН, Апатиты, Россия, a.zorin@ksc.ru

**Аннотация.** В статье описывается электроимпульсная технология дезинтеграции твёрдых диэлектрических материалов. Рассмотрены схемы высоковольтных импульсных генераторов.

**Ключевые слова:** электроимпульсная технология, генератор импульсных напряжений, генератор импульсных токов, дробление материала.

## ELECTROPULSE TECHNOLOGY IS AN ALTERNATIVE TO THE TRADITIONAL METHOD OF DESTRUCTION SOLID DIELECTRIC MATERIALS

*A.S. Zorin*

NERC KSC RAS, Apatity, Russia, a.zorin@ksc.ru

**Abstract.** The article describes the electropulse technology for the disintegration of solid dielectric materials. Circuits of high-voltage pulse generators are considered.

**Keywords:** electropulse technology, impulse voltage generator, impulse current generator, material destruction.

В настоящее время внушительное количество производственно-перерабатывающих предприятий применяет механический метод дробления горных и искусственно-выращенных материалов. Данный метод имеет столь большой спрос из-за весьма высокой своей эффективности и частичной безальтернативности. Но стоит также отметить, что некоторые стадии такого метода подразумевают внесение погрешности в качество конечной продукции. Так, к примеру, стадия непосредственного дробления образца с помощью механического воздействия влечёт за собой загрязнение продукта на выходе из-за износа металлических частей дробильной установки. Под износом подразумевается откалывание небольших кусочков разрабатываемых частей дробильной установки и дальнейшее их смешивание с основной массой породы, либо же натирание в породу мелкодисперсной металлической пыли, которая также является результатом трения породы о металлические части дробильной установки. Как следствие, это влечёт за собой необходимость внедрения дополнительных стадий очистки конечного продукта [3].

Ещё одним немаловажным фактором является излишнее перетирание образцов до фракций менее 0.2-0.3 мм. Некоторые стадии последующего производства подразумевают использование фракций размером от 0.5 до 0.7 мм, соответственно, в данном случае фракции меньшего размера будут считаться «паразитными» и использоваться не будут.

В век научно-технического прогресса и внушительного доступа к широкому спектру ресурсов имеет смысл разработка альтернативного метода дробления различных видов пород и материалов. Так, к примеру, уже проводится масса опытов и экспериментов по изучению возможности дробления различных диэлектрических материалов электроимпульсными методами [3].

**Электроимпульсная технология разрушения (дезинтеграции) материалов.** Главной отличительной чертой данной технологии является механизм воздействия на опытный образец. Разрушение образца происходит посредством образования в нём проводящего канала, создаваемого в момент электрического пробоя высоковольтным импульсом. Выделение энергии в проводящем канале сопровождается появлением разрывающих усилий, которые позволяют разрушить образец.

В экспериментальных исследованиях для создания высоковольтного импульса применяются две разновидности схем генераторов – генератор импульсных напряжений (ГИН) и генератор импульсных токов (ГИТ). Принцип действия таких генераторов основывается на заряде емкостных накопителей и последующим их разряде на заданную технологическую нагрузку, будь то высоковольтная изоляция или же образец материала – к примеру, кусок горной породы. Эффективность и в то же время уникальность данных источников заключается в способности генерировать высоковольтные импульсы с крутым разрядным фронтом, влияние которых позволит с достаточно высокой точностью определить необходимые диэлектрические, структурные и некоторые другие параметры испытуемого образца [3].

**Работа одиночного ГИН на технологическую нагрузку.** Дробление материала при помощи одиночного генератора импульсных напряжений по типу генератора Аркадьева-Маркса заключается в непосредственном электрическом пробое образца, помещённого в специальную дробильно-измельчительную камеру (ДИК) с системой электродов, заполненную диэлектрической жидкостью – технической или дистиллированной водой. Принципиальная схема применяемого в лабораторных исследованиях одиночного ГИН представлена на рисунке 1 [3].

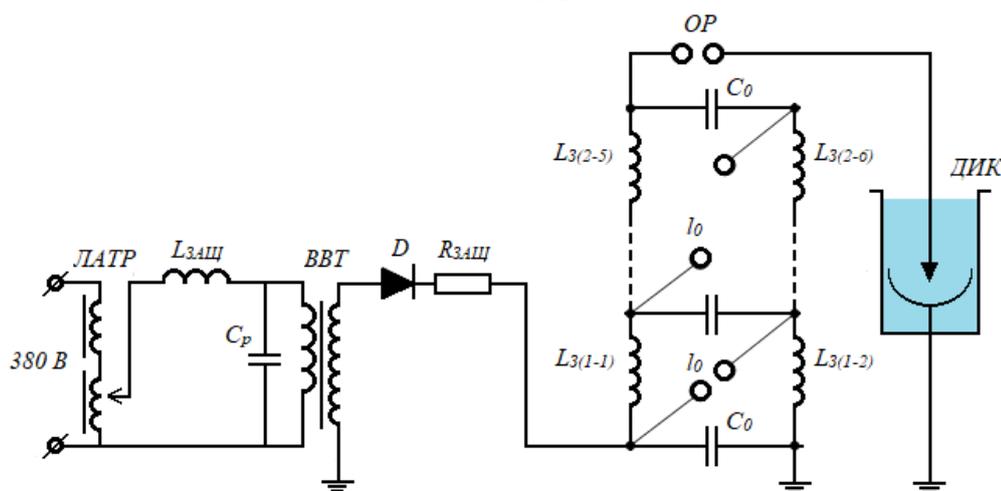


Рисунок 1. – Схема одиночного генератора импульсных напряжений.

Образец размещается в межэлектродном промежутке дробильно-измельчительной камеры (ДИК). Конфигурация электродов, их расположение друг относительно друга, а также геометрия самой камеры определяются в зависимости от задач, поставленных конкретным экспериментом. Две наиболее часто применяемые конфигурации электродов – «остриё-остриё» и «остриё-полусфера». Устройство одной из таких конфигураций представлено на рисунке 2 [2].

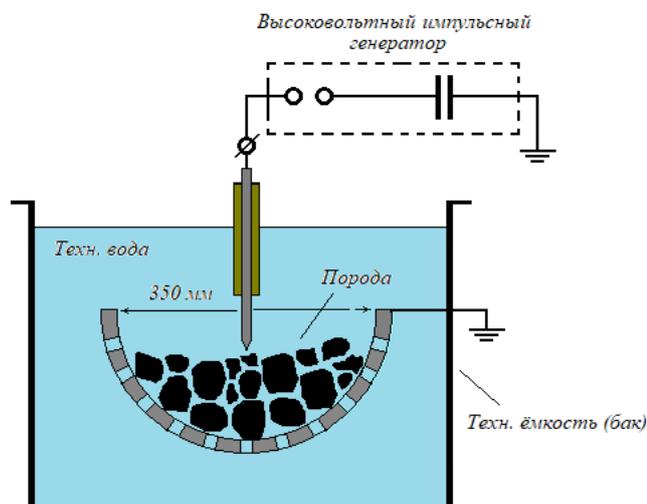


Рисунок 2. – Устройство дробильно-измельчительной камеры.

Следует отметить, что в данном случае оба электрода в камере находятся в непосредственном физическом контакте с образцом породы до момента срабатывания емкостных накопителей схемы ГИН. Именно поэтому воздействие на образец определяется как электроимпульсное.

**Работа одиночного ГИТ на технологическую нагрузку.** Принцип дробления образцов породы при помощи одиночного генератора импульсных токов основывается на эффекте явления гидроудара, возникающего в момент пробоя жидкой диэлектрической среды, в которую помещён образец породы. Данный метод подразумевает эффективное воздействие на породу двух следующих факторов: воздействие электрического импульса в момент пробоя образца, а также воздействие ударной волны диэлектрической жидкости, которая подвергается электрическому пробое одновременно с образцом. Схема установки с одиночным ГИТ приведена на рисунке 3 [3].

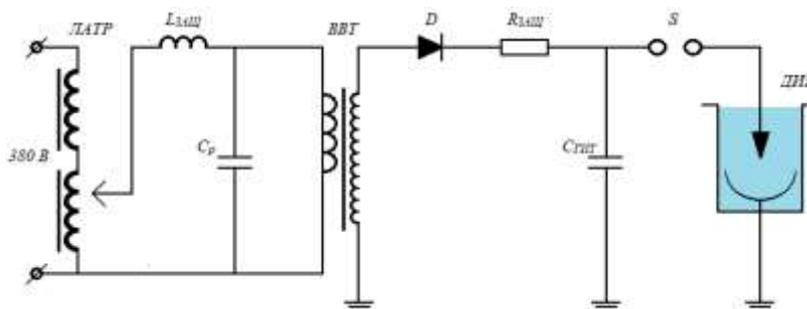


Рисунок 3. – Схема одиночного генератора импульсных токов.

В установке с одиночным ГИТ геометрия дробильно-измельчительной камеры идентична той, что используется в предыдущем случае с одиночным ГИН. Но важно понимать, что механизм электрогидроимпульсного воздействия на образец породы вносит свои коррективы в расположение электродов по отношению к самому образцу. В данном случае физический контакт с породой имеет только лишь один электрод – «полусфера». Между образцом и острым электродом присутствует водный промежуток в несколько миллиметров (от 3 до 20 мм), предназначенный для возникновения ударной волны диэлектрической жидкости после срабатывания емкостных накопителей схемы ГИТ. Если пренебречь этим промежутком, то энергии, запасённой в накопителях ГИТ, будет недостаточно для разоружения образца породы, так как характер воздействия будет исключительно электроимпульсным с очень низким уровнем энергии. Если образец проявляет полупроводниковые свойства, то расстояние между электродами будет им зашунтировано и, следовательно, разрушение не произойдёт, так как воздействие на породу будет абсолютно неэффективным.

Описанный принцип воздействия на образец и рассмотренные схемы ГИН и ГИТ позволяют заключить о перспективе исследований электроимпульсной технологии в качестве достойной альтернативы механическому методу дробления твёрдых диэлектрических материалов.

Список литературы

1. Режимы работы группы генераторов импульсного напряжения с общей технологической нагрузкой / А.Н. Данилин, А.А. Климов // Труды КНЦ РАН, 2018. - №8. – С. 116-122. – DOI10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.8.116-122.

2. Сравнительный анализ эффективности электроимпульсного разрушения различных типов горных пород Мурманской области / А.С. Потокин, А.А. Климов // Труды КНЦ РАН, 2020. №11. – С. 92-97. – DOI10.37614/2307-5252.2020.7.19.012.

3. Зорин, А.С. Исследование синхронной работы высоковольтных импульсных источников напряжения и тока на технологическую нагрузку: специальность 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»: выпускная квалификационная работа бакалавра / Зорин Александр Сергеевич; Мурманский арктический государственный университет. – Мурманск, 2020. – 37 с.

УДК 621.317; 67.03  
ГРНТИ 44.29.29

**ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДРОБЛЕНИЯ.  
СИНХРОНИЗАЦИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ  
ИСТОНИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА**

*А.С. Зорин*

ЦЭС КНЦ РАН, Апатиты, Россия, a.zorin@ksc.ru

**Аннотация.** В статье представлен метод синхронизации высоковольтных импульсных источников напряжений и токов для их совместного срабатывания на технологическую нагрузку. Продемонстрированы экспериментальные осциллограммы действия данных источников.

**Ключевые слова:** электроимпульсная технология, синхронизация схем генераторов импульсов, диодная сборка.

**ELECTROPULSE TECHNOLOGY. SYNCHRONIZATION OF HIGH-  
VOLTAGE PULSE VOLTAGE AND CURRENT SOURCES**

*A.S. Zorin*

NERC KSC RAS, Apatity, Russia, a.zorin@ksc.ru

**Abstract.** The article presents a method for synchronizing high-voltage pulsed voltage and current sources for their joint operation on a technological load. Experimental oscillograms of the action of these sources are demonstrated.

**Keywords:** electropulse technology, synchronization of pulse generator circuits, diode assembly.

Во многих научно-популярных источниках говорится о том, что альтернативой механическому методу дробления твёрдых материалов может выступать технология электроимпульсного разрушения. Существенным преимуществом данной технологии небезосновательно выделяют гораздо меньшее загрязнение продукта на выходе со стадии дробления. Объясняется это тем, что прототипы установок не имеют в своей конфигурации механизмов трения и, соответственно, износа. Исходя из этого, количество стадий производственного процесса существенно сократится, так как пропадёт необходимость очистки конечного продукта (раздробленного материала).

Стоит отметить так же и недостаток предлагаемой технологии, заключающийся в возможности дробления исключительно диэлектрических материалов, так как материалы с высокой электропроводностью будут шунтировать рабочий (межэлектродный) промежуток в дробильно-измельчительной камере и, соответственно, электроимпульсное воздействие будет совершенно неэффективным.

На данный момент наиболее эффективными агрегатами для электроимпульсного разрушения материалов считаются установки, в компоновку которых внедрены схемы генераторов импульсных напряжений (ГИН) и импульсных токов (ГИТ). Рассматриваются в основном одиночные схемы ГИН и ГИТ, но также речь идёт и о синхронизации последних в общую энергетическую схему ГИН-ГИТ [2].

**Экспериментальные осциллограммы срабатывания ГИН и ГИТ на технологическую нагрузку.** В ходе лабораторных исследований были получены осциллограммы напряжений и токов, снятые на нагрузке. В качестве технологической нагрузки были использованы следующие материалы – карбид кремния (SiC) и электрокорунд разных марок ( $Al_2O_3$ ). Осциллограммы на рисунках 1 и 2 можно назвать типовыми, так как они приводятся для сравнения процессов срабатывания емкостных накопителей схем ГИН и ГИТ [3].

Сравнительный анализ представленных выше осциллограмм показывает, что схема одиночного ГИТ позволяет получить значительно большие импульсные токи при гораздо более низких уровнях пробивного напряжения (напряжения в импульсе). Но стоит отметить, что энергия импульса схемы ГИТ идёт также и на пробой водного промежутка между образцом материала и острым электродом, поэтому нельзя уверенно говорить о том, что количество энергии схемы ГИТ, воздействующей именно на образец, значительно выше уровня энергии от схемы ГИН. Исходя из этого, имеет смысл попытаться синхронизировать схемы одиночных ГИН и ГИТ для более эффективного их функционирования.

**Синхронизация схем одиночных ГИН и ГИТ.** Предполагается следующий механизм действия синхронизированной схемы. Генератор импульсных напряжений создаёт в образце породы (технологической нагрузке) проводящий канал высокого потенциала, но с малой проходящей по нему

энергией, которой будет недостаточно для дальнейшего разрушения этого образца. После образования в породе стабильного (неугасающего) проводящего канала начнётся перекачка энергии от схемы ГИН к схеме ГИТ. Затем в проводящий канал закачивается энергия от ГИТ в форме импульсного тока высокого ампеража. Соответственно, протекание тока по проводящему каналу должно вызвать появление достаточных по величине разрывающих усилий, которые позволят разрушить образец [3].

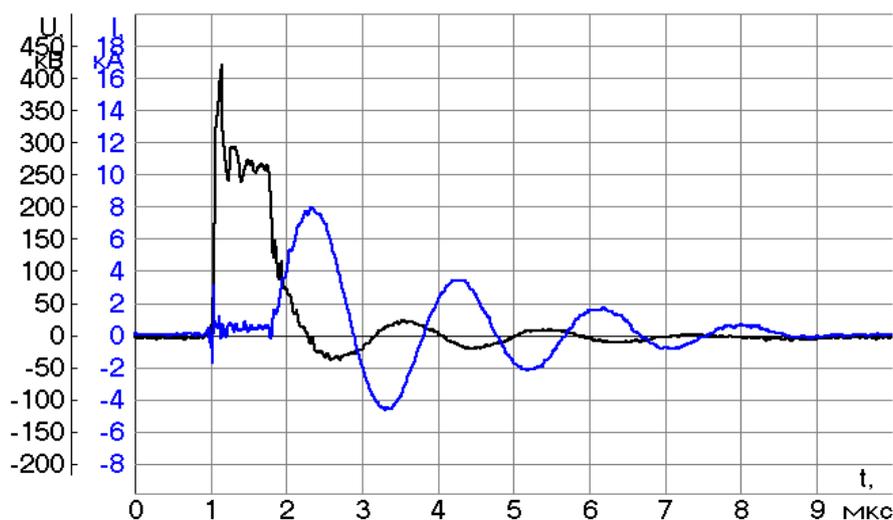


Рисунок 1. – Работа одиночного ГИН – осциллограммы напряжения и тока на нагрузке при параметрах установки: ёмкость накопительной части –  $C_{\text{Гин}} = 9 \times 0.1$  мкФ; зарядное напряжение – 36 кВ; напряжение в импульсе – 324 кВ; энергия в импульсе – 583.2 Дж.

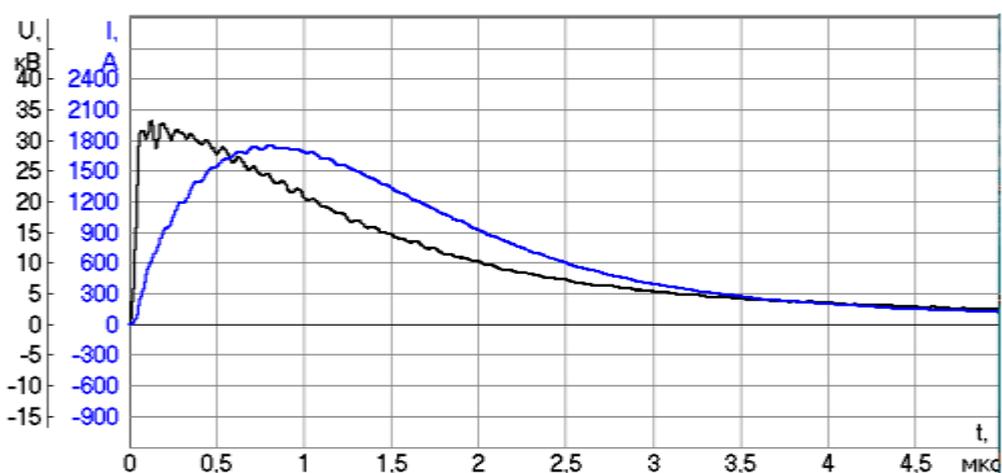


Рисунок 2. – Работа одиночный ГИТ – осциллограммы напряжения и тока на нагрузке при параметрах установки:  $S = 12$  мм; напряжение разряда – 36 кВ; ударная ёмкость – 2 мкФ; энергия в импульсе – 1296 Дж.

Для синхронизации схем ГИН и ГИТ требуется специальное устройство, позволяющее осуществить необходимую временную задержку перекачивания энергии, которая упомянута в механизме действия схемы. Так же должен быть

снижен уровень энергии, запасаемой в накопителях ГИН, до значения, позволяющего только лишь образовать высоковольтный проводящий канал в образце материала, в который далее будет закачиваться энергия от накопителей схемы ГИТ [3].

Таким устройством был предложен так называемый диодный ключ – сборка из 7-12 диодов, параллельно каждому из которых был подключён конденсатор (для компенсации собственной ёмкости диода) и варистор (для пропускания через себя обратных токов от схемы). Принципиальная схема синхронизированных ГИН-ГИТ представлена на рисунке 3 [3].

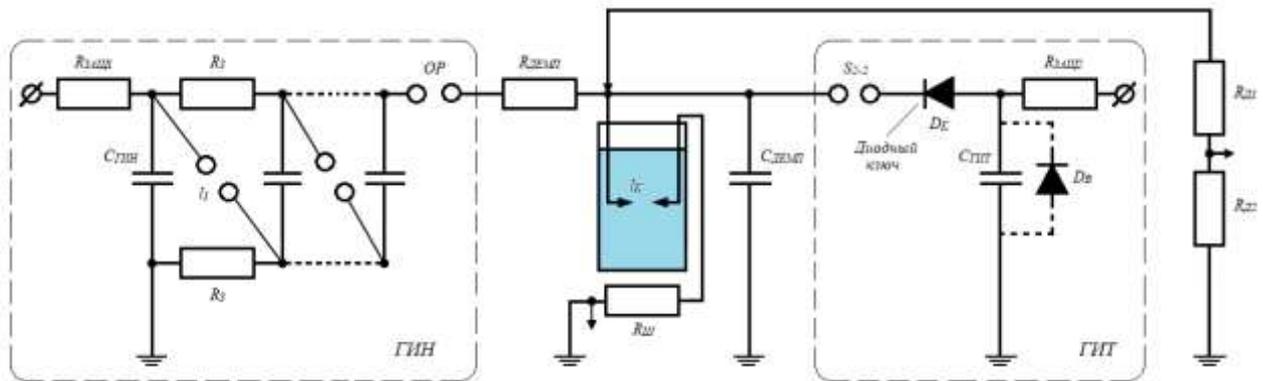


Рисунок 3. – Принципиальная схема синхронизированных ГИН и ГИТ при помощи диодного ключа  $D_K$ .

На рисунке 4 представлены осциллограммы напряжения и тока на нагрузке в момент срабатывания емкостных накопителей синхронизированной схемы ГИН-ГИТ. Стоит отметить, что в схеме ГИТ был использован возвратный диод для компенсации колебаний на нагрузке, что позволило снизить уровень энергетических потерь разрядной стадии [3].

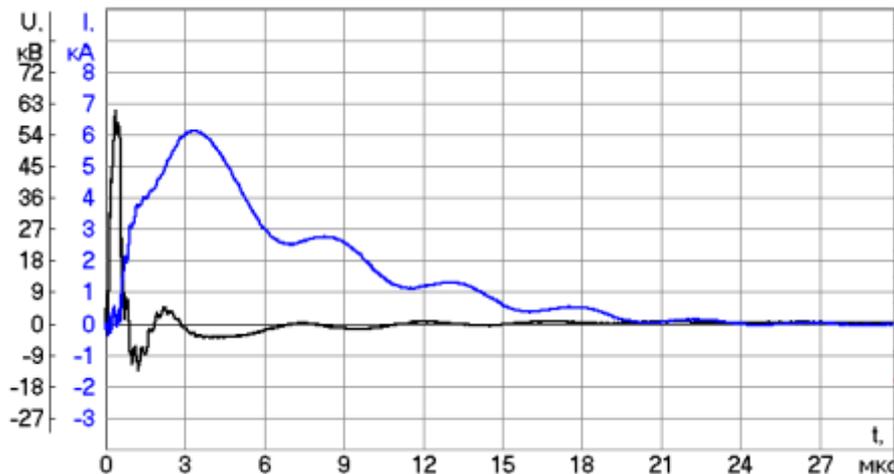


Рисунок 4. – Разряд синхронизированной схемы ГИН-ГИТ на технологическую нагрузку.

Осциллограммы напряжения и тока наглядно демонстрируют работоспособность синхронизированной схемы ГИН-ГИТ. Прослеживается увеличение амплитуды импульсного тока, проходящего через нагрузку в момент разряда.

Рассмотренный в статье метод синхронизации схем одиночных ГИН и ГИТ при помощи диодного ключа имеет положительный эффект и, соответственно, далее имеет смысл проводить исследования по модернизации компонентов установки для достижения наиболее сбалансированного и энергетически выгодного процесса дробления горных пород и искусственно-выращенных материалов.

#### Список литературы

1. Режимы работы группы генераторов импульсного напряжения с общей технологической нагрузкой / А.Н. Данилин, А.А. Климов // Труды КНЦ РАН, 2018. №8. – 116-122 с. – DOI:10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.8.116-122.

2. Исследование схем синхронизации высоковольтных импульсных источников / А.А. Климов // Труды КНЦ РАН, 2019. № 5. – 96-104 с. – DOI:10.25702/KSC.2307-5252.2019.5.96-104.

3. Зорин, А.С. Исследование синхронной работы высоковольтных импульсных источников напряжения и тока на технологическую нагрузку: специальность 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»: выпускная квалификационная работа бакалавра / Зорин Александр Сергеевич; Мурманский арктический государственный университет. – Мурманск, 2020. – 37 с.

УДК 661.931  
ГРНТИ 44.01.11

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Н.И. Лазарев*

ЦЭС КНЦ РАН, Апатиты, Россия, n.lazarev@ksc.ru

**Аннотация.** Показаны способы производства водорода. Рассмотрены перспективы производства водорода в Мурманской области.

**Ключевые слова:** водород, производство, электролиз, альтернативная энергетика.

## PERSPECTIVES FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN THE MURMANSK REGION

*N.I. Lazarev*

NERC KSC RAS, Apatity, Russia, n.lazarev@ksc.ru

**Abstract.** Methods of hydrogen production are shown. The prospects for hydrogen production in the Murmansk region are considered.

**Key words:** hydrogen, production, electrolysis, alternative energy.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

В современном мире все больше заинтересованы в том, чтобы снизить долю парниковых газов. Для этого сокращают потребления мазута, нефти, угля.

Развитие альтернативных источников энергии не стоит на месте. Водородная энергетика является одним из перспективных направлений альтернативной энергетики. Интерес использования водорода как топлива для электростанций растет. Теплота сгорания водорода 141 МДж/кг, что значительно выше теплоты сгорания традиционного топлива (табл. 1).

Таблица 1 – Удельная теплота сгорания традиционного топлива

Вещество	Теплота сгорания, МДж/кг
Нефть	41
Каменный уголь	27
Природный газ	45

Почти весь производимый водород используется для очистки нефти, обработки металлов, производства удобрений. В настоящее время рынок водорода как энергоносителя отсутствует. Мировой спрос на чистый водород с 1975 года до 2018 года вырос в три раза (рис. 1) [1]. Производство водорода почти полностью обеспечивается за счет ископаемого топлива: 75% приходится на природный газ, 23% на уголь, остальной объем 2% производится электролизом.

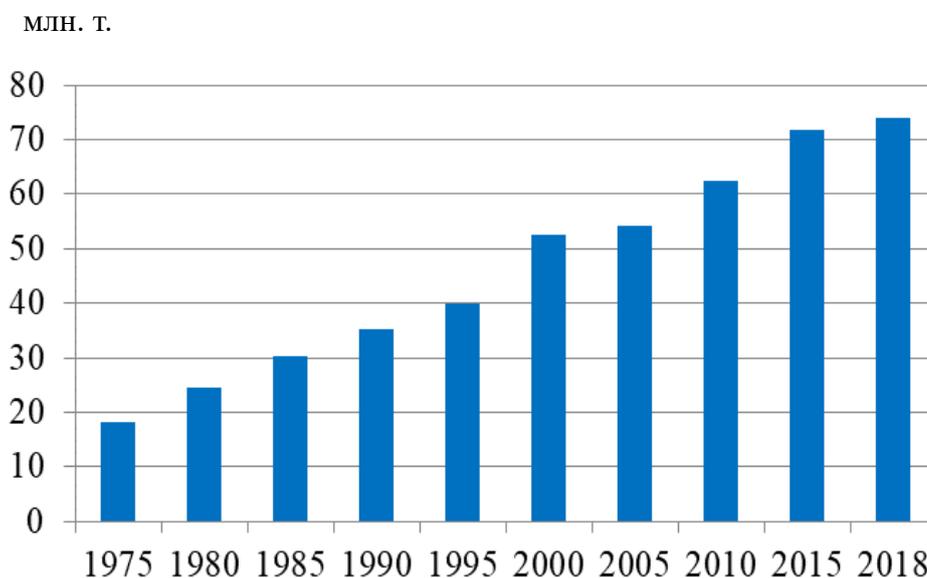


Рисунок 1. – Мировой спрос на чистый водород.

Одной из проблем использования водорода в качестве топлива является эффективное извлечение его из соединений, с которыми он связан. Производство водорода требует энергии, так как водород не существует в природе свободно, он хранится в воде ( $H_2O$ ), углеводородах ( $CH_4$ ). По способу производства водород разделяют по цветам (табл. 2).

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Таблица 2. – Способы производства водорода.

Водород	Способ производства водорода
«Зеленый»	Электролиз с использованием ВИЭ
«Желтый»	Электролиз с использованием АЭС
«Бирюзовый»	Пиролиз природного газа (метана)
«Голубой»	Паровая конверсия метана или угля с утилизацией CO <sub>2</sub>
«Серый»	Паровая конверсия метана с выбросом CO <sub>2</sub>
«Бурый»	Газификация или паровая конверсия угля

Для Европы главная цель - получение «зеленого» водорода. Такой способ производства водорода считается самым экологически чистым, но дорогостоящим (рис. 2). Если водород будет вырабатываться электролизом, но на угольной станции, то такой водород не будет являться «зеленым» водородом.

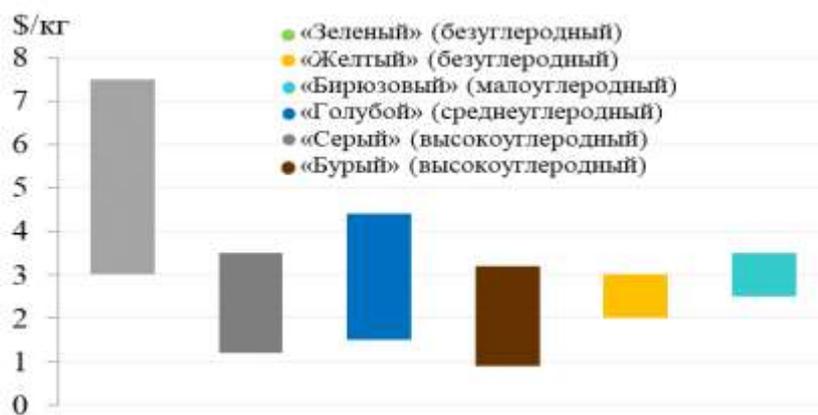


Рисунок 2. – Стоимость производства водорода.

В России уже утверждена стратегия развития водородной энергетики. Задачи стратегии развития производства и потребления водорода, включение РФ в число мировых лидеров по производству и экспорту водорода [2].

Россия обладает преимуществами по развитию водородной энергетики. Водородная энергетика является приоритетным направлением научно-технологического развития Госкорпорации «Росатом». Компания готовится запустить пилотные водородные установки в 2024 году.

В России проще всего получить водород способом паровой конверсии метана, потому что в стране много природного газа и более продвинутая технология получения водорода. Производство таким методом сопровождается выбросами углекислого газа и требует использования технологий улавливания CO<sub>2</sub>, увеличивая себестоимость водорода на 30 % [3].

Альтернативная энергетика в Мурманской области имеет значительный потенциал, но в настоящее время мощность возобновляемых источников энергии составляет 2,7 МВт, это менее 0,1% установленной мощности всех электростанций [4].

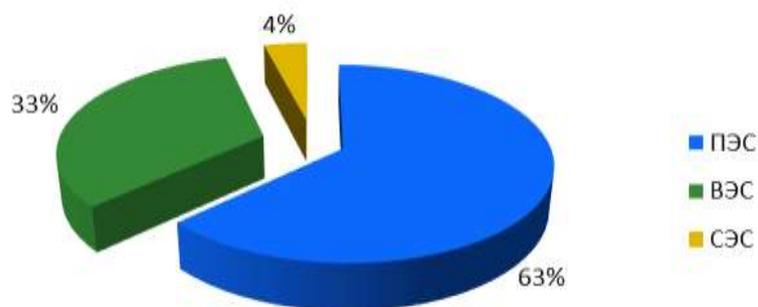


Рисунок 3. – Установленная мощность электростанций, работающих на ВИЭ

В Мурманской области возможно использование возобновляемого источника чистой приливной энергии для производства водорода. В 1962 году в технико-экономическом докладе по проектированию Лумбовской приливной электростанции рассматривалось предложение по производству водорода путем электролиза воды с последующим синтезом азота и выдачей аммиака, что могло бы использоваться в качестве потребителя-регулятора [5].

В настоящее время в качестве пилотной площадки для производства водорода выбрана Кольская АЭС. На атомной станции создадут стендовый испытательный комплекс по производству водорода способом электролиза. Некоторые европейские страны заинтересованы в том, чтобы АЭС были признаны зелеными, для России в этом есть выгода, так как в ЕС можно наладить экспорт водорода.

Причины выбора Кольской АЭС – это избыток вырабатываемой энергии, низкая стоимость этой энергии, и имеющийся опыт производства водорода для собственных нужд. Поэтому подключение нагрузки является выгодным для атомной станции, так как обеспечит работу станции на постоянном уровне мощности в момент низкой загрузки.

Следует отметить, что хранение и транспортировка водорода отличается от хранения и транспортировки других видов энергоносителей.

Транспортировать водород можно в газообразном, жидком состоянии или используя носители, содержащие водород в связанном виде. Водород в газообразном состоянии можно транспортировать по специальным трубопроводным системам и по существующим газопроводам.

Строительство новых водородных газопроводов целесообразно при регулярном потреблении водорода из-за высокой стоимости. Также возможно использование существующей сети газопровода природного газа для транспортировки. Систему газоснабжения ОАО «Газпром» можно использовать для доставки водорода и метано-водородной смеси, но трубопроводы для природного газа могут оказаться не пригодными для транспортировки водорода [6]. Так как, водород ведет к ломкости металла, охрупчиванию подвержены высокопрочные стали, а также сплавы титана и никеля [7]. Для этого требуется вести исследования свойств материалов и научно-исследовательские работы.

Для средних потребителей, транспортировка водорода в криогенных цистернах является наиболее экономичной, но поддержание низкой температуры в большом объеме продолжительное время очень энергозатратно.

Хранение водорода в больших объемах экономически невыгодно. Необходимо обеспечить непрерывный цикл его производства и потребления. Производство водорода электролизом с помощью ядерной энергии может оказаться рентабельным, если не учитывать капиталовложения в АЭС, условия хранения радиоактивных отходов. В Мурманской области есть перспектива развития водородной энергетики.

#### Список литературы

1. The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities. IEA. 2019. 203 p. URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> (дата обращения 20.02.2022)
2. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: [утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 1523-р от 9 июня 2020 года]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565068231> (дата обращения 30.03.2022)
3. Конопляник, А. Чистый водород из природного газа / А. Конопляник // Газпром. – 2020. - № 9. – С. 19-29. URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2020/pure-hydrogen/> (дата обращения 01.03.2022)
4. Коновалова, О. Е. Возобновляемые источники энергии в Мурманской области / О. Е. Коновалова, Н. М. Кузнецов // Промышленная энергетика. – 2018. – № 9. – С. 51-56.
5. Бернштейн, Л. Б. О проектировании Лумбовской приливной электростанции / Л. Б. Бернштейн, И. Н. Усачев // Проблемы энергетики Мурманской области и соседних районов. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1980. – С. 117-123.
6. Алексеева, О. К. Транспортировка водорода / О. К. Алексеева, С. И. Козлов, В. Н. Фатеев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 3. – С. 18-21.
7. Полякова, Т. В. Состояние и перспективы водородной энергетики в России и мире. URL: [https://mgimo.ru/files/120132/polyakova\\_vodorod.pdf](https://mgimo.ru/files/120132/polyakova_vodorod.pdf) (дата обращения 15.03.2022)

УДК 662.642+338.585  
ГРНТИ 39.21.02

## ОПТИМИЗАЦИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

*Н.А. Сивцев*

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия,  
sivtsevnicol@gmail.com

**Аннотация.** Приведена общая информация по структуре децентрализованной малой энергетике Арктической зоны Республики Саха (Якутия). Показаны объемы завоза дизельного топлива и каменного угля для обеспечения электрической и тепловой энергией труднодоступных и отдаленных населенных пунктов. Предложен способ оптимизации малой энергетике путем уменьшения завоза дорогостоящего дизельного топлива за счет когенерации электрической и тепловой энергии на базе местных ископаемых углей. Когенерацию предлагается осуществить на основе применения паропоршневых двигателей с минимальными конструктивными изменениями. На примере конкретного муниципального образования показано снижение издержек за счет замещения дизельного топлива каменным углем.

**Ключевые слова:** Малая энергетика, дизельное топливо, каменный уголь, паропоршневой двигатель, когенерация.

## OPTIMIZATION OF SMALL-SCALE ENERGY IN THE ARCTIC ZONE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

*N.A. Sivtsev*

Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia,  
sivtsevnicol@gmail.com

**Annotation.** The general information on the structure of the decentralized small power industry of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) is given. The volumes of diesel fuel and coal imports for providing electric and thermal energy to hard-to-reach and remote settlements are shown. A method for optimizing small-scale energy by reducing the import of expensive diesel fuel due to the cogeneration of electric and thermal energy based on local fossil coals is proposed. Cogeneration is proposed to be carried out on the basis of the use of steam piston engines with minimal structural changes. The example of a specific municipality shows the reduction of costs due to the replacement of diesel fuel with coal.

**Keywords:** Small power engineering, diesel fuel, coal, steam piston engine, cogeneration.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Намечаемый в настоящее время энергетический кризис показывает доминирующую роль традиционных источников энергии и необходимость более плавного перехода к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). В Арктической зоне Республики Саха (Якутия) энергетика децентрализована и представлена в основном дизельными электростанциями, которые снабжают отдельные поселки и горнодобывающие предприятия. Можно только представить себе себестоимость производимой электроэнергии при стоимости дизельного топлива за 75 тыс. рублей и выше за тонну. Для нивелирования высоких цен за электроэнергию применяется перекрестное субсидирование между централизованным и децентрализованным электроснабжением. Наличие перекрестного субсидирования вынуждает крупные компании уходить на оптовые энергетические рынки или создавать свою генерацию, что обуславливает все большую нестабильность в энергоснабжении. При сложившейся ситуации весьма актуальной становится поиск решений по удешевлению электроэнергии в зонах децентрализованного энергоснабжения.

Всего на обеспечение электрической и тепловой энергией труднодоступных и отдаленных населенные пункты в составе АО «Сахаэнерго» функционируют 135 дизельных станций [3]. Общая установленная электрическая мощность энергообъектов АО «Сахаэнерго» в 2020 году составляла 213,603 МВт, из них на ДЭС приходится 203,542 (табл1), или 95,3%. Более 80 процентов мощности (167,2 МВт) электростанций АО «Сахаэнерго» эксплуатируется в арктических районах республики. Для нужд энергоисточников АО «Сахаэнерго» в Арктической зоне республики ежегодно необходим завоз топливно-энергетических ресурсов, в том числе: дизельного топлива до 60 000 тонн.

Таблица 1. – Установленная мощность электростанций и котельных АО «Сахаэнерго» (01.01.2021)

	Установленная мощность	
	Электрическая МВт	Тепловая, Гкал/ч
ДЭС	<b>203,542</b>	16,269
ВИЭ	2,561	-
Мини-ТЭЦ	7,5	68,9
Котельные	-	10,8
Всего:	213,603	95,969

В Арктической зоне Якутии 94,2% от установленной мощности децентрализованных энергосистем приходится на дизельные электростанции, 4,5% – на мини ТЭЦ и лишь 1,3% – на возобновляемые источники энергии (солнечные панели и ветровые установки).

В это же время в Республике Саха (Якутия) продолжается программа по подключению жилфонда к централизованной системе теплоснабжения с использованием резервной мощности действующих котельных.

Объем внутреннего потребления угля в республике Саха (Якутия) составляет около 2,5 млн. т [5]. Из них 300 тыс. т ежегодно потребляется на

отопительных котельных арктических районов [2]. Для удешевления электроэнергии в Арктической зоне наряду с развитием и расширением ВИЭ необходимо рассмотреть возможности когенерации – комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на основе местных энергетических сырьевых ресурсов.

Безусловно, совместное производство тепловой и электрической энергии представляется более эффективной. Самым надежным и простым механизмом преобразования тепловой энергии в механическую, а затем и в электрическую является паровой двигатель. Часть тепловой энергии генерируемой для централизованного отопления можно перенаправить на производство электричества.

На примере села Эбях Среднеколымского улуса рассмотрим возможный эффект от когенерации электричества и тепловой энергии. Село находится в 160-165 км к северо-западу от города Среднеколымска. Транспортное сообщение с райцентром осуществляется по автозимнику и вертолетами МИ-8 летом и во время распутицы.

Всего на 01.01.2021 года в селе проживало 453 человек, составляющие 131 домохозяйство. Из них к центральному отоплению подключено 125 частных домов и несколько административных зданий. За анализируемый 2021 год для обеспечения тепло-электроэнергией села Эбях было доставлено 230 тонн дизельного топлива и 2014,46 тонн каменного угля. Отопительный сезон имеет продолжительность, как и во всех северных районах Республики Саха (Якутия), минимум 8 месяцев в году.

При этом каменный уголь доставляется из относительно близкого Зырянского угольного бассейна. Данное обстоятельство обуславливает относительно невысокую долю расходов на доставку и хранение в структуре стоимости угля на месте потребления. По данным работы [1] для Нижнеколымского района расходы на доставку и хранение Зырянского угля не превышают 50 % от конечной стоимости угля и делает его привлекательным видом топлива для Колымской группы районов. Для сравнения для Янской группы районов расходы на транспортировку и хранения составляют более 80-85% от конечной стоимости угля на месте потребления [1]. Дизельное топливо для электростанции (ДЭС) доставляется по сложной многоступенчатой логистической цепочке из-за пределов Республики Саха (Якутия), что негативно отражается на его себестоимости.

Для сокращения объемов доставки дорогостоящего дизельного топлива предлагается рассмотреть вариант перехода на паропоршневые двигатели для совместной выработки электроэнергии и тепла на базе угольного сырья. Так, научная группа «Промтеплоэнергетика» МАИ, предлагает оригинальное решение вопроса экономически целесообразного применения паропоршневых машин в малой и децентрализованной энергетике [4]. Разработчики предлагают создавать паропоршневые двигатели (ППД) на базе серийно выпускаемых

дизельных поршневых двигателей. В конструкции ДВС сохраняется почти весь механизм газораспределения, который в ППД становится механизмом парораспределения, также сохраняется кривошипно-шатунный механизм. Подобный подход обеспечивает низкую стоимость парового двигателя, благодаря тому, что в производстве используются серийные двигатели и запчасти к ним.

ППД могут работать в широком диапазоне давлений свежего пара – от 0,5 до 4,0 МПа при его температурах до 440 °С. По частоте вращения коленчатого вала ППД могут развивать до 3000 об/мин. В ППД, соединенном с электрогенератором, пар подается от котла, а выхлоп осуществляется в пароводяной теплообменник. ППД обладают высокой надежностью, чем у исходных ДВС (30 000-100 000 ч), т. к. пар при работе двигателя, в отличие от горючей смеси, не взрывается, а расширяется и плавно давит на поршень. ППД могут обслуживаться теми же специалистами, которые обслуживают ДВС, а текущий ремонт можно производить прямо на месте эксплуатации.

Таким образом, когенерация тепловой и электрической энергии на базе угольного сырья позволит уменьшить доставку дорогостоящего дизельного топлива с 230 тонн до 76,7 тонн в год, что в денежном выражении составит 11,5 млн. рублей экономии. При этом целесообразно сохранить ДЭС для выработки электроэнергии в летнее время и как резерв при внештатных ситуациях.

В обозримом будущем зона автономного электроснабжения Арктической зоны Республики Саха (Якутия) сохранится в силу больших расстояний между населенными пунктами и слабой транспортной инфраструктуры. Потребители будут продолжать обеспечиваться электроэнергией от локальных энергоисточников малой мощности, в основном, дизельных электростанций. Отсутствие крупных потребителей на этой территории обуславливает нецелесообразность строительства энергоисточников большой установленной мощности.

Централизованное теплоснабжение также сохранится в крупных населенных пунктах Арктической зоны Якутии, а в малочисленных селениях целесообразно использовать установки, позволяющие одновременно вырабатывать тепловую и электрическую энергию. Для этих целей идеально подходят паропоршневые двигатели на основе классических двигателей внутреннего сгорания с минимальными конструктивными изменениями.

Применение паропоршневых двигателей позволит оптимизировать расходы на доставку и хранения большого объема дизельного топлива и укрепит энергобезопасность отдаленных населенных пунктов.

#### Список литературы

1. Батугина Н.С., Гаврилов В.Л., Хоютанов Е.Ал., Федоров В.И. Угольные месторождения арктической зоны Якутии и Чукотки: состояние сырьевой базы и возможности её освоения// Природные ресурсы Арктики и Субарктики. - 2014. - №4 (76). - С.5-11.

2. Малая энергетика Севера Якутии: проблемы и перспективы развития / А.Н. Кузьмин, Е.Ю. Михеева. - Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2009. - 160 с.

3. О схеме и программе развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2021 - 2025 годы» Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 29 апреля 2021 года №1840.

4. Совершенствование систем энергоснабжения в газифицированных регионах России на базе поршневых технологий»: Дис. канд. техн. наук: 05.14.01/ Дубинин Владимир Сергеевич, НИУ «МЭИ». - М., 2013. - 242 с.

5. Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года. - Якутск; Иркутск: Медиа-холдинг "Якутия", 2010. - 328 с.

УДК 621.039  
ГРНТИ 44.33.31

## ПРИМЕНЕНИЕ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ

*М.А. Целищева*

Центр физико-технических проблем энергетики Севера Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Россия,  
m.celischeva@ksc.ru

**Аннотация.** В отдаленных и труднодоступных регионах альтернативным источником энергии могут стать атомные станции малой мощности, работающие на органическом топливе. Внедрение таких станций окажет положительное влияние на экономические, социальные и экологические аспекты.

**Ключевые слова:** атомные станции малой мощности, энергоснабжение, арктические регионы.

## APPLICATION OF LOW-POWER NUCLEAR POWER PLANTS IN THE ARCTIC REGIONS

*M.A. Tselishcheva*

Northern Energetics Research Centre Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Apatity, Russia, m.celischeva@ksc.ru

**Abstract:** In remote and hard-to-reach regions, low-power nuclear power plants running on organic fuel can become an alternative source of energy. The introduction of such stations will have a positive impact on economic, social and environmental aspects.

**Keywords:** low-power nuclear power plants, energy supply, Arctic regions.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

В 1954 году была введена в эксплуатацию первая в мире атомная электростанция, мощность которой составляла всего 5 МВт. С этого момента атомная энергетика начала свое стремительное развитие. В настоящее время Тяньваньская АЭС является крупнейшей действующей, ее мощность 6608 МВт. Также во всем мире ведутся разработки над термоядерным реактором. В связи с тем, что АЭС с большой мощностью могут быть использованы не во всех сегментах энергетического рынка, параллельно ведутся разработки над атомными станциями малой мощности (АСММ), которые ранее применялись только в военной промышленности.

Перед станциями малой мощности открываются большие перспективы за счёт обеспечения энергетической безопасности удаленных регионов. Чтобы реализовать данную энергетическую политику необходимо учитывать природные и климатические условия региона, его специфику, а также рассматривать перспективы развития экономики и энергетики государства.

Арктические районы располагают важнейшими полезными ископаемыми, за счет чего играют высокую роль в экономике России. Основными энергетическими проблемами практически всех северных регионов являются дефицит собственной выработки, сложность доставки, изоляция от единой электрической системы. Себестоимость электроэнергии складывается из всего жизненного цикла энергетического объекта (от строительства до утилизации). На рис.1 представлена стоимость энергоснабжения с учетом сложности логистических и климатических условий.

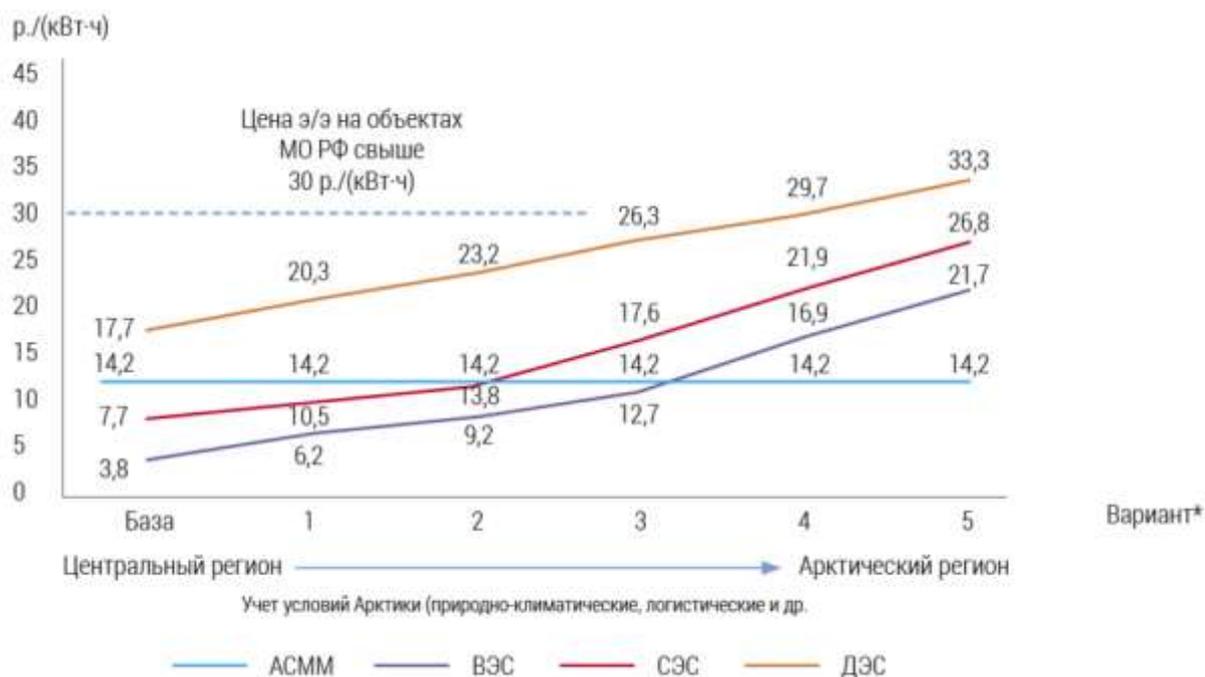


Рисунок 1. – Себестоимость электроэнергии АСММ, ВЭС, ДЭС, СЭС от природно-климатических и логистических условий (НИКИЭТ)[1].

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Из графика видно, что по мере удаления от центральных к Арктическим регионам применение АСММ наиболее конкурентоспособно в сравнении с другими источниками электроэнергии. В зависимости от места расположения можно выделить 2 вида маломощных станций: наземные и плавучие. Строительство первых допускается в центре энергопотребления, что позволяет снизить затраты на линии электропередачи. Говоря о плавучих станциях, можно отметить наименее затруднительную доставку топлива.

На протяжении долгих лет в Арктической зоне ведутся опыты по применению модульных атомных станций для обеспечения энергетической безопасности. В таблице 1 представлены более эффективные мини АЭС для энергоснабжения северных районов.

Таблица 1. – Эффективные АСММ для Арктической зоны

Название	Тип реактора	Электрическая мощность	Тепловая мощность	Срок службы	Цена за кВт*ч
ПАТЭС с РУ КЛТ-40	Водо-водяной	35 МВт	150 МВт	40 лет	9,72 [2]
Витязь	Водо-водяной	1 МВт	6 МВт	60 лет	12 [2]
ШЕЛЬФ	Водо-водяной	6,4 МВт	28 МВт	60 лет	14,3 [1]
УНИТЕРМ	Водо-водяной	6,6 МВт	3,48 МВт	60 лет	17,0 [1]

Основным предназначением маломощных атомных станций является энергообеспечение потребителей в децентрализованных районах тепловой и электрической энергией. Экономическую эффективность их эксплуатации можно повысить производством нового вида продукции (водород, кислород, бензин и т.д.), преобразуя энергию деления ядерного топлива. Также проекты современных плавучих установок предусматривают опреснительный комплекс, что решит проблему опреснения морской воды.

Внедрение АСММ в Арктических регионах окажет положительное влияние, как на экономическую составляющую, так и на экологическую. Эксплуатация таких станций в удалённых регионах страны также поспособствует модернизации топливно-энергетического комплекса России на основе современных эффективных энерготехнологий.

### Список литературы

1. Семенов В.Н. и др. Развитие малых атомных станций: задачи и перспективы//Энергетическая политика. - 2021. - № 10 (164). - С. 48-63.
2. Мельников Н. Н. Гусак С. А. Наумов В. А. Реакторные установки для энергоснабжения арктических регионов России: оценка приоритетности атомных энергоисточников//Вестник МГТУ. – 2017. – Т.20(№1-1). – С. 21– 30.

УДК 004.89  
ГРНТИ 20.23.19

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

*Н.А. Вдовиченко*

Студент кафедры информатики и вычислительной техники филиала МАГУ в г. Апатиты,  
г. Апатиты, claysfo@gmail.com

**Аннотация:** В данной работе дано краткое описание часто используемых архитектур сверточных нейронных сетей, а также рассматривается задача создания и обучения нейросети на основе готового банка данных для распознавания объектов в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, распознавание объектов, обучение с учителем, компьютеризация, windows-приложение

## USING A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR OBJECT RECOGNITION

*N.A. Vdovichenko*

Student of the Department of Informatics and Computer Engineering Murmansk Arctic State  
University, Apatity Branch, claysfo@gmail.com

**Abstract:** In this paper, a brief description of commonly used architectures of convolutional neural networks is given, and the problem of creating and training a neural network based on a ready-made data bank for real-time object recognition is considered.

**Keywords:** neural network, object recognition, supervised learning, computerization, windows application.

Проблема распознавания объектов в режиме реального времени в настоящее время является наиболее актуальной для большого ряда отраслей, где так или иначе, необходимо использовать компьютерное зрение. Такие технологии используются во многих сферах жизни, начиная от медицины, где они используются для установки наиболее точного диагноза, заканчивая автомобильной индустрией, где машинное зрение применяется для навигации беспилотников. В настоящее время, большинство таких задач решаются при помощи сверточных нейронных сетей(CNN)[1]. Благодаря своему строению они хорошо извлекают признаки из изображения. В свою очередь, существует несколько наиболее популярных архитектур для распознавания объектов[2]:

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

1. *R-CNN*. Самая ранняя модель для решения задач классификации изображений. На вход подается изображение, которое далее разбивается на множество регионов(частей), на основе которых и происходит извлечение признаков изображение. Самая медленная, поскольку прогоняет одно изображение много раз.

2. *Fast R-CNN*. Улучшенная версия первой модели, работает по схожему принципу, но с некоторыми изменениями - теперь регионы потенциальных объектов будут иметь фиксированную размерность. Для задач реального времени, до сих пор остается очень медленной.

3. *Faster R-CNN*. Основное и главное отличие от предыдущих в том, что теперь вместо алгоритма *selective search*, используется новый метод локализации объекта, который использует нейронную сеть для “заучивания” изображения. Используется в программной библиотеке Google - TensorFlow.

4. *YOLO*. Отличается по принципу своей работы от представленных выше, тем, что не использует регионы вообще. Наиболее быстрая.

5. *Single Shot Detector*. В качестве сети для извлечения признаков использует VGG16[3]. Имеет множество разновидностей, созданных под определенную задачу. По принципу работы схожа с YOLO.

Основной целью работы является создание собственного приложения, которое позволит распознавать объекты на изображении. В ходе проведение множественных экспериментов с различными архитектурами сверточных нейронных сетей и замерами скорости обнаружения, было принято решение использовать модифицированную версию YOLOv3[4]. Она состоит из 106-ти сверточных слоев, что позволяет наиболее точно опознавать объекты, представленные на изображении. Основная и главная особенность состоит в том, что на выходе есть три слоя, каждый из которых, рассчитан на обнаружение объектов разного размера. Оригинальная архитектура YOLOv3 создана с использованием фреймворка Darknet[5]. Это значит, что проект будет иметь поддержку CPU и GPU, что позволит ему работать намного быстрее. В данной работе использована уже готовая нейронная сеть с весами предобученными на COCO датасете. Он представляет собой крупномасштабный набор данных для обнаружения, сегментации и подписи объектов. В данном наборе данных представлено от 80 различных классов, а это значит, что на изображении уже можно будет распознать 80 различных объектов. Согласно данным, указанным на официальной странице, точность обнаружения, на таком датасете, составляет приблизительно 77.8%[6].

В качестве интегрированной среды разработки (IDE) была использована Visual Studio, а также объектно-ориентированный язык программирования C#. В процессе работы с программной частью была использована схема разделения данных приложения и управляющей логики Model-View-Controller, принципы объектно-ориентированного программирования, такие как инкапсуляция, наследования и полиморфизм, для упрощения работы с вызывающим

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

приложением. В главном приложении используются стандартные графические компоненты, такие как PictureBox со свойством Zoom, для того, чтобы изображение совпадало с границами куда в дальнейшем оно будет импортироваться при помощи openFileDialog, а также toolStrip для создание удобного для пользователя UI-интерфейса и навигации.

Для корректной работы с YOLOv VisualStudio необходимо скачать файлы с нужными параметрами:

- файлом конфигурации - yolov3.cfg;
- файлом весов - yolov3.weights;
- файлом с классами объектами для распознавания - coco.names.

А также nuGet-пакет Alturos.Yolo для работы с нейронной сетью в Visual Studio. Реализация обнаружения объектов на изображении осуществляется при помощи переноса исходного изображения в память, которая будет выступать хранилищем, и дальнейшей работой уже непосредственно с этим изображением. Для распознавания используется метод YoloWrapper.Detect, все найденные объекты добавляются в строго типизированный список List<YoloItem>. После чего будет отрисовываться на экране при помощи методов, определенных в пространстве имен System.Drawing. В листинге 1 приведен данный код.

*Листинг 1*

```
YoloWrapper yolo = new YoloWrapper("yolov3.cfg", "yolov3.weights",  
                                   "coco.names");  
MemoryStream memoryStream = new MemoryStream();  
pictureBox.Image.Save(memoryStream, ImageFormat.Jpeg);  
  
List<YoloItem> items =yolo.Detect(memoryStream.ToArray())  
                           .ToList<YoloItem>();  
  
Image finalImage = pictureBox.Image;  
Graphics graph = Graphics.FromImage(finalImage);  
Font font = new Font("Consolas", 22, FontStyle.Bold);  
SolidBrush brush = new SolidBrush(Color.Red);  
foreach (YoloItem item in items)  
{  
    Point rectPoint = new Point(item.X, item.Y);  
    Size rectSize = new Size(item.Width, item.Height);  
    Rectangle rect = new Rectangle(rectPoint, rectSize);  
    Pen pen = new Pen(Color.Yellow, 3);  
    graph.DrawRectangle(pen, rect);  
    graph.DrawString(item.Type, font, brush, rectPoint);  
}  
  
pictureBox1.Image = finalImage;
```

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Результатом работы данного кода будет новая копия изображения с распознанными на ней объектами (рис.1). При обнаружении на видео будет обработан каждый кадр и уже на нем найдены объекты. При тестировании частота кадров в секунду составляет 70-90fps.

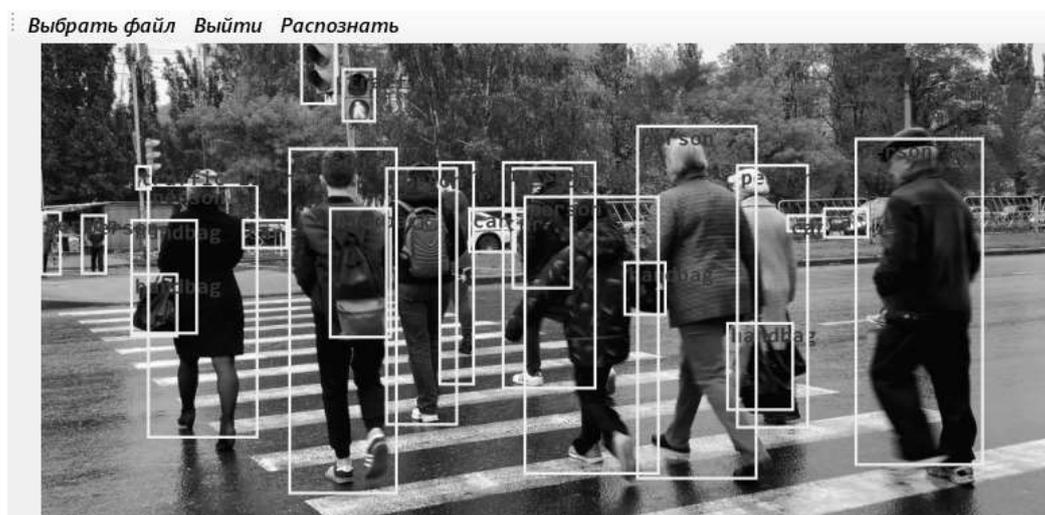


Рисунок 1. – Результат обработки изображения

В ходе работы были изучены алгоритмы нейронной сети YOLO, и входящие в их состав методы для обнаружения и классификации объектов на изображении. Также следует отметить тот факт, что алгоритмы такого рода, уже в настоящее время, активно используются - для обнаружения препятствий, автомобильных номеров, и распознавания рукописного текста. Они становятся неотъемлемой частью нашей жизни, поскольку позволяют сократить большую часть ручного труда, и оптимизировать процесс производства.

### Список источников

1. Как работает сверточная нейронная сеть: архитектура, примеры, особенности [Электронный ресурс] - URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/glubokaya-svertochnaja-nejronnaja-set/>.
2. R-CNN, FastR-CNN, FasterR-CNN, YOLO — ObjectDetectionAlgorithms [Электронный ресурс] – URL: <https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e/>.
3. VGG16 — сверточная сеть для выделения признаков изображений [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://clck.ru/q5wyH/>.
4. Обнаружение объектов с помощью ONNX в ML.Net [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/machine-learning/tutorials/object-detection-onnx/>.
5. Darknet - фреймворк на базе свёрточной нейронной сети [Электронный ресурс] - URL: <https://pjreddie.com/darknet/>.
6. Common Objects in Context Dataset [Электронный ресурс] - URL: <https://cocodataset.org/#home/>.

УДК 004.41  
ГРНТИ 28.17.33

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА (ВЗРЫВ-СХЕМЫ), ДЛЯ  
ИЗУЧЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Д.П. Ворсин<sup>1</sup>, В.В. Родионов<sup>2</sup>, Н.К. Виноградов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>филиала МАГУ в г. Апатиты, Апатиты, Россия, danil.vorsin89@mail.ru

<sup>2</sup>филиала МАГУ в г. Апатиты, Апатиты, Россия, vovuk51@mail.ru

<sup>3</sup>филиала МАГУ в г. Апатиты, Апатиты, Россия, Nikitik.2001@mail.ru

**Аннотация:** В данной статье представлена реализация взрыв-схем некоторых горных машин. Решение данной задачи обладает практической значимостью, поскольку введение подобных схем в процесс обучения позволит объемно и реалистично представить любого вида технику и составляющих ее деталей.

**Ключевые слова:** Взрыв-схема; 3D-модель; Unreal Engine; горная техника; Pivot.

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PRODUCT (EXPLODED VIEW  
DIAGRAMS), FOR STUDYING THE STRUCTURAL AND  
TECHNOLOGICAL FEATURES OF MINING MACHINES AND  
EQUIPMENT**

*D.P. Vorsin<sup>1</sup>, V.V. Rodionov<sup>2</sup>, N.K. Vinogradov<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Apatity branch of MASU, Apatity, Russia, danil.vorsin89@mail.ru

<sup>2</sup>Apatity branch of MASU, Apatity, Russia, vovuk51@mail.ru

<sup>3</sup>Apatity branch of MASU, Apatity, Russia, Nikitik.2001@mail.ru

**Abstract:** This article presents the implementation of exploded view diagrams of some mining machines. The solution of this problem has practical significance, since the introduction of such schemes in the training process will allow a voluminous and realistic representation of any kind of vehicle and its components.

**Keywords:** Exploded view diagram; 3D model; Unreal Engine; Mining vehicle; Pivot.

Взрыв-схема (exploded view diagram) — это эскизный вид сборочной модели с разделенными составными частями. Обычно, детали на взрыв-схеме либо подписываются, либо проставляются позиции согласно спецификации.

Как правило, взрыв-схемы применяют для статичного отображение модели, в редких случаях с возможностью интерактивного взаимодействия. Связано это с тем, что результат работы таких программ в большинстве случаев переносится на бумажные носители, где интерактивная часть в 3D невозможна [1].

### **Постановка задачи**

Создание трехмерных высокодетализированных моделей горной техники, применяемых при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и программного продукта (взрыв-схем), обеспечивает возможность представления техники в разборе, визуализации ее составных частей, изучения конструктивных и технологических особенностей, что позволит повысить эффективность подготовки обучающихся.

Сущность работы по программной реализации взрыв-схемы можно привести к 3 основным задачам, а именно: возможности разнести части 3D-модели от корневого элемента; добавление пользовательского интерфейса и дополнительных функций взаимодействия с объектами; Автоматическая сборка модели с настроенными исходными параметрами.

В данной работе для реализации, была выбрана среда Unreal Engine 4, так как она обладает большей скоростью обработки алгоритмов визуализации 3D объектов, в сравнении с Unity, а также удобным инструментом создания программных скриптов на базе BluePrint.

### **Описание метода разлета элемента**

Для корректной работы метода разлета необходима предварительная подготовка модели. Необходимо разделить все элементы модели на составляющие, которые будут разлетаться, переименовать все элементы, чтобы с ними было удобно работать внутри среды разработки. Один из важнейших элементов калибровки модели - это настройка pivot (центральных точек элементов).

В процессе создания модели в 3DS Max/Blender [2] чаще всего pivot уже устанавливаются правильно, но есть ситуации, когда из-за наличия большого числа элементов, их сохранение в модели становится очень сложным, и возникает необходимость осуществлять их правку уже после экспортирования модели в среду Unreal Engine.

Все pivot должны находиться в месте соединения элементов, так как разлет подразумевает, что элементы отлетают друг от друга, значит, и результаты расчетов должны быть произведены от точки соприкосновения отлетающего элемента.

Также все pivot должны находиться в стандартном положении, то есть у них должен быть нулевой градус поворота по всем осям и все оси должны смотреть в одну сторону во избежание ошибок в расчетах. Такая настройка не является точной с естественной точки зрения, но позволяет избежать ошибок с присоединением элемента, его отлета от остальных элементов и возможным добавлением функционала, связанным с поворотами элементов.

На следующем шаге происходит расчет направления векторов разлета модели (выбираются ведущие оси, по которым будет осуществляться разлет элементов). Всего реализованы 2 способа настройки осей разлета:

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

*Способ №1* – отлет первого дочернего элемента от главного. Все прикрепленные к нему элементы отлетают в ту же сторону (смещение всех дочерних для корневого).

*Способ №2* – у каждого элемента выбирается главная ось. Все дочерние элементы летят по этой оси (вперед или назад).

Во всех способах отсутствует расчет оси  $-Z$ , так как в техническом задании такая ситуация была прописана как недопустимая.

Способы №1 и №2 применяются в зависимости от модели. Делается расчет вначале 1-ым способом, потом 2-ым, и из результатов работы каждого из них выделяются все элементы, которые были рассчитаны неправильно, оставляется вариант, где есть только неправильно рассчитанные оси (ось не была рассчитана правильно ни первым, ни вторым способом) и в конечном итоге все неправильные элементы проставляются вручную. В ходе разработки таких элементов, требующих ручной настройки остается менее 10%. Затем, происходит запись начальных координат элементов и расчет конечных позиций после разлета. У каждого элемента дальность разлета зависит от того, насколько далеко он по иерархии от главного элемента.

Далее описываются основные шаги метода для построения разлета элементов 3D-модели:

- происходит выбор корневого элемента, относительно которого осуществляется разлет всех остальных моделей;
- после выбора элемента выполняется расчет вектора разлета, у которого началом является центр элемента, к которому прикреплен выбранный элемент, а концом выбранный элемент (рис. 1);
- далее полученный вектор разлета продлевается на некоторое заданное расстояние, и его конечная точка становится новой позицией выбранного элемента;
- для разделения компонентов на логические (например, камера) и визуальные всем элементам присваивается специальный тег; при выборе элемента будет происходить проверка тега, для того чтобы метод не срабатывал на внутренние элементы движка, необходимые для работы модели;
- возврат элементов происходит по тому же методу; начальной точкой становится выбранный элемент, а конечной конец вектора разлета, и происходит уменьшение вектора разлета на заданную величину.

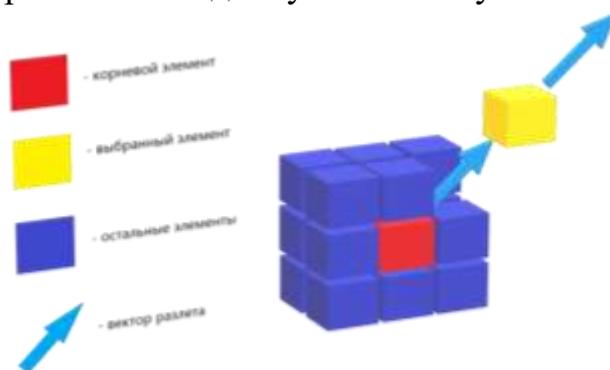


Рисунок 1. – Продление вектора и установка новой точки

### Реализация приложения

Представим реализацию программного приложения взрыв-схемы для горной техники, применяемой для разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом, в среде Unreal Engine 4. Unreal Engine 4 позволяет свободно работать с 3D-моделями, реализовывать пользовательский интерфейс, а также добавлять дополнительную логику управления моделями и выполнять их настройки [3].

В результате разработано программное приложение взрыв-схемы, в качестве демонстрации представим взрыв-схему погрузчика Scooptram ST14 (рис. 2).

Разработанный в приложении интерфейс позволяет реализовать функционал выбора элемента с выводом его описания, возможность подсветки, удаления, перемещения и просмотра альтернатив при наличии любой детали, а также возможность крепления камеры на любом элементе и его просмотра с любого ракурса.



Рисунок 2. – Программное приложение

### Заключение

В результате работы разработано приложение с реализацией универсального алгоритма разлета частей комплексной 3D-модели от корневого элемента для любых частей модели, также был создан пользовательский интерфейс, настройка которого встроена в среду Unreal Engine 4.

### Список источников

1. Li W., Agrawala M., Curless B., Salesin D. Automated Generation of Interactive 3D Exploded View Diagrams, Berkley, University of California.
2. Документация 3DS Max — URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn/>.
3. Документация UnrealEngine — URL: <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/>.

УДК 004.912  
ГРНТИ 20.23.19

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОГО ПОИСКА В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ «ВКОНТАКТЕ»

*В.А. Мехедова<sup>1</sup>, А.М. Фёдоров<sup>2</sup>, И.О. Датьев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ИИММКНЦРАН, Апатиты, Россия, ilina@iimm.ru

<sup>2</sup>ИИММКНЦРАН, Апатиты, Россия, fedorov@iimm.ru

<sup>3</sup>ИИММКНЦРАН, Апатиты, Россия, datyev@iimm.ru

**Аннотация.** Рост социальных сетей создаёт огромное количество информации, которая может быть очень ценной как для обычных, так и для профессиональных пользователей. Отсутствие эффективного поиска нужной информации в социальных сетях является распространённой проблемой, с которой многие сталкиваются. В статье проведен анализ вариантов реализации разведочного поиска, рассмотрен вариант разведочного поиска для социальных сетей, основанный на тематическом моделировании, и представлена схема алгоритма работы соответствующей информационно-аналитической системы.

**Ключевые слова:** разведочный поиск, тематическое моделирование, социальные сети.

## DEVELOPMENT OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF INTELLIGENCE SEARCH IN THE SOCIAL NETWORK "VKONTAKTE"

*V.A. Mekhedova<sup>1</sup>, A.M. Fedorov<sup>2</sup>, I.O. Datyev<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>IIMM KSC RAS, Apatity, Russia, ilina@iimm.ru

<sup>2</sup>IIMM KSC RAS, Apatity, Russia, fedorov@iimm.ru

<sup>3</sup>IIMM KSC RAS, Apatity, Russia, datyev@iimm.ru

**Abstract.** The growth of social networks creates a huge amount of information that can be very valuable for both ordinary users and professional users. Lack of effective search for the right information in social networks is a common problem faced by many people. The article analyzes the options for implementing exploratory research, considers an exploratory search option for some networks based on topic modeling, and presents a scheme of the system operation algorithm.

**Keywords:** exploratory search, thematic modeling, social network.

### Введение

Поиск информации в современном мире является важной задачей. Эта задача решается разными способами, методами и средствами. Можно выделить два подхода к организации поиска. В одном случае — это обычный поиск, который строится по четкому короткому сформулированному запросу с

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

использованием ключевых слов. Другой подход — это разведочный поиск, в котором пользователь не может задать чёткий запрос. Поиск в этом случае может определяться, например, целым многострочным документом или множеством таких документов. Разведочный поиск поможет при неточном сформулированном запросе найти информацию, которая необходима пользователю. В качестве запроса пользователь мог бы записать в поисковую строку текст объемного документа, но, как показывает практика, результаты такого поиска вряд ли бы его устроили. Решить данную проблему может специализированная система разведочного поиска. Алгоритмы работы такой системы должны учитывать особенности задаваемого пользователем объемного (многословного, многострочного) запроса. Однако в качестве результатов система должна выдавать множество конкретных документов, удовлетворяющих запросу.

### **Варианты реализации разведочного поиска**

Предварительные исследования показали, что существующие системы разведочного поиска реализованы на основе следующих различных подходов.

В [1] предложен пример разведочного поиска для обычных текстов. В ней представляется интерактивное моделирование намерений пользователя по поиску определённой информации. Такая модель способна в интерактивном режиме на основе истории ранее сделанных пользователем запросов предсказывать его потребности в информации во время очередного поиска. На основе этой модели обеспечивается оценка релевантности найденных документов. Данный подход используется для получения обновленного набора множества искомых документов с учетом изменения целей поиска.

Авторами [2] предложен разведочный поиск для социальной сети «Twitter». Особенность заключается в том, что рассматриваемые публикации (твиты) представляют собой короткие тексты. В работе предлагается инструмент «Social Explorer», который позволяет пользователям выполнять поиск в нескольких социальных сетях параллельно. Это дает пользователям возможность исследовать тематическое пространство, чтобы лучше понять аспекты возникающих в социальных сетях дискуссий.

Разведочный поиск в [3] реализован на основе тематического моделирования. Рассматривается задача поиска тематически близких документов по текстовому запросу произвольной длины. Применение аддитивной регуляризации тематических моделей (ARTM – additive regularization for topic modeling) позволяет комбинировать требования различности тем и разреженности векторных тематических представлений документов, а также учитывать дополнительные данные об авторах и категориях документов.

### **Тематическое моделирование как инструмент разведочного поиска**

Основная идея реализации тематического разведочного поиска заключается в построении тематических моделей и использовании для поиска не текста документов, а их тематики. Алгоритм разведочного поиска состоит из

нескольких этапов. На первом этапе формируется тематическая модель множества документов, среди которых осуществляется поиск. На втором этапе формируется поисковый запрос, который в силу недостаточного понимания пользователем предметной области не может быть задан коротким набором ключевых слов, и обычно формируется в виде отдельного документа, примерно определяющим целевое пространство разведочного поиска. Такой документ-запрос добавляется в полученную ранее тематическую модель. На третьем этапе из тематической модели извлекаются темы, которые соответствуют документу-запросу. Последний этап позволяет выбрать из тематической модели те документы, темы которых соответствуют темам исходного документа-запроса. Найденные документы являются результатом проведенного разведочного поиска [4].

Построение тематической модели для множества документов основывается на матричном представлении этих документов и операциях разложения матриц на произведение матриц меньшей размерности. Для исследуемого множества документов после его очистки и нормализации создается словарь, в который входит неповторяющееся множество слов, формирующих эти документы. Все документы представляются в виде матрицы, в которой каждой строке матрицы соответствует слово словаря, а каждому столбцу – отдельный документ. Каждый элемент матрицы содержит частоту слова в документе, т.е. то, сколько раз данное слово встречается в данном документе.

С помощью алгоритмов тематического моделирования LDA [5], PLSA [6], bigARTM [7] и т.п. производится разложение исходной матрицы на произведение двух других матриц  $\Phi$  и  $\Theta$ . В соответствии с правилами матричных операций в полученных матрицах помимо двух исходных размерностей, ассоциированных со словами и с документами, появляется искомая скрытая размерность – темы. Таким образом, в матрице  $\Phi$  строки соответствуют словам, а столбцы – темам. В матрице  $\Theta$  строки соответствуют темам, а столбцы – документам. Элементами этих матриц являются вероятности распределения слов по темам (матрица  $\Phi$ ) и тем по документам (матрица  $\Theta$ ).

Цель данной работы – разработка архитектуры информационно-аналитической системы разведочного поиска на основе тематического моделирования для данных социальной сети.

### **Разведочный поиск для социальных сетей**

Для работы в социальных сетях предлагается использование разведочного поиска на основе тематического моделирования. В целом предлагаемый вариант соответствует реализации тематического разведочного поиска в среде полнотекстовых документов, но требует учитывать некоторые особенности. В частности, особенностью данных социальной сети являются короткие тексты, в которых присутствуют ошибки, а также множество нетекстовых мультимедийных вложений: эмодзи, картинки, видео и т.п.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Рисунок 1 – Алгоритм работы системы

Алгоритм работы системы представлен на рисунке 1. На первом этапе данные в процессе мониторинга собираются из социальной сети «Вконтакте». По необходимости формируется запрос на получение из базы данных заданного подмножества документов (датасета). Полученный датасетс помощью механизмов токенизации, удаления стоп-слов, лемматизации или стемматизации очищается и подготавливается для дальнейшей обработки. На втором этапе из подготовленного датасета формируется тематическая модель. Полученную тематическую модель можно использовать различными способами. Основные функции проектируемой информационно-аналитической системы используют в своей работе полученные в результате тематического моделирования матрицы  $\Phi$  и  $\Theta$ . К дополнительным функциям относится визуализация результатов моделирования и анализа. Разведочный поиск является главной функцией такой системы. Результатами работы данной функции будут найденные в исследуемых социальных сетях документы, в т.ч. отдельные публикации, целые сообщества (паблики) и пользовательские профили.

## Заключение

В данной статье предложена схема реализации информационно-аналитической системы для организации тематического разведочного поиска в социальной сети «Вконтакте». Описаны основные этапы, намечены цели для практической реализации предложенного механизма на практике. В практической реализации планируется отдельно учесть специфические особенности получаемых из социальной сети данных, тексты которых наполнены синтаксическими ошибками, мультимедийными вставками и в

целом достаточно коротки для применения к ним классической технологии разведочного поиска.

В дальнейшей работе планируется учесть другие важные особенности социальных сетей, доработать представленную схему, а также приступить к ее практической реализации.

#### Список литературы

1. Interactive Intent Modeling for Exploratory Search: исследовательская статья / Tuukka Ruotsalo, Jaakko Peltonen, Manuel J. A. Eugster [ид.п.]. – Finland: Department of Computer Science Helsinki Institute of Information Technology, 2018.-46 с.
2. Aaron Russ, Michael Kaiser. Exploratory Search on SocialMedia: исследовательская статья / Berlin: DFKI, AGT International, 2013.-4 с.
3. А. О. Янина, К. В. Воронцов. Мультимодальные тематические модели для разведочного поиска в коллективном блоге: исследовательская статья. - Москва: Московский физико-технический институт, 2016. - 15 с.
4. Воронцов К. В. Вероятностное тематическое моделирование: учебное пособие/К.В. Воронцов. – Москва: 2013. – 88 с.
5. Латентно-семантический анализ.2010 [электронный ресурс]. - URL: <https://habr.com/ru/post/110078/>.
6. Тематическая модель - pLSA, также известная как модель скрытого семантического анализа на основе вероятности pLSI.2020-2022 [Электронный ресурс]. - URL: <https://russianblogs.com/article/9244704028/>.
7. BigARTM.2015 [Электронный ресурс]. - URL: <http://docs.bigartm.org/en/stable/intro.html/>.

УДК 004.94, 331.1

ГРНТИ 28.17.33

### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КЛАСТЕРА

*Е.О. Неупокоева<sup>1</sup>, В.В. Быстров<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт информатики и математического моделирования ФИЦ КНЦ РАН,  
г. Апатиты, Россия, neupokoeva@iimm.ru

**Аннотация:** В работе рассматриваются промежуточные результаты разработки компьютерной модели социально-экономической системы горно-химического кластера Мурманской области. Модель служит средством поддержки управления кадровой логистикой и реализована в инструментальной среде Anylogic. Для построения модели использовалась интеграция методов имитационного моделирования: системной динамики, дискретно-событийного

и агентного моделирования. В будущем предлагается применять компьютерную модель для анализа и прогнозирования возможных сценариев развития кадрового потенциала производственного кластера.

**Ключевые слова:** мультиагентная модель, имитационное моделирование, кадровое обеспечение, социально-экономическая система, региональный производственный кластер

## SIMULATION MODEL OF STAFFING OF A REGIONAL PRODUCTION CLUSTER

*E.O. Neupokoeva<sup>1</sup>, V.V. Bystrov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institute for Informatics and Mathematical Modeling Kola Science Centre of The Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, neupokoeva@iimm.ru

**Abstract:** The paper considers the intermediate results of the development of a computer model of the socio-economic system of the mining and chemical cluster of the Murmansk region. The model serves as a means of supporting the management of personnel logistics and is implemented in the Anylogic tool environment. To build the model, the integration of simulation modeling methods was used: system dynamics, discrete-event and agent-based modeling. In the future, it is proposed to use a computer model to analyze and forecast possible scenarios for the development of the personnel potential of a production cluster.

**Keywords:** multi-agent model, simulation, staffing, socio-economic system, regional production cluster.

На протяжении многих лет в Институте информатики и математического моделирования ФИЦ КНЦ РАН ведется разработка системы поддержки принятия решений [1] в сфере управления социально-экономическим развитием Мурманской области. Разрабатываемая имитационная модель является составной частью данной программной системы. Предметом данного исследования является кадровая логистика [2] горно-химического кластера арктического региона.

В качестве инструментальной среды для разработки имитационной модели была выбрана Anylogic 8.7[3]. Эта программная оболочка является гибким и мощным инструментом для создания компьютерных моделей. В Anylogic сочетаются такие методы имитационного моделирования, как системная динамика, дискретно-событийное и агентное моделирование. Благодаря этому можно создавать системы с большим набором различных параметров и разными принципами функционирования.

### *Структура имитационной модели*

В соответствии с принципами агентного моделирования исследуемая система представляется в виде классов (объектов) с соответствующими наборами параметров и методов. В разрабатываемой модели используются четыре основных класса:

- MiningChemicalCluster (Горно-химический кластер);
- Enterprise (Предприятие);
- Person (Трудовые ресурсы);
- Staffing (Штатное расписание).

Данные классы в среде разработки принято называть агентами. Взаимодействие агентов между собой можно представить в виде диаграммы, приведенной на рисунке 1.

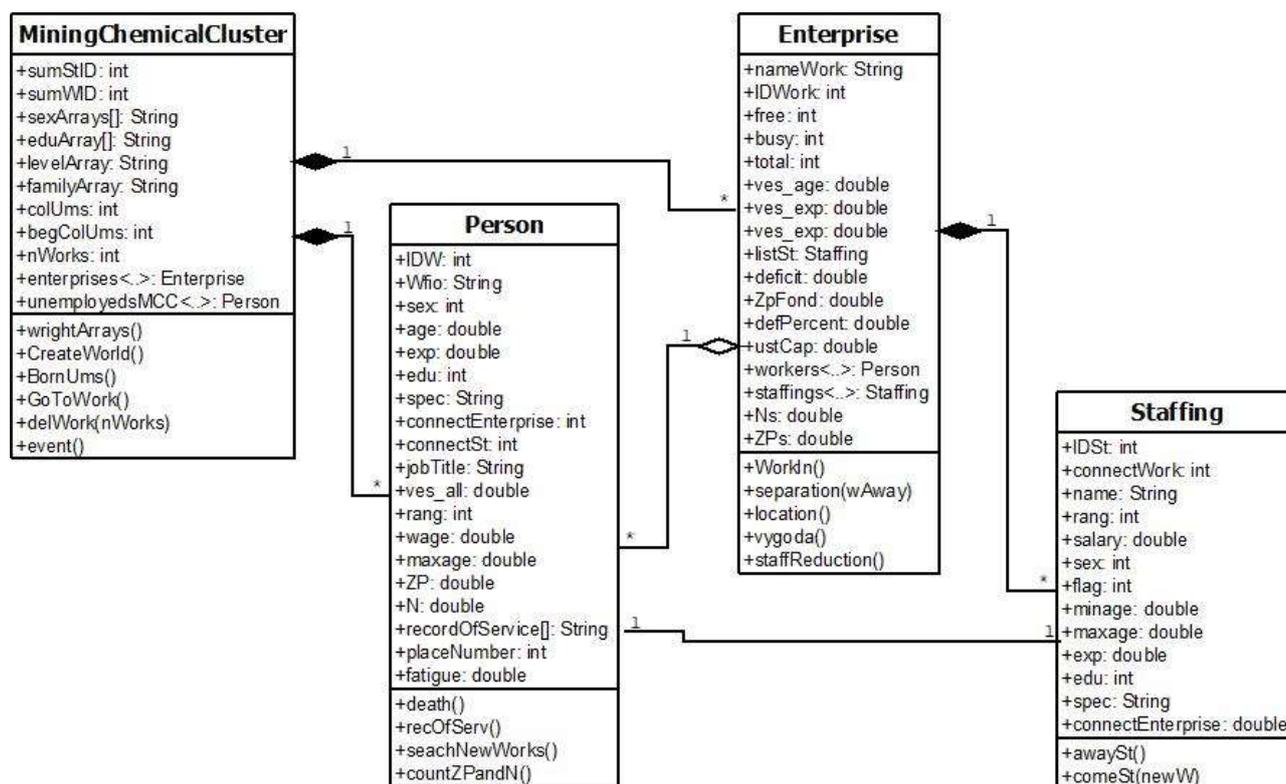


Рисунок 1. – Диаграмма классов имитационной модели

Агент «MiningChemicalCluster» представляет собой сцену взаимодействия и содержит коллекцию «enterprises» (класс «Enterprise»), представляющую из себя отдельные предприятия горно-химического кластера, и коллекцию «unemployedsMCC» (класс «Person»), представляющую популяцию безработных. В агент «Enterprise» также входят коллекции, состоящие из экземпляров других классов. Коллекция «workers» (класс «Person») представляет собой совокупность всех работников предприятия в определенный момент времени. Популяция «staffings» (класс «Staffing») состоит из отдельных должностей предприятия.

В имитационной модели реализованы алгоритмы движения потоков трудовых ресурсов в виде программных методов классов (см. табл. 1)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Таблица 1 – Методы модели

Название метода	Реализуемый алгоритм	Класс
death()	Увеличение возраста (старение); Увольнение в связи с выходом на пенсию; Увольнение по прочим причинам.	Person
GoToWork()	Устройство безработного на работу	MiningChemicalCluster
WorkIn()	Повышение в должности на своем предприятии	Enterprise
seachNewWorks()	Переход на другое предприятие	Person
vygoda()	Расчет зарплаты и полезного вклада работника	Enterprise
staffReduction()	Сокращение штата	Enterprise
BornUms()	Прирост новых безработных	MiningChemicalCluster
delWork(nWorks)	Ликвидация предприятия	MiningChemicalCluster

Anylogic предлагает разработчику инструментальные средства для создания графического отображения элементов модели в 2D или 3D-формате и статистической информации в виде графиков и диаграмм. В качестве примера использования данных средств визуализации на рисунке 2 представлено графическое отображение функциональных элементов агента «Enterprises».

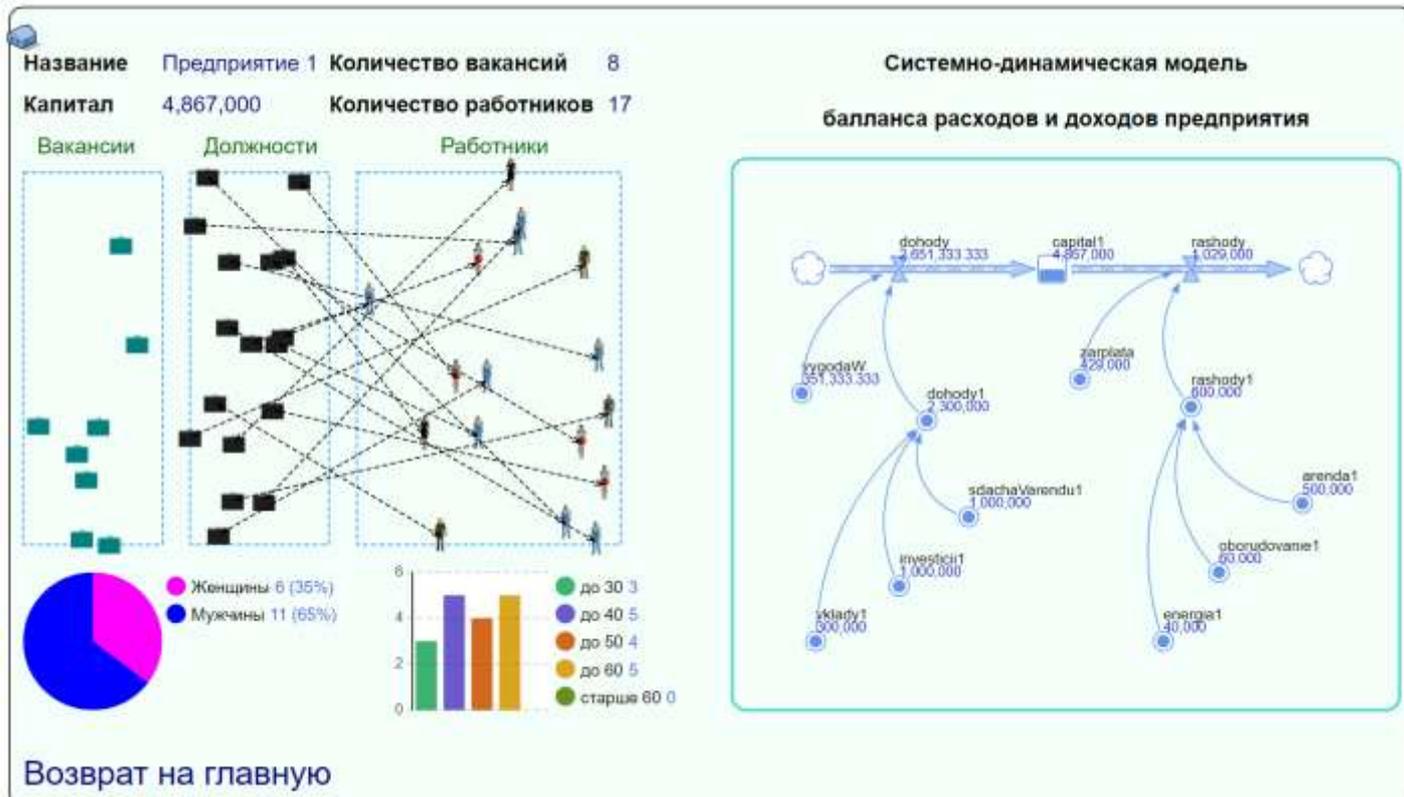


Рисунок 2. – Визуализация агента «Enterprise»

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

На рисунке 2 приводится системно-динамическая структура, имитирующая экономическую деятельность предприятия. В модели учтены предполагаемые доходы из различных источников: вклады, инвестиции, сдача в аренду имущества предприятия и выгода от деятельности работников. Также учтены предполагаемые расходы, среди которых аренда, расходы на починку и приобретение оборудования, затраты на коммунальные платежи и на заработную плату. Результатом работы системно-динамической модели является бюджет предприятия в определенный момент модельного времени. В случае если бюджет упадет до критической отметки, то для указанного предприятия запустится алгоритм «самоликвидации» (delWork (...)).

Компоненты графического интерфейса реализованы для каждого агента (класса) и доступны для перехода по клику на объект.

Кроме того, в модели реализованы элементы внешнего управления. Конечный пользователь может в любой момент по своему желанию ликвидировать любое из представленных предприятий или выбрать темпы прироста безработных.

Таким образом, в данный момент в рамках создания системы поддержки принятия решений в области социально-экономического развития реализована имитационная модель кадрового обеспечения горно-химического кластера. В дальнейшем планируется расширение модели за счет включения в исследование других видов экономической деятельности Мурманской области, которые оказывают опосредованное влияние на производственный кластер.

### Список литературы

1. Малыгина, С.Н. Разработка имитационной модели кадровой логистики производственного кластера / С. Н. Малыгина, Н. Е. Неупокоева // Труды Кольского научного центра РАН. – 2021. – Т. 12. – № 5(12). – С. 117-127. – DOI 10.37614/2307-5252.2021.5.12.010.
2. Кормин Н.Г. Применение кадровой логистики в управлении персоналом организации // Вестник ЧелГУ. - 2008. - №7. - С. 138-142.
3. Официальный сайт Anylogic. – URL: <https://www.anylogic.com/> (дата обращения: 11.03.2022).

УДК 004.021  
ГРНТИ 20.23.27

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПОНЕНТА В СРЕДЕ UNITY ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПО КАРТЕ ВЫСОТ

*Н.Н. Руденко*

Студент кафедры информатики и вычислительной техники филиала МАГУ в г. Апатиты,  
г. Апатиты, nikirudi1988@mail.ru

**Аннотация:** В данной статье представлена генерация ландшафтов по карте высот. Решение данной задачи обладает практической значимостью, поскольку генерация ландшафтов по карте высот позволит воспроизводить реальный рельеф, используя лишь поверхностные изображения.

**Ключевые слова:** 3D-модель, моделирование, Unity3D, ландшафт.

## DEVELOPMENT OF 3D MODELS OF MINING TECHNOLOGY OBJECTS FOR SIMULATORS OF THE MINING INDUSTRY

*N.N. Rudenko*

Student of the Department of Informatics and Computer Science Murmansk Arctic State University,  
Apatity Branch, nikirudi1988@mail.ru

**Annotation:** This article presents the generation of landscapes from a height map. The solution of this problem is of practical importance, since the generation of landscapes from a height map will allow you to reproduce the real relief using only surface images.

**Keywords:** 3D model; Modeling; Unity3D; Landscape.

Моделирование 3D-ландшафтов для создания виртуальных симуляторов, отражающих участки земли, который содержал бы на себе возвышенности и углубления является очень важной задачей, как и для обычных пользователей, так и для команды разработчиков.

Задача генерации ландшафтов по карте высот является на сегодняшний день актуальной, так как любой реальный ландшафт можно перенести в игровой движок и визуально спланировать нужные нам действия.

Генератор ландшафта - алгоритм способный достаточно быстро создать реалистичную земную поверхность для разрабатываемой модели. Качество, которое задают современные генераторы ландшафта, иногда очень близко к настоящим фотоснимкам, и порой они настолько реалистичны, что могут быть использованы для представления окружения приближенного к реальному. В

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

данной работе рассматривается тайловая генерация [1], которая в свою очередь удобна тем, что в процессе разработки количество и вид тайлов может меняться в зависимости от нужд разработчика, при этом не меняется количество затраченных на обработку ресурсов.

Тайлы — небольшие изображения одинаковых размеров, служащие фрагментами большой картины. Количество тайловна созданный таким методом, ландшафт может достигать нескольких сотен. Массив при этом хранит только номера тайлов, за счет чего достигается экономия памяти при построении огромных двухмерных и трехмерных пространств. В свою очередь из них состоят тайлсеты [1] — это изображения, которыеиспользует для отображения графики в симуляции; каждый квадратик изображения означает определенную букву или объект. Пользователи создают собственные тайлсеты ради повышенной удобства или лучшей графики. Существует два типа тайлсетов: наборы символов (или, собственно, просто тайлсеты) и графические тайлсеты (или графические сеты). В создаваемом проекте количество тайлов может быть каким угодно, все зависит от решения пользователя. В данном примере используются графический тайлсет – набор из шести 3D-моделей, которые заранее были созданывграфическом редакторе Blender и добавлены в Unity3D.

Так же требуется карта высот создаваемого ландшафта. Карта высот [2] — это чёрно-белый рисунок, в котором чем темнее пиксель, тем меньше высота, а чем пиксель светлее — тем высота больше.В даннойработеперед программной частьюбыла разработана карта высот в виде изображения 30 на 30 пикселей, каждый пиксель которой и будет определять высоту ландшафта.

Для оптимального использования оперативной памяти в процессе работы программы используется механизм сериализация объектов, т.е. преобразование объекта в поток байт. В реализованном коде применяются механизмы сериализации встроенные в среду разработки .NET.В примере используется сериализация свойств в Unity3D, за это отвечает скрипт«TileMap3D»[1].

*Листинг 1*

```
public class TileMap3D: MonoBehaviour
{
    [SerializeField]
    public Texture2D heightMap;
    [SerializeField]
    public GameObjecttileTopFill;
    [SerializeField]
    public GameObjecttileTopCorner;
    [SerializeField]
    publicGameObjecttileTopSide;
    ...
}
```

Исходя из названий переменных можно сказать, что изначально в данном примере используется нарисованная заранее карта высот, так же выбираются разные тайлы, каждый из которых будет отвечать за свою позицию в ландшафте. Так как требуется ограничивать размеры, основные координатные оси так же указываются цифрами. Поле «numberOfFloors» отвечает за количество «этажей ландшафта», в данном случае сколько тайлов «tileMiddleFill» будет вставлено перед тем, как закрыть конечным «tileTopFill».

После определения карты высот необходим скрипт «TileMap3D\_Editor», в котором будет метод «GetFloor». Этот метод будет считывать цвет и его яркость, переводя в цифру. В конечном итоге карта высот будет выглядеть как поле цифр (Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.), которые этот метод будет передавать в виде массива, чтобы метод «CreateMap» смог определить какой тайл и как высоко он должен поставить или не поставить вовсе.

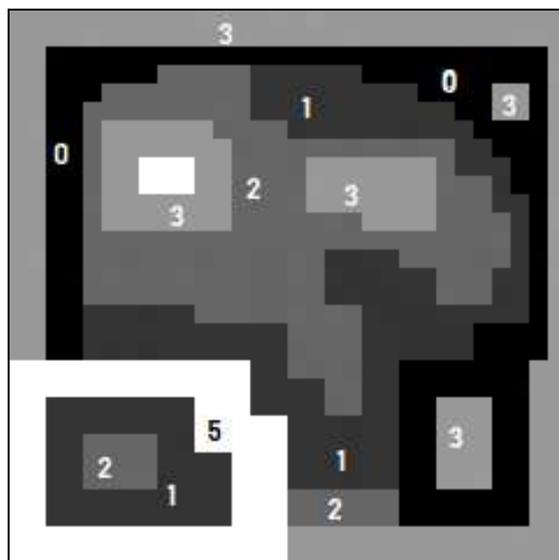


Рисунок 1. – Карта высот в конечном представлении

Для удобства системного проектирования и отображения организационных структур было необходимо построить UML-диаграмму (рис. 2). Это открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы. Представленная на рисунке 2 диаграмма последовательности действий позволяет увидеть в какой момент времени начинает работу программный компонент и вызывается тот или иной метод.

Тайлы не могут быть расставлены случайным образом, им нужны правила, по которым они будут выставляться, с этим поможет скрипт «TileMap3DRule». Он будет определять расположение тайлов в сетке методом «TileMapRule» и методом «TileRotate». Разворачивать тайл так, чтобы в данном примере тайлсет из 6 тайлов имел 24 варианта использования, и получалась полноценная картина [4].

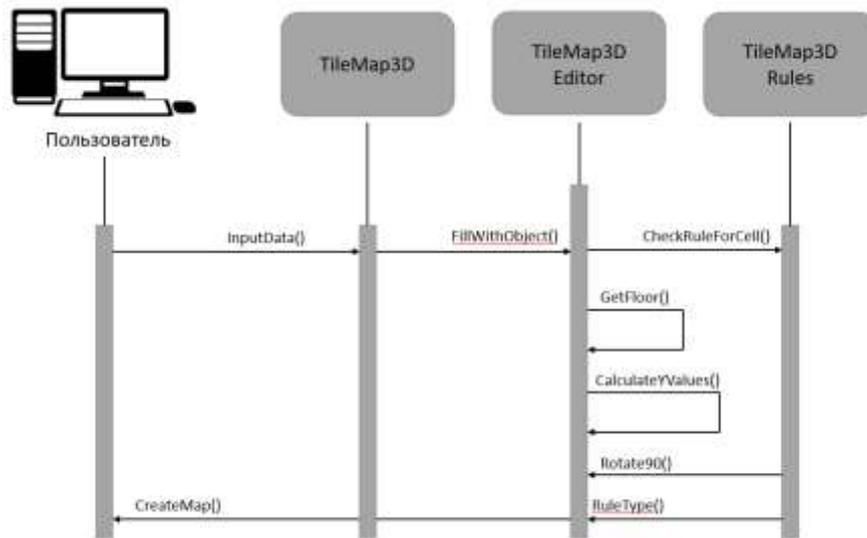


Рисунок 2. – UML диаграмма последовательности действий

*Листинг 2*

```

public void TileRotate()
{
    Dictionary<Vector3Int, int>rotatedRule = new Dictionary<Vector3Int,
                                                int>();
    foreach(KeyValuePair<Vector3Int, int> c in rule)
        rotatedRule.Add(new Vector3Int(c.Key.z, c.Key.y, -c.Key.x),
                            c.Value)
    ;
    rule = rotatedRule;
}
    
```

В работе представлен алгоритм генерации ландшафтов по карте высот для межплатформенной среды разработки компьютерных игр Unity.

В дальнейшем данный алгоритм будет использован для создания полноценного приложения для генерации ландшафтов разными способами.

#### Список источников

1. Использование TileMaps (Тайловых Карт). — URL: [https://docs.godotengine.org/ru/stable/tutorials/2d/using\\_tilemaps.html/](https://docs.godotengine.org/ru/stable/tutorials/2d/using_tilemaps.html/).
2. Карты высот — URL: [http://netlib.narod.ru/library/book0077/ch10\\_01.htm/](http://netlib.narod.ru/library/book0077/ch10_01.htm/).
3. Введение в сериализацию объектов. — URL: <https://metanit.com/sharp/tutorial/6.1.php/>.
4. Генерация трехмерных ландшафтов. — URL: <https://www.ixbt.com/video/3dterrains-generation.shtml/>.

УДК 613.88:316.4

ГРНТИ 76.33.31, 04.51.67

## ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО КОЛЛЕДЖА

*О.В. Игнатенко<sup>1</sup>, С.В. Егарева<sup>2</sup>, А.А. Мартынова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ГАПОУ МО «Кольский медицинский колледж» (КМК), Апатиты, Россия, olestin@mail.ru

<sup>2</sup>ГАПОУ МО «Кольский медицинский колледж» (КМК), Апатиты, Россия, erapeva@mail.ru

<sup>3</sup>НИЦ МБП КНЦ РАН, Апатиты, Россия, martynovaalla@medknc.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа репродуктивных установок и репродуктивного поведения студентов медицинского колледжа г. Апатиты.

**Ключевая слова.** Репродуктивное здоровье, репродуктивное поведение, студенты, молодежь.

## ASSESSMENT OF REPRODUCTIVE BEHAVIOR OF MEDICAL COLLEGE STUDENTS

*O. V. Ignatenco<sup>1</sup>, S. V. Egareva<sup>2</sup>, A. A. Martynova<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>SAPEI of the MR "KMC", Apatity, Russia, olestin@mail.ru

<sup>2</sup>SAPEI of the MR "KMC", Apatity, Russia, erapeva@mail.ru

<sup>3</sup>RCHAA KSC RAS, Apatity, Russia, martynovaalla@medknc.ru

**Abstract.** The results of the analysis of reproductive attitudes and reproductive behavior of Apatity Medical College students are presented.

**Keywords.** Reproductive health, reproductive behavior, students, youth.

Молодежь - это основной социально-экономический и демографический резерв государства. Сохранение его репродуктивного здоровья должно являться одной из основных задач современного общества. Особый интерес в связи с этим, вызывают репродуктивные установки и поведение среди молодежи, поскольку в подростковом возрасте формируются все модели поведения, многие из которых в будущем оказывают влияние на состояние здоровья и продолжительность жизни [2]. Анализ литературных источников показал увеличение информированности среди молодежи о репродуктивном здоровье [3, 4, 7]. Отмечается, что в молодежной среде, особенно среди студенчества, становятся популярными модели поведения, характерные для населения стран Западной Европы [5, 6].

**Материалы и методы.** Дистанционное анонимное онлайн-анкетирование было проведено на базе ГАПОУ МО «Кольского медицинского колледжа» (КМК). В анкетировании приняло участие 448 человек, по результатам анализа было отсеяно 15 человек из-за некорректных ответов, 2 анкеты были исключены

из анализа по возрастному цензу. В результате, к анализу было допущено 429 анкет юношей и девушек в возрасте 15-22 лет, что составило 52,5% от всех учащихся колледжа. Из них 380 девушек (88,6%) и 49 юношей (11,4%). 28% ответов пришлось на студентов в возрасте 17 лет, 23,1% – 18 лет, 21,7% – 16 лет, 17,2% - 19 лет, 7,7% и 2,3% пришлось на возраст 19 и 20-21 год, соответственно.

Анкета - опросник по теме: "Репродуктивное здоровье" была разработана сотрудниками филиала НИЦ МБП КНЦ РАН по результатам анализа литературных источников. Анкета состояла из 7 блоков: общая информация, что такое репродуктивное здоровье (1), репродуктивные установки (2), жизненные ценности (3), привычки (4), половая жизнь (5), только для девушек – половое развитие (6) и течение беременности и роды, если были (7). Анкетирование было построено от выбора ответа на отдельные вопросы.

В статье представлены результаты анализа анкет только по четырем блокам из 7 (блоки 1, 2, 3 и 5).

**Результаты исследования.** Анализ показал, что только 20,5% ответивших считают, что, молодежь в наше время хорошо информирована о репродуктивном здоровье, «нет» ответили 23,8%, 55,7% считают, что недостаточно, можно было бы и лучше. Причем, 57,8% отмечают, что в школе они не изучали вопросы, касающиеся половых отношений и репродуктивного здоровья (методы контрацепции, вопросы возникновения беременности, распространение ИППП). Основными источниками получения информации по вопросам репродуктивного здоровья, по мнению студентов медицинского колледжа, являются поисковики и интернет ресурсы – 41,5%. На втором месте идут медицинские работники – 22,6%. Семья и родственники ответили около 18,4%, школа – 8,4% и половые партнеры – 2,6%. Несмотря на то, что друзья и знакомые, не являются основным источником получения информации о репродуктивном здоровье, 56,6% респондентов ответили, что они иногда обсуждают данную тему внутри своей компании. Около 21,4% обсуждают регулярно, 15,2 ответили, что «нет» и 6,8% затруднились ответить.

Понятие и определение репродуктивного здоровья, правильно понимает только половина студентов, причем 23% из правильно ответивших, выбрали все варианты ответов. По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), репродуктивное здоровье – это состояние физического, эмоционального, психического и социального благополучия в части сексуальности, а не только отсутствие заболеваний или дисфункции [1]. Около 40,1% студентов ответили, что репродуктивное здоровье – это способность к зачатию и рождению здоровых детей, удовлетворение и безопасная сексуальная жизнь – 4,4%, возможность вести полноценную и разнообразную сексуальную жизнь – 3,6%.

Основными причинами нарушения репродуктивного здоровья большинство студентов считает: инфекции, передающиеся половым путем (ИППП) – 90,4%, несоблюдение правил гигиены – 83,9%, прерывание

беременности – 57,6%. Около половины студентов считает, что причинами нарушения могут быть: частая смена половых партнеров – 43,8 и раннее начало половой жизни – 40,8%. Большинство студентов 90,1% знает, что такое экстренная контрацепция и как ее применять.

Для многих подростков стоит вопрос, когда начинать половую жизнь? Около 58% студентов считают, оптимальным возрастом вступления в сексуальные отношения 15-17 лет, 33,6% – 18-22 года, 0,5% – старше 30 лет и только после брака – 3,5%. Несмотря на то, что только 0,2% считают нормальным вступление в половые отношения в возрасте младше 15 лет, категорически против ранних половых связей всего 17,9% опрошенных. Около 71% относятся к ранней половой связи нейтрально, а 8,6% считают «почему бы и нет».

На вопрос «Приемлемо ли для Вас начало половых отношений добракосочетания?» 89% опрошенных ответили «Да», при этом вступило в половые отношения на момент опроса только 47,5% студентов, из них 74% в возрасте 16-18 лет, 23% – 13-15 лет, 2% – не помню и 1% – 12 лет и младше. При этом 2,4% не помнит своего первого сексуального, а 11,8% отметили, что партнёр был случайным. Это говорит о том, что 85,8% респондентов серьёзно отнеслись к началу половой жизни.

Основными причинами первого сексуального опыта были отмечены: любовь – 36,6%, интерес – 20,0% и желание попробовать что-то новое – 15,9%. Совсем небольшой процент занимают ответы: «все мои друзья это уже попробовали» – 1,2%, «это современно» – 0,7%, около 3,7% ответили - «принуждение».

Только 39% студентов считают, что нормально иметь более одного постоянного полового партнера. На вопрос: «Какие последствия могут иметь беспорядочных половых связи?» 95,3-89,7% опрошенных ответили - вероятность заражения ВИЧ-инфекцией и инфекциями, передаваемыми половым путём (ИППП), 87,4% опасаются нежелательной беременности, 40,1% боятся зависимости от частой смены партнеров, 34,7% - осуждения со стороны окружающих, другое – 6,3%.

Оптимальным возрастом вступления в брак и формирования семьи большинство опрошенных считает от 20 до 30 лет, причем до 25 лет – 44,1% и от 25 до 30 лет – 29,4%. «Не имеет значение, главное чувство» ответили 23,8% студентов. Такая же тенденция отмечается и в ответах на вопрос «Укажите количество полных лет, когда Вы хотели бы родить первого ребенка»: по 39,4% набрали ответы от 20 до 25 и от 25 до 30 лет, 11,9% ответили «не важно, как получится».

Ответ на вопрос «Оцените влияние различных факторов на стремление родить ребенка» показал, основными факторами являются: жилищные условия – 90,7%, воспитание – 84,9%, материальное положение – 84,4%, наличие постоянного партнера – 79,1% и социальное положение – 71,8%. Меры поддержки государства и вероисповедание влияют слабо или не оказывают влияния совсем, ответило 53,1% и 76,4% респондентов соответственно.

На вопрос «Как вы относитесь к искусственному прерыванию беременности?» 37,5% студентов ответили – нейтрально, 21,9 считают, что аборт можно делать только по медицинским показателям и в результате насильственных действий, 18,2% - относятся положительно и 12,6% - категорически против абортов.

Основными причинами для прерывания беременности не относят: социальные условия – 76,2%, карьерный рост (учеба) – 10,3%, плохие жилищные условия – 4,4%, другое – 3,9% опрошенных.

**Выводы.** Полученные результаты свидетельствуют о недостаточном уровне информированности студентов о репродуктивном здоровье. Отмечается недостаточный уровень информированности в школе. Основным источником получения информации являются интернет-ресурсы, на втором месте идут медицинские работники, что, скорее всего, связано с местом учебы. Большинство студентов имеет репродуктивные установки на создание семьи и рождение ребенка в возрасте 20-30 лет, при этом материальная поддержка от государства не является стимулирующим фактором для рождения ребенка, а ведущими факторами являются жилищные условия и материальное положение, воспитание и наличие постоянного партнера. Более половины студентов ничего не имеют против аборта, основными причинами которого считают социальные условия.

#### Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ): [сайт] <https://www.euro.who.int/ru/home>(дата обращения 25.03.2022). – Текст: электронный.
2. Жиганова Е.В., Воробьева К.Н. Репродуктивное здоровье молодёжи в современных условиях //Сборник тезисов докладов участников VIII Всер.мол. фестиваля «Меня оценят в XXI веке». - М.: Государственная Дума ФС РФ, Мин. обр. и науки РФ, Федеральное космическое агентство, НС «ИНТЕГРАЦИЯ», РИА, РАО, 2011. - С. 197.
3. Жук Е. И. Репродуктивные установки москвичей молодого и среднего возраста // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. - 2016. - № 1. - С. 156—174. DOI: 10.14515/monitoring.2016.1.06
4. Обоскалова Т.А., Прохорова О.В. Репродуктивное поведение студентов медицинского вуза: реалии контрацептивного выбора //Гинекология - 2018. - №20 (3). - С. 16–20. DOI: 10.26442/2079-5696\_2018.3.16-20
5. Потапова О.Н. Социально-демографические особенности репродуктивного поведения современной молодёжи в ракурсе народосбережения России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. - 2010. - Т. 10, № 2. - С. 23-26.
6. Ростовский Р.В. Состояние репродуктивного потенциала молодежи // Вестник Вятского государственного университета. - 2012. - №4. - С. 122–125.
7. Шаталова, Е. В. Оценка репродуктивного поведения подростков города Томска // Сибирский медицинский журнал. - 2008. - Т. 23, № 4-1. - С. 66-67.

УДК 316  
ГРНТИ 04

## СТРУКТУРА ДОСУГОВЫХ ЦЕННОСТЕЙ МОЛОДЕЖИ (НА ПРИМЕРЕ Г. АПАТИТЫ)

*Р.В. Уткина*

филиал МАГУ в г. Апатиты, г. Апатиты, Россия, ytkinaregina2000@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – выявление основных досуговых ценностей молодежи г. Апатиты по различным социально-демографическим основаниям. Эмпирическое социологическое исследование проводилось в марте 2022 года методом онлайн-опроса в социальных сетях. В результате анализа данных было выявлено, что для молодежи в проведении досуга важен отдых и развлечение. Основными досуговыми ценностями являются развитие и креативность. Ценности-цели, которыми руководствуются респонденты при выборе досуга – активная деятельность, оздоровление, познание и материальное обеспечение.

**Ключевые слова:** досуговые ценности, ценности досуга, ценности, досуг, свободное время, молодежь

## STRUCTURE OF LEISURE VALUES OF YOUTH (BY THE EXAMPLE OF THE CITY OF APATITYA)

*R. V. Utkina*

Murmansk Arctic State University, Apatity branch, Apatity, Russia, ytkinaregina2000@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to identify the main leisure values of young people in the city of Apatity for various socio-demographic reasons. An empirical sociological study was conducted in March 2022 using an online survey in social networks. As a result of data analysis, it was revealed that recreation and entertainment are important for young people in spending leisure time. The main leisure values are development and creativity. The values-goals that guide the respondents when choosing their leisure time are active life activities, health improvement, knowledge and material support.

**Keywords:** leisure values, leisure values, values, leisure, free time, youth

Досуг является важным фактором социализации индивида, и особенно личности молодого человека. Молодежь в этом контексте рассматривается как специфическая социальная группа, находящаяся в процессе вторичной социализации, с формирующимися социальными ценностями, со значительными ресурсами свободного времени (в сравнении с занятым

трудоспособным населением) и потребностью в различных формах его реализации (из статьи). С одной стороны, досуг важен для духовного, личностного и физического развития молодых людей. С другой стороны, важным фактором являются формы досуга, в которые вовлечена молодежь. Так, например, неорганизованный, неконтролируемый досуг несет риски актуализации девиантных форм досуга. В целом, разнообразие видов и форм деятельности в сфере досуга предоставляет широкие возможности для формирования нравственных ориентиров, как отдельной личности, так и различных социальных групп. Институционализированный досуг активно влияет на человеческое сознание и формирует в нем ценности, которые разделяются в обществе. Но и люди выбирают виды досуговой деятельности в соответствии со своими ценностными ориентациями. По тому, какие досуговые практики воспроизводят молодые люди, можно определить культурный уровень молодежи, круг духовных потребностей и ценностей, интересы личности и социальной группы в целом.

Существуют различные методики изучения ценностей, которые можно применить к досуговым ценностям. Самая известная методика изучения ценностей была предложена М. Рокичем. Данная методика основана на приеме прямого ранжирования терминальных (ценностей-целей) и инструментальных ценностей (ценностей-средств). И.Г. Сенин, в своем опроснике терминальных ценностей, предложил рассмотреть жизненные ценности в таких сферах жизнедеятельности как профессиональная, образование, семейная сфера, общественная сфера и сфера досуга.

Досуговые ценности – это отражение в сознании человека ценностей, признаваемых им в качестве жизненных целей и общих мировоззренческих ориентиров в сфере досуга [2].

Бормотов И. В. приводит аргументы, подтверждающие значимость досуговых ценностей молодежи:

- во-первых, досугово-развлекательные ценности влияют на выбор способов времяпрепровождения, не занятого учебной или работой;
- во-вторых, досугово-развлекательные ценности позволяют молодым людям как раскрыть, так и реализовать свои потребности, ориентации, желания, личностные качества в свободное время в различных типах досуга;
- в-третьих, досугово-развлекательные ценности направлены на удовлетворение основных духовных потребностей: культурных, научных, социальных и творческих [1].

Существуют и специфические именно для досуга ценности. В первую очередь, это те ценности, признаваемые существование досуга с позиций существующей системы: удовольствие, забава как таковые; негативные ценности рутины, однообразия.

Досуговые ценности также связаны с определением и выражением социальной идентичности. Чем меньше возможностей для самовыражения дает

повседневная жизнь, тем больше эту функцию призван выполнять досуг. Не менее важной, в частности для молодежи, является способность досуга поддерживать социальную интеграцию и контроль [3].

Эмпирической базой для данной статьи послужили данные, полученные в результате авторского эмпирического социологического исследования, проводившегося в марте 2022 года. Метод сбора данных – онлайн-опрос. Ссылка на анкету размещалась в новостных пабликах социальной сети «В Контакте». Объектом исследования выступила молодежь в возрасте от 18 до 35 лет, проживающая в г. Апатиты. Тип исследования: выборочное, с использованием неслучайно квотного отбора. В рамках пилотажного исследования было опрошено 100 человек. Среди них мужчин 41%, женщин 59%. Распределение респондентов по возрасту: 18-23 – 38%, 24-29 – 30%, 30-35 – 32%. Распределение респондентов по основному виду занятия: студенты очной формы обучения – 26%, работающие – 71%, временно не работающие, безработные – 3%. Распределение респондентов по уровню образования: основное общее – 1%, среднее общее – 25%, начальное и среднее профессиональное – 37%, высшее – 35%, послевузовское – 2%.

По результатам исследования наиболее значимыми аспектами жизни молодежи г. Апатиты являются здоровье и счастье – 72%, семья – 68%, уважение – 58%, любовь – 56%, работа – 52%, наименее значимая жизненная ценность – это вера – 16%. Досуг не является приоритетной ценностью у молодых людей. Готовы пожертвовать своим досугом для других дополнительных дел, которые могут появиться в свободное время 85% молодежи. Однако большая часть респондентов отметила, что досуг для них очень важен.

Опрошенная молодежь предпочитает заниматься: собственным хобби, спортом (по 17%), гулять (14%), а также читать (10%). Молодые люди совмещают пассивный и активный виды досуга (65%), в равной степени проводят свой досуг, как дома, так и за его пределами (65%). Свой досуг молодые люди проводят с друзьями, с семьей или в одиночестве, а также совмещают эти виды времяпрепровождения.

Наиболее значимым при проведении досуга для молодежи является развитие себя (53%), сохранение собственной индивидуальности (49%), духовное удовлетворение (48%). Для опрошенных молодых людей основополагающим при выборе деятельности в свободное время является отдых (26%), развлечение (25%), поддержание здоровья (19%). Ценности-цели, которыми руководствуются опрошенные молодые люди это – активная деятельная жизнь (19%), развитие и оздоровление (по 13%), познание (12%). Индивидуальными ценностями в сфере досуга среди молодежи являются самостоятельность (25%), универсализм (17%), доброта (13%). Качества, которые могут приобрести опрошенные при проведении собственного досуга: жизнерадостность (17%), образованность (14%), воспитанность (13%). Опрошенная молодежь характеризует свой досуг как

активный (20%), расслабленный (25%), творческий (18%), безопасный (44%), насыщенный (25%), осмысленный (32%), интересный (49%).

Большая часть опрошенной молодежи удовлетворена проведением собственного досуга (удовлетворен – 43%, скорее удовлетворен, чем нет – 43%). Среди причин неудовлетворенности своим досугом были названы: недостаточное количество и разнообразие услуг, высокие цены на досуговые услуги, отсутствие времени и отсутствие жизненной энергии.

Основной функцией досуга среди мужчин является развлечение (61%), среди женщин - отдых (71%). В возрасте от 18 до 23 лет досуг - это развлечение (68%), также и для молодых людей в возрасте 24-29 лет - развлечение (90%), молодежь в возрасте 30-35 лет в досуге видит основной функцией отдых (63%). Для студентов досуг - это развлечение (65%), для работающих – отдых (69%). Респонденты, имеющие школьное образование, указывают основными функциями развлечение (65%) и общение (61%), молодежь с профессиональным образованием – отдых (70%), молодые люди с высшим образованием – развлечение и отдых (по 68%).

Все респонденты указали как основную ценность-цель досуга – активную жизненную деятельность, помимо нее среди мужчин одной из основных ценностей-целей является развитие (46%), среди женщин – оздоровление (42%). Среди молодежи 18-23 года ценностью-целью является материальная обеспеченность (41%), 24-29 лет – оздоровление (52%), 30-35 лет - познание (47%). Студенты выбирают в досуге ценность-цель познание и материальную обеспеченность (по 35%), работающие – оздоровление (42%). Молодежь со школьным образованием выбирает материальную обеспеченность и развитие (по 39%) как ценность-цель досуга, молодые люди с профессиональным образованием – оздоровление (46%), респонденты с высшим образованием выбирают как ценность-цель в досуге познание (39%).

Главная ценность в сфере досуга среди молодежи – развитие – ее выбрали все рассматриваемые категории молодежи. Среди мужчин также важной ценностью является собственное удовлетворение (82%), среди женщин – креативность (66%). Молодежь в возрасте 18-23 года и 24-29 лет выбирают креативность, 30-35 лет – духовное удовлетворение. Студенты и работающие ценят в своем досуге креативность (79% и 72% соответственно). Респонденты со школьным образованием выбирают такую ценность в досуге, как духовное удовлетворение (65%), молодые люди с профессиональным образованием – духовное и собственное удовлетворение (по 62%), молодежь с высшим образованием – собственное удовлетворение (38%).

Таким образом, основными функциями досуга для молодых людей являются развлечение и отдых. Главными ценностями досуга являются развитие и креативность. Ценности-цели, которыми руководствуются респонденты при выборе своего досуга, это активная жизненная деятельность, оздоровление, познание и материальное обеспечение.

Список литературы

1. Бормотов И.В. Ценностный выбор российской молодежи: групповой срез // СИСП. - 2016. - №3-1 (27). - С.123-133.
2. Кускарова О.И. Досуговые ценности современной молодежи республики Адыгея // Молодежь в трансформирующемся обществе: настоящее и будущее. - 2020. - С. 129-133.
3. Pronovost G. Society and leisure // Current sociology. – L., 1998. – Vol. 46, N 3. – P. 156-160.

УДК 748

ГРНТИ 04.51

**СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА МОЛОДЕЖИ СЕКСУАЛЬНОГО  
ВОСПИТАНИЯ ДЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ МОЛОДЕЖИ ГОРОДА  
АПАТИТЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*П.В. Демченко<sup>1</sup>, Н.С. Христофоров<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> студентка ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, РФ, [press@arcticsu.ru](mailto:press@arcticsu.ru)

<sup>2</sup> студент филиала МАГУ в г. Апатиты, г. Апатиты, РФ, [khristoforovnikitos@mail.ru](mailto:khristoforovnikitos@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты эмпирического исследования на тему «Субъективная оценка молодежи сексуального воспитания детей». Исследование проведено в мае 2021 г. в г. Апатиты Мурманской области. Объект исследования – молодежь г. Апатиты в возрасте от 18 до 35 лет.

По результатам исследования был выявлен низкий уровень сексуального воспитания в детском возрасте у современной молодежи. Родители большинства молодых людей вовсе не занимались сексуальным образованием, в редких случаях проводились беседы, где затрагивались ограниченные темы: методы контрацепции и желательный возраст вступления в сексуальные отношения.

**Ключевые слова:** сексуальное образование, молодежь, дети.

**SUBJECTIVE ASSESSMENT OF THE YOUTH OF SEXUAL EDUCATION  
OF CHILDREN (ON THE EXAMPLE OF THE YOUTH OF THE CITY OF  
APATITY, MURMANSK REGION)**

**Abstract:** The article presents the results of an empirical study on the topic "Subjective assessment of youth sexual education of children". The study was conducted in May 2021 in Apatity, Murmansk region. The object of the study is the youth of Apatity at the age of 18 to 35 years.

According to the results of the study, a low level of sexual education in

childhood among modern youth was revealed. The parents of most young people did not engage in sexual education at all, in rare cases, conversations were held where limited topics were touched upon: methods of contraception and the desired age of entry into sexual relations.

**Keywords:** sexuality education, youth, children.

С древнейших времен проблемы сексуального воспитания относились к числу, во-первых, наиболее затрудненных, а, во-вторых, наиболее пренебрегаемых, и попросту избегаемых вопросов педагогики, психологии и других общественных наук.

Сексуальное воспитание – часть общего воспитания детей, отличающееся большей неопределенностью из-за закрытости темы. Другие направления воспитания детей имеют более или менее четко выраженные направления и могут быть переданными собственным примером, корректироваться советами и наставлениями.

Сексуальное воспитание определяется, как комплекс воспитательных воздействий на детей, направленных на овладение им нормами поведения, свойственных представителям его пола, способствование гармоничному развитию, формированию полового поведения и детородной функции, содействие укреплению физиологических и нравственных основ брака и семьи.

В мае 2021 года на территории города Апатиты проводилось социологическое исследование на тему «Субъективная оценка молодежи сексуального воспитания детей». Объектом исследования выступила молодежь г. Апатиты в возрасте от 18 до 35 лет.

Большинство респондентов (46%) отмечает, что основным источником сексуального воспитания в детстве в их собственной жизни являлся Интернет, на втором месте – сверстники. От родителей подобную информацию получал лишь каждый пятый респондент (24%), в то время как информацию о сексуальном образовании в рамках общеобразовательного процесса не получил никто из опрошенных (0%).

Родители не занимались сексуальным просвещением вовсе у 64% опрошенных респондентов, чаще беседы по теме сексуального образования в детском возрасте проводились с девушками.

Родители респондентов начали проведение бесед по сексуальному просвещению в подростковом возрасте: 29,7% - в возрасте старше 14 лет; 18,9 % - в период с 11 до 14 лет. Рассматривая проблемы, связанные с недостаточным уровнем сексуального воспитания со стороны родителей, респонденты выделяют следующее:

- низкий уровень знаний о средствах контрацепции и заболеваниях, передаваемых половым путем («отношение к контрацепции было: лишь бы не появились дети, про ВИЧ и СПИД, что передается половым путем, даже не думали», «невозможность обезопасить себя от ЗППП»);

- недостаточное внимание к личной интимной гигиене, незнание о менструации у девушек («не знала, что это такое, когда пришли месячные»);

- формирование негативных установок к сексу, боязнь получения первого сексуального опыта и низкий уровень либидо («негативное отношение к сексу», «сниженное либидо», «долгое время оставался девственником по сравнению со сверстниками», «низкая сексуальность», «отсутствие личных границ»);

- низкий уровень сексуального образования со стороны родителей побуждал респондентов узнать необходимую информацию самостоятельно («необходимость самостоятельного поиска информации на эту тему»).

Таким образом, можно сделать выводы, что родители не занимали ведущее место в процессе сексуального воспитания своих детей. Современная молодежь получала сексуальное просвещение из Интернета и от собственных сверстников.

Отвечая на вопрос «Как вы считаете, необходимо ли детям сексуальное воспитание?», большинство респондентов (92%) отметили, что сексуальное воспитание для детей, что сексуальное образование абсолютно не нужно детям только 4% опрошенных.

Оптимальным возрастом сексуального воспитания детей, по мнению большинства респондентов, является промежуток с 11 до 14 лет. Только каждый седьмой респондент (14%) считает, что половое воспитание должно начинаться значительно раньше (до 5 лет). Респонденты женского пола убеждены, что половое воспитание должно начинаться в более раннем возрасте в отличие от мужчин, которые предпочли выбирать более поздний возраст.

В содержательную часть понятия «сексуальное воспитание» большинство респондентов включает «предоставление ребенку знаний об анатомических различиях между полами и их значением в продолжении человеческого рода» (86%), «информация о заболеваниях, передаваемых половым путем и средствах контрацепции» (84%), «информация о личных границах ребенка» (60%), а также «информация о необходимой гигиене» (62%).

Отвечая на вопрос «Как вы считаете, кто должен заниматься сексуальным воспитанием ребенка», большинство респондентов (86%) поддерживают совместную работу школы и родителей, только каждый 10 респондент перекладывает обязанность за сексуальное воспитание только на родителей (12%), важно отметить, что поддерживают не включение в процесс сексуальное образование школы только респонденты женского пола.

Среди респондентов, имеющих собственных детей, отмечается, что занимаются сексуальным воспитанием детей только 50% опрошенных. Для собственных детей респонденты начинают сексуальное воспитание в возрасте старше 11 лет. Респонденты, не проводящие беседы для своих детей, чаще всего объясняют это маленьким возрастом собственных детей. Анализируя собственный уровень сексуального воспитания в детском возрасте, большинство респондентов оценили его на низком уровне.

По результатам проведенного эмпирического исследования можно сделать выводы, что родители не занимали ведущее место в процессе сексуального воспитания своих детей, современная молодежь получала сексуальное просвещение из Интернета и от собственных сверстников.

64% отмечают, что родители вовсе не занимались их сексуальным воспитанием, беседы по сексуальному воспитанию проводились в семьях только каждого пятого респондента, начало такого сексуального воспитания, как правило, начали поздно – в подростковом возрасте (старше 11 лет). А информация, рассматриваемая в ходе бесед, затрагивала ограниченные темы: методы контрацепции и желательные возраст вступления в сексуальные отношения.

Современная молодёжь положительно относится к проведению сексуального воспитания детей (92% респондентов отметили, что сексуальное воспитание необходимо детям), что подтверждает гипотезу основания «Молодёжь города Апатиты положительно относится к сексуальному воспитанию детей».

Оптимальным возрастом начала сексуального просвещения респонденты считают промежуток от 11 до 14 лет, стоит отметить, что респонденты женского пола чаще выбирали более ранний возраст начала сексуального воспитания, чем респонденты мужского пола.

Рассматривая понятие «сексуальное воспитание», респонденты включают в содержание понятия информацию: об анатомических различиях, процессе сексуального акта, заболеваниях, передаваемых половым путём, средствах контрацепции и т.п. Проводить сексуальное воспитание для детей, по мнению респондентов, должны родители и школа в равной степени.

Анализируя состояние сексуального воспитания в России, респонденты отмечают, что оно находится на очень низком уровне (76%). По мнению молодёжи города Апатиты, низкий уровень сексуального воспитания детей может послужить причиной множества проблем. Среди подобных проблем респонденты отмечают: низкий уровень информации о собственном теле, недостаточное знание о методах контрацепции, и, как следствие, нежелательные беременности, заболевания и увеличение количества абортов, а также ряд психологических проблем (боязнь вступления в сексуальную связь и т.п.).

#### Список литературы

1. Кадошникова М.Ю. К вопросу о необходимости сексуального образования для подростков и их родителей [Текст] / М.Ю. Кадошникова // Здоровье и образование в XXI веке. – 2015. - №1. – С. 18-27.
2. Баркова С.М. Особенности эффективного сексуального воспитания в дошкольном возрасте [Текст] / С.М. Баркова, О.В. Александрова // Сборник материалов Ежегодной международной научно-практической конференции «Воспитание и обучение детей младшего возраста». – 2016. - №5. – С. 225-226.
3. Блохина Н. А. Понятие гендера: становление, основные концепции [Текст] / Н. А. Блохина. – М.: Грамота, 2001. – 255 с.
4. Тартаковская И.Н. Социальные трансформации гендера и сексуальности в свете идей И.С. Кона [Текст] / И.Н. Тартаковская, И.И. Лунин // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. – 2018. - №118-2. – С. 4-19.

УДК 377:378 (470.21)

## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*А.С. Архипов<sup>1</sup>, А.Н. Щеглова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> студент филиала МАГУ в г. Апатиты, Россия, ARSasha10@yandex.ru

<sup>2</sup> к.э.н., доцент кафедры экономики, управления и социологии филиала МАГУ в г. Апатиты, Россия, scheglova@arcticsu.ru

**Аннотация.** Рассматриваются тенденции развития системы профессионального образования в регионе. Анализируется динамика численности, приема и выпуска студентов профессиональных образовательных организаций в сопоставлении с динамикой демографических процессов. Выявлены основные проблемы, характерные для системы профессионального образования в регионе.

**Ключевые слова:** профессиональное образование, подготовка квалифицированных рабочих и служащих, подготовка специалистов среднего звена, подготовка студентов по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры.

## MAIN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF VOCATIONAL EDUCATION IN THE MURMANSK REGION

*A.S. Arkhipov<sup>1</sup>, A.N. Shcheglova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> student of MASU branch in Apatity, Russia, ARSasha10@yandex.ru

<sup>2</sup> Candidate of Economic Sciences, assistant professor of MASU branch in Apatity, Russia, scheglova@arcticsu.ru

**Abstract.** The tendencies of development of vocational education system in the region are considered. The dynamics of the number of students enrolling and graduating students of professional educational organizations in comparison with the dynamics of demographic processes is analyzed. The main problems typical for the system of vocational education in the region are revealed.

**Key words:** vocational education, training of qualified workers and employees, training of mid-level professionals, training of students in Bachelor's, Specialist's and Master's degree programmes.

Мурманская область – один из немногих регионов, который полностью входит в состав Арктической прибрежной зоны Российской Федерации (АЗ РФ).

В Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [1] отражены

приоритетные направления развития Мурманской области «как флагмана арктического развития», в том числе:

1. комплексное развитие единственного незамерзающего российского морского порта в Арктике;
2. создание и развитие предприятий морехозяйственного сервисного комплекса;
3. развитие рыбохозяйственного комплекса и техническое перевооружение предприятий данной сферы;
4. развитие энергетической инфраструктуры;
5. формирование новых и развитие действующих минерально-сырьевых центров, специализирующихся на добыче и обогащении полезных ископаемых и пр.

Вполне очевидно, что реализация поставленных перед регионом задач невозможна без соответствующих специалистов, подготовка которых, в первую очередь, должна осуществляться в профессиональных образовательных организациях, расположенных на территории области. Рассмотрим систему профессионального образования Мурманской области.

Во-первых, проанализируем численность студентов профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку квалифицированных рабочих и служащих, специалистов среднего звена (учащиеся колледжей) и численность студентов, обучающихся по программам подготовки бакалавров, специалистов и магистров (рисунок 1).

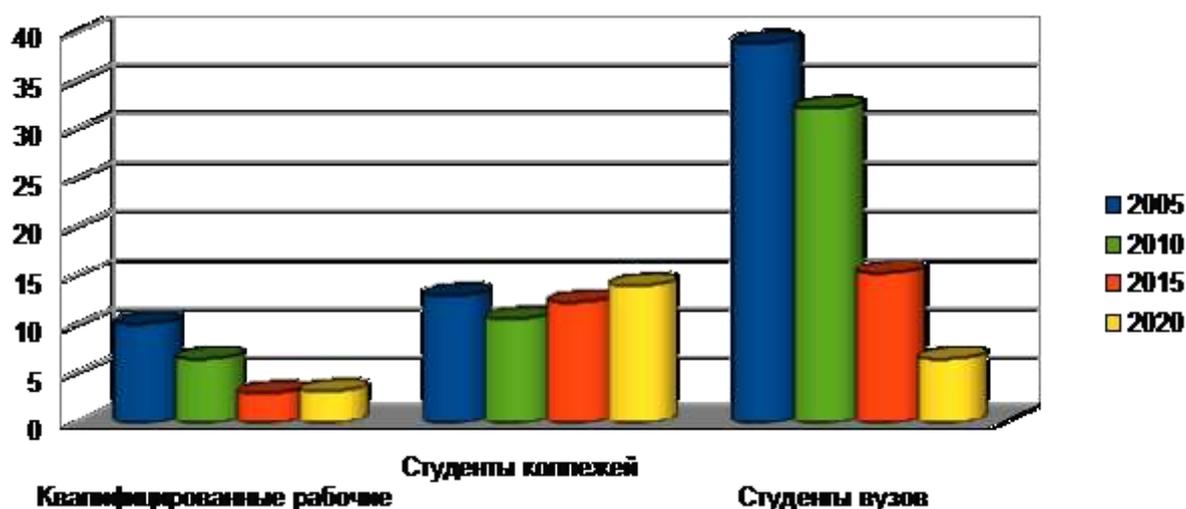


Рисунок 1 – Динамика численность студентов в Мурманской области, тыс. чел. [2, 3]

На основе представленных данных на рисунке 1 можно сделать вывод о снижении численности студентов в Мурманской области. Так, численность студентов образовательных организаций, осуществляющих подготовку квалифицированных рабочих и служащих снизилась более чем в 3 раза

(с 10,2 тыс. чел. до 3,3 тыс. чел. или на 67,6% в сравнении с 2005 годом). Однако численность студентов, обучающихся в профессиональных образовательных организациях, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена, достаточно стабильна, а в анализируемом периоде наблюдается даже небольшой рост (на 7,6% - с 13,1 тыс. в 2005 г. чел. до 14,1 тыс. чел. в 2020 г.), что может свидетельствовать о возросшей популярности среднего профессионального образования, в том числе по причине нежелания многих школьников усиленно готовиться к сдаче единого государственного экзамена (ЕГЭ). Самое масштабное снижение наблюдается в численности студентов, обучающихся по программам подготовки бакалавров, специалистов и магистров - на 83% от численности в 2005 (с 39 тыс. чел. до 6,6 тыс. чел.) [2, 3].

Общее снижение численности студентов обусловлено, прежде всего, неблагоприятной демографической обстановкой в регионе и уменьшением численности населения в целом. Так, по состоянию на конец 2005 на территории насчитывалось 839 тыс. человек, а к концу 2020 года численность сократилась до 733 тыс. человек или на 12,6 % (рисунок 2).

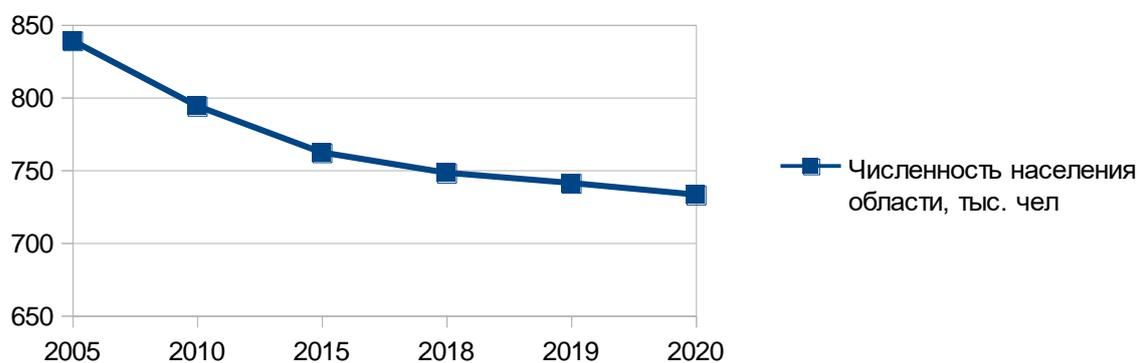


Рисунок 2 - Численность населения Мурманской области, тыс. чел.

Согласно прогнозу, составленному Федеральной службой государственной статистики, численность населения Мурманской области в течение ближайших лет будет снижаться и к 2031-му году может сократиться еще на 100 тыс. чел.

Далее проанализируем динамику приема и выпуска студентов профессиональных образовательных организаций.

На рисунке 3 показана динамика приема в профессиональные образовательные организации.

Динамика приема в образовательные организации профессионального образования области позволяет сделать следующие выводы. В образовательных организациях, осуществляющих подготовку квалифицированных рабочих и служащих, наблюдается стабильное снижение приема студентов. Так, с 2005 г. по 2020 г. прием снизился на 74,4% (с 4,7 тыс. чел. до 1,2 тыс. чел.).

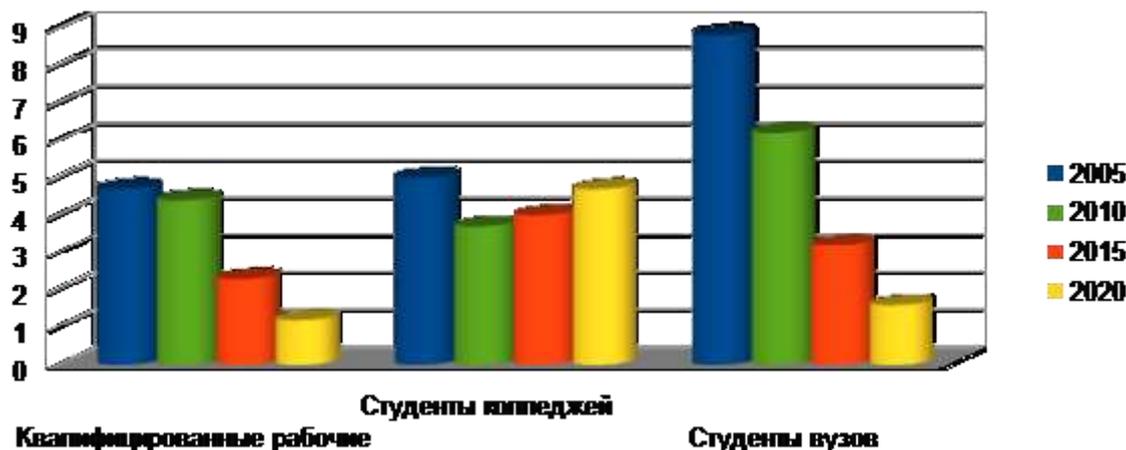


Рисунок 3 – Динамика приема в профессиональные образовательные организации Мурманской области, тыс. чел. [2, 3]

В образовательных организациях, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена, ситуация выглядит более оптимистично. Если с 2005 г. по 2010 г. наблюдалось небольшое снижение - на 26% (с 5 тыс. чел. до 3,7 тыс. чел.), то с 2010 г. мы видим явную тенденцию к росту - к 2020 г. этот показатель вырос почти на 20% (с 4 тыс. чел. до 4,7 тыс. чел.).

Совсем критично выглядит ситуация с приемом в вузы, расположенные на территории области. Прием снизился на 81,8% по сравнению с 2005 г. (с 8,8 тыс. чел. до 1,6 тыс. чел.).

На рисунке 4 показана динамика выпуска студентов из профессиональных образовательных организаций, здесь прослеживаются тенденции, аналогичные динамике приема в образовательные организации.

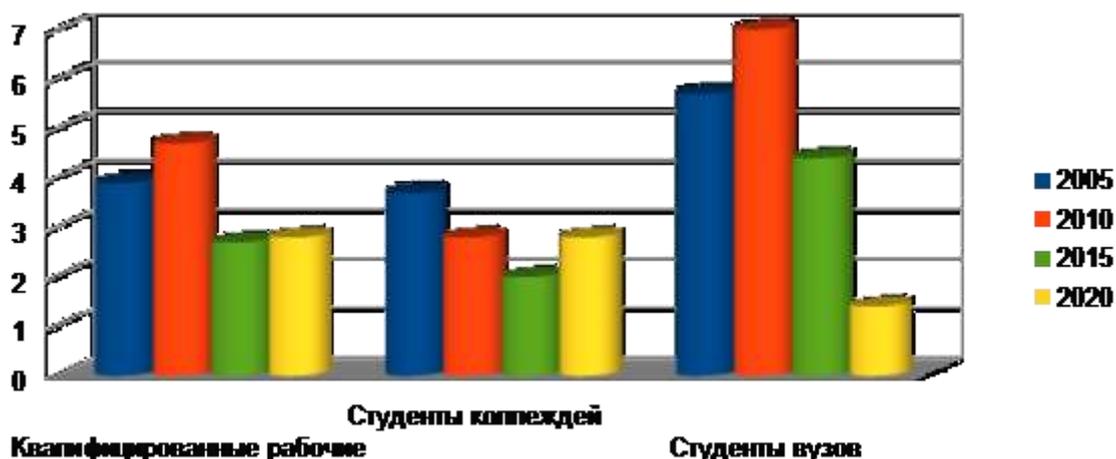


Рисунок 4 – Динамика выпуска студентов профессиональных образовательных организаций Мурманской области, тыс. чел. [2, 3]

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод о снижении численности студентов на фоне неблагоприятной демографической обстановки в регионе. Актуальным становится вопрос соответствия количества студентов, получающих образование в учебных заведениях области, реальным потребностям экономики региона.

Для того чтобы система профессионального образования в регионе играла заметную роль в его социально-экономическом развитии, подготовка кадров должна осуществляться с учетом реальных потребностей региональной экономики и стратегических направлений развития территории. Для этого необходимо проведение анализа предложения и спроса на региональном рынке труда и направлений подготовки (специальностей), реализуемых в профессиональных образовательных организациях области.

### Список литературы

1. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года: указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : [Сайт]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010260033?index=32&rangeSize=1> (дата обращения: 30.03.2022).
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. – Москва: Росстат, 2021. – 1112 с.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: Стат. сб. - Москва: Росстат, 2015. - 1112 с.

УДК 332.135

ГРНТИ 06.61.43

## ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МОРСКИХ КОММУНИКАЦИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗАПАДНОМ СЕКТОРЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

*С.В. Белов*

стажер института экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия, [belov.sergeiy@gmail.com](mailto:belov.sergeiy@gmail.com);

**Аннотация.** Актуальность темы связана с использованием теоретических положений научной школы пространственной экономики в вопросах управления на основе связи экономической деятельности и морских коммуникаций в целях освоения ресурсов Арктики. Интерес представляет пространственная организация разработки и доставки морским путем рудных

концентратов с месторождений цветных металлов. Предложена формулировка понятия «производственные комплексы минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых». Проблемы связаны с недостаточным развитием морских коммуникаций, а также состоянием геологоразведочных и горнодобывающих работ на твердые полезные ископаемые. Отечественный опыт разработки месторождений в западном секторе Арктики связан с комплексами Кольского полуострова и Норильского района. Перспективными являются месторождения архипелага Новая Земля, острова Вайгач, Полярного Урала и Северного Тимана. Зарубежный опыт освоения недр проявляется на примере рудника Рэд Дог на Аляске, месторождений арктических территорий Канады, Норвегии, Швеции, Финляндии, Дании (Гренландия). Павловское месторождение на Новой Земле относится к крупным по запасам цинка и свинца, подготовлено к добыче АО «Первая горнорудная компания» (ПГРК) госкорпорации «Росатом». Разработка свинцово-цинковых месторождений на Новой Земле, Вайгаче, Полярном Урале окажет влияние на динамику регионального развития в Западном секторе российской Арктики.

**Ключевые слова:** пространственная организация, морские коммуникации, свинцово-цинковые месторождения, российская Арктика, производственные комплексы минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых

**Abstract:** The relevance of the topic is connected with the use of the theoretical provisions of the scientific school of spatial economics in management issues based on the connection of economic activity and maritime communications in order to develop Arctic resources. Of interest is the spatial organization of the development and delivery by sea of ore concentrates from non-ferrous metal deposits. The formulation of the concept "production complexes of the mineral resource base of solid minerals" is proposed. The problems are related to the insufficient development of marine communications, as well as the state of exploration and mining operations for solid minerals. Domestic experience in the development of deposits in the western sector of the Arctic is associated with the complexes of the Kola Peninsula and Norilsk district. The deposits of the Novaya Zemlya archipelago, the Vaigach Islands, the Polar Urals and the Northern Timan are promising. Foreign experience in the development of mineral resources is shown by the example of the Red Dog mine in Alaska, deposits in the Arctic territories of Canada, Norway, Sweden, Finland, Denmark (Greenland). The Pavlovskoye deposit on Novaya Zemlya belongs to large reserves of zinc and lead, prepared for production by JSC "First Mining Company" (PGRK) of the Rosatom State Corporation. The development of lead-zinc deposits in Novaya Zemlya, Vaigach, and the Polar Urals will have an impact on the dynamics of regional development in the Western sector of the Russian Arctic.

**Keywords:** spatial organization, marine communications, lead-zinc deposits, the Russian Arctic, production complexes of the mineral resource base of solid minerals

Актуальность темы исследования связана с применением и использованием теоретических положений российской научной школы пространственной экономики в вопросах управления региональным хозяйством на основе связи преобладающего вида экономической деятельности и морских коммуникаций в целях обеспечения освоения ресурсов и пространственного развития Арктики. На практике научный интерес представляет рациональная пространственная организация разработки и доставки морским путем рудных концентратов с арктических месторождений цветных металлов.

Автором предложена формулировка «производственные комплексы минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых – это совокупность запасов месторождений твердых полезных ископаемых, связанных с геологоразведочными, горнодобывающими, перерабатывающими, металлургическими, химическими, доставляющими продукцию потребителю транспортными предприятиями, которые объединены для достижения единой цели».

Проблемы связаны с недостаточным развитием региональных морских коммуникаций (портов, причалов, морских судов), а также состоянием геологоразведочных и горнодобывающих работ на твердые полезные ископаемые на арктических территориях.

Отечественный опыт разработки месторождений цветных металлов в западном секторе Арктики связан с комплексами Кольского полуострова и Норильского района. Перспективными являются месторождения архипелага Новая Земля, острова Вайгач, Полярного Урала и Северного Тимана [1].

Зарубежный опыт освоения богатств недр проявляется на примере свинцово-цинкового рудника Рэд Дог на Аляске, месторождений арктических территорий Канады, Норвегии, Швеции, Финляндии, Дании (Гренландия) [2].

Месторождения цветных металлов заполярных территорий земного шара представляют интерес для государств, имеющих выходы к Арктике. Павловское месторождение на Новой Земле относится к крупным по запасам цинка и свинца, подготовлено к добыче АО «Первая горнорудная компания» (ПГРК) госкорпорации «Росатом». ПГРК открыла в Северном (Арктическом) федеральном университете «Лабораторию горнорудного производства и карьеров» с обучением в горно-геологической информационной системе Micromine, на месторождении сделана оценка запасов в соответствии с Кодексом JORC [3] для отработки открытыми горными работами (табл. 1) [4].

Продукция будет представлена двумя видами рудных концентратов: цинкового концентрата и свинцового с примесью серебра. Годовой выпуск концентратов составит 260 тысяч тонн (цинк), 67 тысяч тонн (свинец с серебром).

Свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления открыты на острове Вайгач и на побережье около Амдермы. Наиболее перспективным является месторождение Саурейское на Полярном Урале с запасами руды (тыс. т.) по категории С1, (свинца - 182,1, цинка - 9,0); по категории С2, (свинца - 144,6, цинка - 12,5) [5].

## ЭКОНОМИКА: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

Таблица 1 – Запасы полезных ископаемых Павловского месторождения

Категория запасов	Запасы руда, тыс. т	Запасы металла			Среднее содержание		
		свинец, тыс.т	цинк, тыс. т	серебро, т	свинец, %	цинк, %	серебро, г/т
Балансовые запасы							
В	5234,68	56,92	234,40	122,04	1,09	4,48	23,31
C <sub>1</sub>	21653,05	246,14	1090,92	418,41	1,14	5,04	19,32
В+C <sub>1</sub>	26887,73	303,06	1325,32	540,45	1,13	4,93	20,10
C <sub>2</sub>	20830,05	246,31	1162,57	654,40	1,18	5,58	31,42
Всего	47717,78	549,37	2487,89	1194,85	1,15	5,21	25,04
Забалансовые запасы							
C <sub>2</sub>	13461,48	107,58	531,07	239,23	0,80	3,95	17,77

Инфраструктурное обеспечение разработки месторождений цветных металлов в Заполярье связано с развитием морских и речных портов. Для развития российского судостроения для транспортировки продукции горно-обогатительных комбинатов и грузов требуется строительство ледоколов, модернизация или создание новых морских портов, аэропортов, дорог на побережье, восстановление служб гидрометеорологии [6].

Для развития флота потребуется постройка 150 судов разного назначения, 10 атомных ледоколов, 30 нефтегазовых платформ.

Актуальными являются вопросы пространственной организации морских коммуникаций при разработке месторождений арктического минерально-сырьевого комплекса. Среди первоочередных задач важное место занимает добыча минеральных ресурсов, которая требует завоза больших объемов грузов [7].

Развитие морских коммуникаций при добыче свинца и цинка может опираться на опыт перевозок контейнерами концентратов норильских медно-никелевых руд из порта Дудинка до потребителей в европейских и азиатских странах. Разработка свинцово-цинковых месторождений на Новой Земле, Вайгаче, Полярном Урале окажет влияние на динамику регионального развития в Западном секторе российской Арктики [8].

### Список литературы

1. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Арктической зоны РФ на 15.03.2021 г. Справка подготовлена ФГБУ «ВСЕГЕИ» в рамках выполнения Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 г. № 049-00016-21-00.

2. Бортников Н.С., Лобанов К.В., Волков А.В., Галямов А.Л., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю., Викентьев И.В., Тарасов Н.Н., Дистлер В.В., Аристов В.В., Чижова И.А. Месторождения стратегических металлов в Арктической зоне. // Геология рудных месторождений. - 2015. - Т. 57. № 6. - С. 479–500.

3. На Павловском месторождении АРМЗ проведена первая оценка минеральных ресурсов в соответствии Кодексом JORC. «Атомная энергия 2.0», 13 апреля 2021 г. - URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/04/13/113242>.

4. Представлена первая оценка рудных запасов для отработки открытым способом на Павловском месторождении на Новой Земле. «Атомная энергия 2.0», 9 декабря 2021 г. - URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/12/09/120097>

5. Контарь Е. С. К 64 Геолого-промышленные типы месторождений, меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы): научная монография / Е. С. Контарь; Департамент по недропользованию по Уральскому федеральному округу (Уралнедра). - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 199 с.

6. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.12.2012 г. № 2514-р).

7. Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 30 марта 2021 г. № 484.

8. Указ Президента РФ от 5 марта 2020 г. N 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года».

**УДК 338.24**

**ГРНТИ 06.52.13**

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

***В.П. Воробьева***

филиал МАГУ в г. Апатиты, г. Апатиты, Россия, vorobyeva.valya01@yandex.ru

**Аннотация.** Темпы экономического развития, базирующиеся на внедрении наукоемкой промышленности и инновационных технологий, определяют возможности конкурентоспособности страны в современной экономике, как на мировом, так и на национальном уровне. Исследование посвящено вопросам реализации инновационной системы государства. Оценке результатов действия различных институтов, способствующих продвижению и внедрению знаний и инноваций на определенной территории, связей между ними в современной экономике. В результате мониторинга инновационного контура России, были получены следующие результаты, свидетельствующие о необходимости актуализировать создание комплексного экономического механизма регулирования инновационных процессов на национальном и региональном уровнях. Например, величина внутренних затрат на исследования

и разработки и их доле в добавленной стоимости Россия уступает всем ведущим странам; большая часть результатов исследования и разработок создается организациями, имеющими организационно-правовую форму бюджетного учреждения; более половины фундаментальных исследований приходится на Российскую академию наук.

**Ключевые слова:** экономическое развитие, конкурентоспособность страны, современная экономика, инновационная система, внедрение знаний и инноваций.

## MODERN TRENDS IN THE FORMATION OF THE NATIONAL INNOVATION SYSTEM

*V.P. Vorobyova*

MASU branch Apatity, Apatity, Russia, vorobyeva.valya01@yandex.ru

**Abstract:** The pace of economic development, based on the introduction of high-tech industry and innovative technologies, determines the country's competitiveness in the modern economy, both at the global and national level. The study is devoted to the implementation of the innovation system of the state. Assessment of the results of the actions of various institutions contributing to the promotion and introduction of knowledge and innovation in a certain area, the links between them in the modern economy. As a result of monitoring the innovation contour of Russia, the following results were obtained, indicating the need to actualize the creation of an integrated economic mechanism for regulating innovation processes at the national and regional levels. For example, the amount of internal research and development costs and their share in value added in Russia is inferior to all leading countries; most of the research and development results are created by organizations that have the organizational and legal form of a budget institution; more than half of fundamental research falls on the Russian Academy of Sciences.

**Keywords:** economic development, competitiveness of the country, modern economy, innovation system, introduction of knowledge and innovation.

Существование любого государства невозможно без постоянного развития науки, увеличения инновационного потенциала, а также внедрения в производство высоких технологий и разработок, что в свою очередь предполагает создание инновационной системы.

Национальная инновационная система представляет собой часть экономической системы, включающая различные субъекты и институты, функционирование которых направлено на оказание поддержки и осуществления инновационной деятельности.

Ядром инновационной системы является венчурный бизнес – один из самых рискованных и высокодоходных. Он направлена реализацию новшеств и разработок фундаментальной науки, которые впоследствии могут привести к выдающимся результатам и достижению технологического прорыва.

По состоянию на 1 января 2020 года в Российской Федерации созданы 178 венчурных фондов, 53 венчурных фонда с государственным участием, 64 фонда прямых инвестиций и 11 фондов прямых инвестиций с государственным участием. В сравнении с 2018 годом объем венчурных фондов увеличился на 2,6%, венчурных фондов с государственным участием – на 13,8%.

Что касается новых венчурных фондов, здесь, наоборот, заметно снижение их количества: в 2018 году на рынок вышло 24 венчурных фонда, в 2019 – всего 11. На это повлияло замедление темпов развития экономики и инвестиционной активности, а также снижение притока иностранного капитала. Сокращается и объем венчурных инвестиций: в 2019 году по сравнению с 2018 годом он снизился на 23,8%. Данное изменение обусловлено снижением инвестиций со стороны частных фондов. Главной причиной сокращения объемов финансирования инновационной деятельности стал COVID-19. Так как последствия пандемии были непредсказуемы, многие частные инвесторы решили минимизировать риски.

Кроме того, неотъемлемой частью инновационной инфраструктуры являются технопарки, основанные на передовом опыте и достижениях венчурного бизнеса, на специалистах мирового уровня и инвестициях бизнес – ангелов [1]. На данный момент на территории нашей страны действуют 150 технопарков, часть из них управляется государством, другая – частными предпринимателями, либо технопарк имеет смешанную форму собственности.

Лучшие результаты показывают те регионы, где в значительной степени развита инновационная инфраструктура. За счет объединения различных инновационных институтов возрастает эффективность их деятельности. Тогда инновации могут быть практически реализованы и коммерциализированы.

Нельзя также забывать, что инновационная экономика включает в себя множество показателей, которые характеризуют инновационное развитие страны.

По данным исследования к 2020 году все регионы мира старались наращивать расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Ведущими по объемам стали регионы Северной Америки, Европы и Японии. Последние годы Россия занимала позиции в середине данного рейтинга. В 2014 - 2016 годах ситуация значительно улучшилась, наша страна переместилась с 62-го на 43-е место. В 2020 году она занимает 47-е место, но по-прежнему существенно уступает всем ведущим странам (таблица 1) [2].

Таблица 1 - Расходы на НИОКР, в % ВВП 2014-2019 гг.

Страна	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Япония	3,40	3,28	3,16	3,21	3,26	3,14
Германия	2,87	2,91	2,92	3,04	3,09	2,94
США	2,72	2,72	2,76	2,82	2,84	2,74
Франция	2,28	2,27	2,22	2,21	2,20	2,25
Великобритания	1,66	1,67	1,68	1,70	1,72	1,69
Италия	1,34	1,34	1,37	1,38	1,40	1,29
Россия	1,07	1,10	1,10	1,11	0,99	1,10

За последние 20 лет организация науки в нашей стране существенно не изменилась. Фундаментальная наука все также сосредоточена преимущественно в Академии наук, образованной независимо от системы образования. В России в 2019 году исследованиями и разработками занимались более 4 тыс. организаций. Примерно 34% из них принадлежало предпринимательскому сектору, 36% отводилось на правительственный. Число организаций сектора высшего образования с 2018 по 2019 год увеличилось с 15,6% до 26%. Но несмотря на это Россия имеет самую маленькую долю затрат в секторе высшего образования по сравнению со всеми западными странами – около 10,6%, что говорит о его недостаточной роли в научно-исследовательской деятельности страны [3].

Что касается финансирования науки, то эта часть бюджетных расходов выросла. В структуре работ по видам исследований государственные расходы на фундаментальные исследования составляют 40,4% или 0,17% ВВП. В большинстве стран мира этот показатель выше. Так, например, эти расходы в % к ВВП составляют: 1,41 в Швейцарии, 0,6 – США, 0,56 – Дании, 0,52 – Израиле. В странах Восточной Европы этот показатель еще выше: 0,49 в Чехии, 0,61 – Польше.

В 2010 году российский показатель по числу исследователей в расчете на 1000 занятых в экономике был выше некоторых стран ЕС, а именно Великобритании и Италии, или близок по своему значению, однако серьезно уступал уровню Японии и США. На 2018 год данный показатель смог обогнать лишь Италию [4]. Данные тенденции нашли свое отражение в отдельных результатах научно-исследовательской деятельности России: ничтожно мала доля страны в международном патентном деле (0,7), доля инновационной продукции в выручке (4,5 – 5%, для сравнения в ЕС – около 17%), доля выручки инновационно-активных организаций в общей выручке (48%, для сравнения в ЕС – около 80%).

Обобщая результаты анализа состояния инновационной политики России, можно сделать вывод о том, что на данный момент инновационный потенциал нашей страны невелик. Исследования показали, что по такому критерию, как расходы на НИОКР, Россия отстает от передовых стран более чем в 2 раза. Эта ситуация влечет за собой серьезные последствия в виде торможения развития инновационной деятельности страны, а значит, и возможности быть конкурентоспособной на мировом рынке.

На данном этапе необходимо обеспечить развитие науки и инноваций, а именно, создать благоприятный инвестиционный климат, повысить занятость в этой сфере, а также предложение и спрос на инновации. Данную поддержку можно осуществить с помощью методов государственного стимулирования и других инструментов.

### Список литературы

1. Дремова Ю. Г. Национальные инновационные системы : учебное пособие для вузов / Ю. Г. Дремова. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 180 с. - URL: <https://urait.ru/viewer/nacionalnye-innovacionnye-sistemy-487966> (дата обращения: 30.03.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

2. Гуманитарный портал : сетевое издание : [сайт] / Уровень расходов на НИОКР в странах мира – 2002 – 2021. – URL: <https://gtmarket.ru/> (дата обращения: 31.03.2022). – Текст : электронный.

3. Наука и инновации : статистический сборник / Росстат ; Федеральная служба государственной статистики. – 1999 – 2021. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 01.03.2022). – Текст : электронный.

4. Россия и страны мира 2020 : статистический сборник / Росстат ; Федеральная служба государственной статистики. – Москва, 2020. – 385 с. - URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VMMhKbGo/world2020.pdf> (дата обращения: 01.04.2022). - Текст : электронный.

УДК 338.49

ГРНТИ 06.61.33

## К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ДОСТИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

*К.П. Данилин<sup>1</sup>, М.В. Иванова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Российская Федерация, [ier@ksc.ru](mailto:ier@ksc.ru)

**Аннотация:** Декарбонизация является актуальным направлением развития энергетических систем и экономики в целом. В работе представлен обзор отечественных и зарубежных практик по снижению углеродного следа в отрасли теплоснабжения. Фокус сделан на арктических регионах, т.к. их зависимость от использования ископаемого топлива в сфере теплоснабжения является наибольшей ввиду суровых климатических условий. Проведена классификация подходов к достижению углеродной нейтральности и описаны перспективные тренды развития теплоэнергетики Мурманской области.

**Ключевые слова:** декарбонизация, теплоэнергетика, арктический регион, теплоснабжение, региональная экономика, Арктика.

## ON THE PROSPECTS OF ACHIEVING CARBON NEUTRALITY IN THE HEAT SUPPLY INDUSTRY OF THE ARCTIC REGION

**Abstract:** Decarbonization is an urgent direction for the development of energy systems and the economy as a whole. The paper presents an overview of domestic and foreign practices for reducing the carbon footprint in the heat supply industry. The focus is on the Arctic regions, because their dependence on the use of fossil fuels in the field of heat supply is great due to harsh climatic conditions. The classification of approaches to achieving carbon neutrality is carried out and promising trends in the development of thermal power in the Murmansk region are described.

**Keywords:** decarbonization, heating, arctic region, heat supply, regional economy, Arctic.

Факт антропогенного влияния на процесс изменения климата был консенсусно признан большинством государств в рамках ратификации Парижского соглашения по климату 2016 года. Российская Федерация присоединилась к данному документу в 2019 году [6]. Парижское соглашение определяет цели по декарбонизации мировой экономики, т.к. именно диоксид углерода признается основным парниковым газом.

Со времен первой промышленной революции использование в качестве основного источника энергии ископаемого топлива (каменного угля, нефти, природного газа) только увеличивалось[5]. Использование ископаемого топлива признается основным антропогенным фактором, вносящим вклад в увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере. Основная стратегия борьбы с этим явлением в мировом масштабе сосредоточена на переходе на возобновляемые источники энергии(ВИЭ). Правительство Российской Федерации утвердило стратегию достижения углеродной нейтральности экономики к 2050 году[15].

Учитывая вышеперечисленное, рассмотрим вопрос о том, каким образом может быть достигнута углеродная нейтральность в сфере теплоснабжения в регионах с суровым арктическим климатом.

В регионах Арктической зоны Российской Федерации сфера теплоснабжения является одной из основ развития всех других экономических активностей в силу климатических условий. Для эффективного экономического роста регионов АЗРФ количество вырабатываемой тепловой энергии необходимо увеличивать[2], что в условиях нынешней инфраструктуры приведет скорее к увеличению углеродного следа. Это видно на примере Мурманской области, где большинство крупных источников тепловой энергии работают на ископаемом топливе с высоким показателем эмиссии CO<sub>2</sub> (каменный уголь, мазут, дизельное топливо)[10].

В зарубежной литературе предлагается несколько подходов к снижению углеродного следа.

Один из них можно назвать радикальным. Он предполагает почти полный отказ от ископаемого топлива и ускорение энергетического перехода для всех стран [3]. Такой подход характерен для международных организаций и исследователей, которые оперируют максимально обобщенными данными по углеродному следу стран.

Существует и подход постепенного перехода на возобновляемую энергетику, который не предполагает срочного отказа от ископаемого топлива во всех сферах. Например, доклад Европейской комиссии о перспективах перехода на эффективные крупные ТЭЦ, которые могут работать, как на газе, так и на биотопливе, показал, что такой подход является более эффективным

решением для снижения углеродного следа, чем отопление при помощи электричества [1]. Особенно это актуально для северных стран, так как использование высокоэффективных тепловых насосов невозможно при низких температурах окружающего воздуха. Применение геотермальной энергии также ограничено теми регионами, где она доступна, а это лишь малая часть арктических регионов. Существует не так много способов получить тепловую энергию без использования ископаемого топлива: электричество (тепловой насос, геотермальный тепловой насос, бойлер, ИК-обогрев), коллекторы солнечного тепла, водородная энергетика, возобновляемое биотопливо [1, 9, 7].

Надо признать, что большинство из этих способов либо является проектными разработками, которые не готовы к применению в промышленном масштабе для снабжения целого региона, либо не применимы к арктическим условиям. Например, использование аккумулированной солнечной тепловой энергии невозможно в условиях полярной ночи. Кроме перечисленных выше методов имеется способ обогрева при помощи атомной энергии. Но он стоит особняком в силу неоднозначности оценок атомной энергетике [11].

Переходя к отечественному опыту проектов снижения углеродного следа, можно отметить метод «теплофикации»[4]. Основная идея метода состоит в переходе на высокоэффективные установки по когенерации тепла и электричества. Для работы установок может быть использован природный газ, как ископаемое топливо с самым низким потенциалом по влиянию на климат. Это было показано в докладе WWF о потенциале газа, как экологически чистого топлива для регионов АЗРФ[8].

Каким же путем идет Мурманская область к достижению углеродной нейтральности в целом, и в теплоэнергетике в частности? Можно сказать, что данный регион АЗРФ пытается двигаться одновременно в обоих направлениях, комбинируя, как радикальную, так и более умеренную стратегию. С одной стороны, проводятся работы в области газификации региона магистральным природным газом [12], а с другой стороны строится крупная ветровая электростанция [13], в условиях избытка электроэнергии от Кольской АЭС и других источников.

Всё же стоит подытожить тем, что учитывая последние геополитические изменения декарбонизация всей Российской Федерации и регионов АЗРФ в частности скорее всего пойдёт по умеренному сценарию[14] повышения эффективности когенерационных энергетических установок и перехода на более лёгкие виды ископаемого топлива.

Список литературы:

1. Andrews D., Anna Krook R., Evangelos T. Background Report on EU-27 District Heating and Cooling Potentials, Barriers, Best Practice and Measures of Promotion. Scientific and Policy Report by the Joint Research Centre of the European Commission. / D. Andrews, R. Anna Krook, T. Evangelos, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012. 213 с.

2. Biev A. A. Current trends and problems in the formation of heat supply infrastructure in the Russian Arctic // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 1 (539).
3. Vanegas Cantarero M. M. Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries // Energy Research and Social Science. 2020. № August (70). С. 101716.
4. Богданов А.Б. Декарбонизация российской энергетики на основе теплофикации | АВОК [Электронный ресурс]. - URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=8027](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=8027) (дата обращения: 16.03.2022).
5. Борисов М. Г. Энергетический переход и геополитика // Eastern Analytics. - 2020. - № 1. - С. 7–16.
6. Воробьев И. С., Воротников А. М. О необходимости учета климатических изменений в стратегических документах РФ // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. - 2021. - № 4 (4). - С. 12–20.
7. Григорьев С. А. [и др.]. Энергоустановка с когенерацией электричества и тепла на основе возобновляемых источников энергии и электрохимических водородных систем // Теплоэнергетика. - 2015. - № 2. - С. 3–9.
8. Климентьев А.Ю., Книжников А. Ю. Потенциал газификации Арктической зоны Российской Федерации сжиженным природным газом (СПГ). 2018.
9. Кудрявцев Н. А. Солнечная котельная для теплоснабжения // VII Международная научно-практическая конференция Междисциплинарные исследования: опыт прошлого, возможности настоящего, стратегии будущего Сибирский федеральный университет. 2021. С. 68–72.
10. Минин В. А. Теплоснабжение городов Мурманской област // Энергоэффективность и энергосбережение. 2014. (9). С. 68–77.
11. Эксперт: Декарбонизация энергетики без атома невозможна [Электронный ресурс]. URL: <https://oilcapital.ru/interview/19-08-2021/ekspert-dekarbonizatsiya-energetiki-bez-atoma-nevozmozhna> (дата обращения: 17.03.2022).
12. Газопровод от Волхова до Мурманска оценили в 300 млрд рублей [Электронный ресурс]. URL: [https://www.dp.ru/a/2021/03/22/Gazoprovod\\_ot\\_Volhova\\_do](https://www.dp.ru/a/2021/03/22/Gazoprovod_ot_Volhova_do) (дата обращения: 17.03.2022).
13. Крупнейшая в Заполярье. Началось строительство Кольской ветряной электростанции [Электронный ресурс]. URL: <https://neftegaz.ru/news/Alternative-energy/496536-krupneyshaya-v-zapolyare-nachalos-stroitelstvo-kolskoy-vetryanoy-elektrostantsii/> (дата обращения: 17.03.2022).
14. Декарбонизация России откладывается из-за готовящихся мер поддержки ТЭКа [Электронный ресурс]. URL: <https://thebell.io/dekarbonizatsiya-rossii-otkladyvaetsya-iz-za-gotovyashchikhsya-mer-podderzhki-teka> (дата обращения: 17.03.2022).
15. Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года 2020.

УДК332.145  
ГРНТИ 06.61.33

## ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

*Е.А. Медведева*

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург, Россия,  
medvedevaek@yandex.ru

**Аннотация:** Развитие транспортно-логистических систем в Арктической зоне Российской Федерации способно вывести регион на лидирующие позиции по предоставлению услуг транспортно-логистического характера. Увеличение доходных поступлений будет связано с наращиванием темпов поставок грузов от месторождений до пунктов переработки ископаемых и портов для доставки грузов потребителям. Для реализации цели необходима грамотная стратегия развития региона, а также привлечение инвестиций со стороны частных компаний, основываясь на механизме государственно-частного партнёрства при строительстве и реконструкции логистических путей сообщения. Стратегия должна включать участие России в проектах развития Арктики международного характера.

**Ключевые слова:** Арктическая зона, Арктика, Белкомур, Баренцкомур, транспортно-логистическая система, железнодорожная магистраль, порт.

## TRANSPORT AND LOGISTICS STRUCTURE OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

**E.A. Medvedeva**

The Federal State Financed Educational Institution of Higher Education “Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping”, Saint Petersburg, Russia, medvedevaek@yandex.ru

**Abstract:** The development of transport and logistics systems in the Arctic zone of the Russian Federation is able to bring the region to a leading position in the provision of transport and logistics services. The increase in revenue revenues will be associated with an increase in the pace of cargo deliveries from deposits to mineral processing points and ports for the delivery of goods to consumers. To achieve this goal, a competent strategy for the development of the region is needed, as well as attracting investments from private companies, based on the mechanism of public-private partnership in the construction and reconstruction of logistics routes. The strategy should include Russia's participation in international Arctic development projects.

**Key words:** arctic zone, arctic, Belkomur, Barentskomur, transport and logistics system, railway, port.

К началу 2022 года освоение арктических зон обозначено, как стратегически важное направление развития потенциала Арктики, входящей в состав Российской Федерации.

Транспортно-логистическая инфраструктура в пределах границ России развита слабо, либо же не развита совсем на определённых участках шельфа. Такое положение отрасли в заполярном круге в корне не соответствует выделенному первостепенному значению в вопросе освоения территорий с развитием природно-ресурсного внутреннего резерва страны. Стоит отметить, что слабая развитость транспортно-логистической инфраструктуры приводит к снижению безопасности национальных границ, что идёт в разрез с установленными государством требованиями. Наличие преимуществ географически территориального положения оценивается недостаточно высоко, что существенно понижает конкурентную способность Российской Федерации на мировом рынке.

Процесс развития транспортно-логистической системы в пределах Арктической зоны решит ряд проблем, стоящих перед отраслью:

1. Форсировать сложившиеся барьеры в отношении транзитного потенциала региона;
2. Нарастить сообщение с труднодоступными населёнными пунктами в регионах РФ;
3. Снять ограничения инфраструктурного характера в вопросах увеличения мощностей по добыче полезных ископаемых в зонах заполярного круга.

Транспортная отрасль должна подвергнуться широкомасштабным реформам через реализацию мер, закреплённых в Указе Президента РФ от 26 октября 2020 г. N 645, конкретное развитие инфраструктуры транспорта от суши до морских путей сообщения в общем комплексе политики развития региона [1]. Обеспечить устойчивое развитие в данном направлении способна система международных транспортных коридоров, которые проходят через всю акваторию Северного Ледовитого океана, в составе которого проходит Северный морской путь (СМП), в том числе в части водного пространства под юрисдикцией РФ. Также одним из приоритетных направлений работы по государственной политике в отношении освоения Арктики является транспортная инфраструктура, соединяющая между собой труднодоступные населённые пункты в приарктической зоне.

Арктические порты без развития железнодорожного сообщения снижают свой перспективный потенциал. Разработанный проект «Белкомур» предполагает разгрузку существующих железных дорог за счёт соединения регионов Сибири и Урала с предприятиями промышленного и добывающего характера, работающих в Северо-Западном федеральном округе страны. Строительство магистрали является соблюдением интересов стратегического значения с точки зрения обеспечения экономической безопасности РФ [1]. Следует отметить, что проект привлекателен не только для безопасности РФ, но и для государств Средней Азии.

Одним из ключевых партнёров проекта в 2019 году стал Газпромбанк, подписавший четырёхстороннее соглашение о сотрудничестве по строительству проекта «Белкомур» (участок железнодорожного перегона Архангельск-Сыктывкар-Соликамск). Свою подпись в соглашении также поставили С.А.Гапликов (являлся Главой Республики Коми до 2020 года), И.А. Орлов (Губернатор Архангельской области), В.А. Щелоков (Генеральный директор ОАО МК «Белкомур») и А.П. Белоус (заместитель Председателя Правления Газпромбанка) [3].

Стороны соглашения предполагают плодотворное сотрудничество с долгосрочной перспективой взаимовыгодных условий для каждого участника. Газпромбанк в лице заместителя Председателя Правления Газпромбанка А.П. Белоуса взял на себя обязательство быть поставщиком операций банковской отрасли, в том числе предоставлять услуги финансового и нефинансового характера.

ОАО Межрегиональная компания «Белкомур» в 2018 году подписала соглашение о намерениях с Евразийским банком развития (ЕАБР) на сумму 278 000 000 000 рублей [2].

25 ноября 2021 года в качестве инвестиционного резидента Арктической зоны РФ (АЗРФ) была зарегистрирована компания ООО «БелкомурШиппинг» с уставным капиталом 100 000 руб. [5]. Компания осуществляет свою предпринимательскую деятельность по направлениям, представленным на рис. 1.

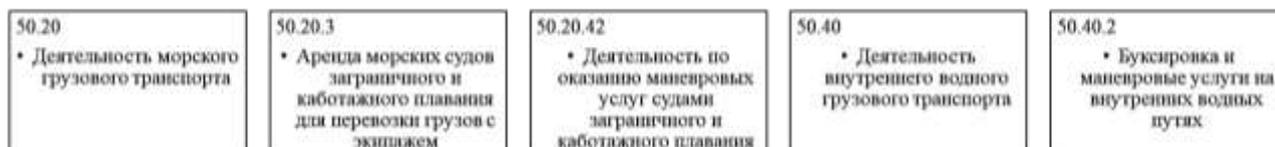


Рисунок 1 – Направления деятельности инвестиционного резидента АЗРФ

Соглашение о деятельности на территории АЗРФ действует до 31.12.2031 года, следовательно, проводится возрождение строительства проекта «Белкомур» после Указа Президента РФ. Проект обладает инвестиционной привлекательностью для частных компаний, что позволяет применить механизм государственно-частного партнёрства (ГЧП) в ходе реализации стратегических целей.

Планируемая железнодорожная магистраль охватит ранее не проложенные участки маршрута, например, Карпогоры–Вендинга, который соединит тупиковые ветви линий железной дороги, следующей по трассе Архангельск-Пермь. Строительство указанной части маршрута позволит соединить Архангельский порт с городами Сыктывкар, Кудымкар, Соликамск, обеспечив создание новой транзитной магистрали, которая призвана реализовать по своим путям выпуск продукции указанных регионов на внешние рынки.

Если «Белкомур» должен разгрузить уже существующую логистическую цепочку, то проект «Баренцкомур» направлен на создание нового морского порта на севере страны – порт Индига.

Порт Индига станет важным транспортным плечом, уменьшающим

сухопутный маршрут экспорта навалочных грузов. Строительство нового порта обусловлено характерной особенностью устья реки Индига – оно почти не замерзает. Особенно привлекательно местоположение будущего транспортного узла близостью СМП. Экспорт товаров из указанного порта будет осуществляться быстрее, нежели по «Белкомуру», что положительно скажется на финансовых показателях участников торговых отношений.

Несмотря на складывающиеся экономические и политические условия во II квартале 2022 года инвесторы проекта ж/д путей на участке Сосногорск-Индига АО «Русские титановые ресурсы» («Руститан») намерены продолжать финансирование строительства. Для акционерного общества проект имеет первостепенное значение, так как «Руститан» ведёт разработку месторождений титановых руд и кварцевых песков на территории Республики Коми (лицензия на разработку указанных месторождений выдана компании до 2036 года). В проект инвестируется суммарно 165,9 млрд. руб.

Общий объём инвестиций в проект развития портовой инфраструктуры подходящих ж/д магистралей оценивается в сумму свыше 300 млрд. руб. [4].

Указанные проекты в сфере транспортно-логистической отрасли включены Правительством РФ в программу по развитию авиа- и ж/д инфраструктур с конечной целью обеспечить грузовую базу СМП [1].

Современные реалии отчётливо показали необходимость модернизировать уже существующие порты наряду со строительством новых транспортных узлов. В тесной взаимосвязи освоения арктической и приарктической находятся транспортно-логистические системы авиа-, железнодорожных и морских перевозок.

Всего реестр инвестиционных резидентов АЗРФ к апрелю 2022 года насчитывает 381 резидента с суммарной заявкой на вложение 374,752 млрд. руб. в проекты развития Арктического региона. Расширение числа резидентов позволяет увеличивать число рабочих мест в регионе. По состоянию на начало I квартала 2022 года сформировано дополнительно 16 105 рабочих мест [5].

### Список литературы:

1. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. N 645 "О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года"
2. АО МК «Белкомур» - [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.belkomur.com/Docs2/EABR.pdf>. – Дата доступа: 31.03.2022.
3. ГАЗПРОМБАНК. Газпромбанк, Республика Коми, Архангельская область и компания «Белкомур» подписали соглашение о сотрудничестве - [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gazprombank.ru/press/2991573/> – Дата доступа: 31.03.2022.
4. Инвестиционный портал Арктической зоны России. Порт Индига. Морской порт Индига: каким он будет и что даст для развития Севморпути? - [Электронный ресурс]. – URL: <https://arctic-russia.ru/project/port-indiga/>. – Дата доступа: 30.03.2022.

5. Инвестиционный портал Арктической зоны России. Реестр резидентов Арктической зоны РФ - [Электронный ресурс]. – URL: <https://investarctic.com/registry.php>. – Дата доступа: 30.03.2022.

УДК 338.24  
ГРНТИ 06.81.25

## ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ АО «МХК ЕВРОХИМ»

*К.Д. Тарасова*

Мурманский Арктический Государственный университет, Апатиты, Россия,  
karinatarasova2000@mail.ru

**Аннотация.** Актуальность темы обусловлена тем, что на современном этапе главной особенностью внешней среды, в которой существует и функционирует компания, является высокая скорость изменений, происходящих в ней. В связи с этим организации вынуждены искать способы быстрой адаптации к этим изменениям. Это одна из основных причин, заставляющих предприятия переходить на инновационный путь развития.

Постоянное ускорение научно-технического прогресса и ужесточение рыночной конкуренции требуют от компаний постоянного совершенствования и устойчивого развития. Именно активное внедрение инноваций позволяет обеспечить такое развитие и повысить конкурентоспособность предприятия. В связи с этим стратегическое управление инновационным развитием приобретает еще большее значение для компании.

Эффективное управление инновационным развитием требует выбора инновационной стратегии и разработки стратегического плана инновационного развития. Составление четкого плана обеспечивает получение максимального эффекта от реализации инновационной деятельности.

**Ключевые слова:** Стратегия, инновационное развитие, инвестиционно-инновационный анализ, технологическое развитие, целевые показатели.

## FORMATION OF AN INNOVATIVE DEVELOPMENT STRATEGY ON THE EXAMPLE OF JSC "MCC EUROCHEM"

*K.D. Tarasova*

Murmansk Arctic State University, Apatity, Russia, karinatarasova2000@mail.ru

**Annotation.** The relevance of the topic is due to the fact that at the present stage the main feature of the external environment in which the company exists and operates is the high speed of changes occurring in it. In this regard, organizations are

forced to look for ways to quickly adapt to these changes. This is one of the main reasons forcing enterprises to switch to an innovative path of development.

The constant acceleration of scientific and technological progress and the tightening of market competition require companies to constantly improve and develop sustainably. It is the active introduction of innovations that allows to ensure such development and increase the competitiveness of the enterprise. In this regard, the strategic management of innovative development becomes even more important for the company.

Effective management of innovative development requires the choice of an innovation strategy and the development of a strategic plan for innovative development. Drawing up a clear plan ensures the maximum effect from the implementation of innovative activities.

**Keywords:** Strategy, innovative development, investment and innovation analysis, technological development, target indicators.

АО «МХК ЕвроХим» - крупнейший в России производитель минеральных удобрений, входит в пятёрку крупнейших мировых производителей удобрений.

Группа компаний «МХК «ЕвроХим» включает в себя материнскую компанию – Акционерное общество «Минерально-химическая компания «ЕвроХим» («Компания» или «материнская компания») и ее дочерние компании (в совокупности – «Группа» или «Группа «МХК «ЕвроХим»).

Основной деятельностью Группы является производство минеральных удобрений (на азотной и фосфорной основе), а также добыча полезных ископаемых (апатитов, фосфоритов, железной руды, бадделлитов и калия) и сбытовая деятельность. Производственные мощности Группы расположены на территории Российской Федерации и Казахстана.

Компания является одним из глобальных игроков с собственными производственными мощностями в каждом из трех основных сегментов минеральных удобрений – азотных, фосфорных и калийных. Ассортимент выпускаемой продукции превышает 100 наименований [1].

Основным способом повышения конкурентоспособности предприятия, обеспечения его устойчивого развития и повышения доходности являются инновации. Но для того, чтобы инновации стали источником развития, необходимо их постоянное и эффективное внедрение. Именно поэтому стратегическое управление инновационным развитием приобретает особое значение для компаний.

Существуют следующие подходы к пониманию сущности «стратегии инновационного развития»:

– как средство достижения целей организации, отличающегося от других средств своей новизной, прежде всего для данной организации и, возможно, для отрасли, потребителей;

- как результат объединения теоретических наработок в сфере инновационного и стратегического менеджмента;
- как системы долговременных концептуальных установок распределения ресурсов между траекториями инновационного развития системы, а также их перераспределения при изменении внутренних и внешних условий ее функционирования, включающей научно-технический, организационный, мотивационный и материально-финансовый механизмы обеспечения.

Следовательно, стратегия инновационного развития – это новый инструмент или метод достижения стратегических инновационных целей деятельности (устойчивое, инновационное развитие в перспективе, рост спроса, конкурентоспособности), направленная в сторону непрерывного развития субъектов хозяйствования, внедрения инноваций в различных формах и сферах деятельности.

Инновационная стратегия является частью общей стратегии предприятия, поэтому ее специфика зависит от профиля деятельности компании, уровня производственно-технического развития, направленность и объема реализуемых в производственных и исследовательских подразделениях работ в рамках инновационного цикла по различным видам новшеств, сферы их применения.

Стратегия инновационного развития предприятия – это развернутый комплексный план по достижению целей инновационной деятельности, а его разработка — это непрерывный процесс, который всегда нуждается в корректировке ее положений из-за непостоянства внешней среды [2]. Разработка стратегии инновационно-технологического развития основана на новом направлении экономического анализа деятельности производственных систем – инвестиционно-инновационного анализа. Он позволит одновременно повысить значения материалоотдачи, фондоотдачи и производительности труда, что возможно только при выполнении следующих условий:

- повышение коэффициента уровня технологичности производства, который является связующим звеном между материалоемкостью и фондоемкостью выпуска продукции;
- одновременное снижение материалоемкости и фондоемкости производства и как следствие повышение уровня производительности труда, однако, это возможно лишь на одной из шести стадий жизненного цикла технологического развития производственных систем;
- фондоотдача в проекте должна превышать уже достигнутый предприятием уровень [3,4].

При проведении инвестиционно-инновационного анализа были рассчитаны такие показатели как коэффициент уровня технологичности производства, материалоотдача и фондоотдача для 5-летнего ретроспективного периода по выявлено, что компания в последние несколько лет находится на

стадии IV-2 (Таблица 1). Данная стадия говорит о необходимости внедрения новой технологии производства и обновления основных фондов.

Таблица 1 – Стадии технологического развития предприятия

Показатели	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
МЕ	↑	↑	↑	↑	↑
ФО	↓	↓	↑	↓	↓
К <sub>усп</sub>	↓	↑	↓	↑	↑
Стадия технологического развития предприятия	IV-1	IV-2	III	IV-2	IV-2

Также, в рамках данного анализа были выбраны значения целевых показателей -коэффициента уровня технологичности производства, материалоотдачи и фондоотдачи на ближайшие 3 года. Для каждого будущего года были взяты значения предыдущего года, увеличенные на 20%. При проверке их реалистичности было доказано, что для предприятия они являются достижимыми за счет собственных средств.

#### Список литературы

1. Акционерное Общество «МХК ЕвроХим»: Официальный сайт: - 2022 - URL.: <https://www.eurochemgroup.com/ru/about-us/> (Дата обращения: 01.03.2022). - Текст: электронный.
2. Терехова, С. В. Механизмы повышения инновационной активности промышленных предприятий: проблемы разработки и внедрения: монография / С. В. Терехова. — Вологда : ВолНЦ РАН, 2017. — 300 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125292> (дата обращения: 13.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Жаров, В.С. Формирование стратегии технологической модернизации производственных предприятий // Друкерровский вестник. - 2021. - № 1 (39). - С. 129-137.
4. Жаров В.С. Инвестиционно-инновационный анализ деятельности производственных систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. - 2018. - Т. 11. - № 6. – С. 142-152.

УДК 2964  
ГРНТИ 06.81.25

**ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ  
ИННОВАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ  
ПРЕДПРИЯТИЯ НПО «НАУКА»)**

*А.А. Токаренко*

филиал МАГУ г. Апатиты, Кировск, Россия, anya.tok.55@gmail.com

**Аннотация.** Актуальность данной темы обусловлена тем, что формирование стратегии инновационного развития играет важную роль в развитии и преобразовании любого предприятия. Она является одной из важнейших управленческих функций, представляющих сложный процесс выбора основных целей предприятия и путей их достижения. Объектом исследования является предприятие НПО «Наука», предметом процесс инновационного развития. Цель исследования заключается в определении направления формирования стратегии инновационного развития предприятия НПО «Наука», на основе анализа инновационной активности и факторов, препятствующих и способствующих инновационному развитию предприятия.

**Ключевые слова:** инновационная активность, стратегия, технологическое развитие.

**THE CHOICE OF THE DIRECTION OF FORMATION OF THE STRATEGY  
OF INNOVATIVE PRODUCTION (ON THE EXAMPLE OF THE  
ENTERPRISE SPA "Nauka")**

*A.A. Tokarenko*

MASU branch Apatity, Kirovsk, Russia, anya.tok.55@gmail.com

**Abstract:** The relevance of this topic is due to the fact that the formation of an innovative development strategy plays an important role in the development and transformation of any enterprise. It is one of the most important management functions, representing a complex process of choosing the main goals of the enterprise and ways to achieve them. The object of the study is the SPA «Nauka» enterprise, the subject is the process of innovative development. The purpose of the study is to determine the direction of formation of the strategy of innovative development of the SPA «Nauka» enterprise, based on the analysis of innovative activity and factors that hinder and contribute to the innovative development of the enterprise.

**Keywords:** innovative activity, strategy, technological development.

В настоящее время всё большее значение для успешного функционирования компании имеют инновации, внедряемые в различные процессы жизнедеятельности предприятия. Новейшие технологии приходят с периодичностью два-три раза в год, и не меняться означает – не существовать.

Отсутствие стратегии у предприятия усложняет определение научно-технических приоритетов, путей их реализации, а также направления научного и технического развития, предприятия не могут найти точные ориентиры своего инновационного развития.

На примере предприятия НПО «Наука», занимающегося авиакосмической деятельностью, рассмотрены, как внешние, так и внутренние факторы, влияющие на выбор направления в формировании инновационной стратегии. Выявленные факторы относятся к авиационной отрасли в нашей стране и могут по-другому себя проявить на других предприятия этой отрасли. Выбор направления стратегии носит в первую очередь индивидуальный подход на основе базового анализа.

В основе анализа положен метод «экономического анализа технологического обновления производства». Суть в том, что при внедрении каких-либо технологических инноваций это отражается на таких показателях как материалоотдача, фондоотдача и производительность труда. Связующим звеном между ними является коэффициент уровня технологичности производства [1].

На основе данных показателей определены стадии жизненного цикла на каждом году функционирования предприятия [2]. Показатели, полученные при расчете и анализе, находятся в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели инновационной активности и стадии жизненного цикла предприятия за 2011-2020 гг.

Показатели	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
МО	1,91	1,15	1,43	1,50	2,11	2,42	2,49	2,09	1,80	1,32
ФО	4,66	3,53	4,07	4,35	5,42	5,06	4,36	2,34	1,52	1,21
Кутп	0,409	0,326	0,350	0,346	0,390	0,478	0,571	0,893	1,183	1,093
ОФ ср	298092,5	306293,5	315580	337744,5	336792,5	413293	543143	881790	1261974	1444527
РП	1 389 667	1 080 422	1 285 420	1 468 682	1 825 085	2 091 785	2 367 099	2 066 999	1 919 531	1 743 126
МЗ	729 169	940 846	901 502	976 380	863 415	864 622	950 483	987 369	1 066 800	1 321 200
Показатели	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
МО	-	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▼	▼
ФО	-	▼	▲	▲	▲	▼	▼	▼	▼	▼
Кутп	-	▼	▲	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Стадия	-	IV-1	I-1	I-2	I-1	II	II	IV-2	IV-2	IV-2

Данные анализа показывают, что на протяжении последних трех лет предприятие находится на стадии IV, когда значительное потребление основных средств без их обновления определяет переход компании на неинновационный и неэффективный путь. Развитие таким путём значительно увеличит удельные затраты, что приведет к потере прибыли и возможному банкротству компании.

Последние 3 года предприятия находятся на стадии IV, что связано с внешними и внутренними факторами, влияющими на снижение инновационного развития предприятия.

Основными направлениями технологического развития являются два пути «усовершенствование» и «введение нового» [3]. По результатам анализа следует выбрать путь «введения нового», но для принятия решения необходимо проанализировать все факторы.

К внешним факторам, в первую очередь, относятся санкции 2014 года, которые отразились практически на всех отраслях экономики. На рассматриваемом предприятии они отразились не критично, вплоть до 2017 года предприятие успешно развивалось. В 2018 году стал заметен спад в производстве российских летательных аппаратов, включая космические. График, основанный на данных Росстата, это демонстрирует (рис.1). Приведем основные внешние факторы, которые привели к этому, по мнению экспертов [4].

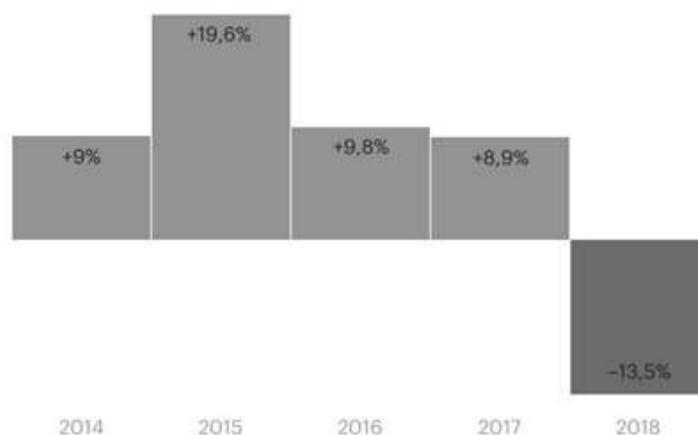


Рисунок 1 - Производство летательных аппаратов (включая космические) и соответствующего оборудования

Во-первых, причиной могло стать намерение США запретить поставки в Россию электронных устройств и комплектующих двойного назначения. Следовательно, компаниям пришлось заменять компоненты отечественными аналогами либо закупать компоненты из стран Юго-Восточной Азии. Фактор не значителен, предприятие находится в одном из наиболее развитых регионов страны, основные поставщики сырья и услуг находятся в относительной территориальной близости, имеется устойчивая транспортная система.

Во-вторых, нельзя забывать, что производство авиации — это длительный процесс. Крупные проекты, начатые ранее, завершились, наступил перелом.

В-третьих, пик гособоронзаказа пройден. Немалую долю в авиации имеют государственные поставки. Для НПО «Наука» этот фактор стал основным и существенным, дальнейшее снижение спроса на авиационную технику со стороны Министерства обороны может привести к некоторому снижению финансовых показателей предприятия [4].

В результате проведённого исследования ясно, что основным фактором из трех, снижающим финансовые показатели для предприятия, стало именно падение государственной доли в заказах. На данный фактор предприятие повлиять не может.

На основе анализа отчетности были выявлены внутренние факторы.

Во-первых, наличие незавершенного производства. В 2017 году был дан старт строительству нового производственно-испытательного комплекса в филиале в пос. Першино. Только в 2020 году было завершено строительство Административно-производственного комплекса и Испытательного комплекса, что может объяснить снижение финансовых показателей и инновационной активности, так как все средства направлены в первую очередь на данное мероприятие. До сих пор проект не завершён до конца.

Во-вторых, большое влияние на выручку оказало снижение финансирования программ на фоне COVID-19 и последовавший за ним перенос заказов по серийной продукции и ремонту на 2021-22 годы.

Несмотря на показатели, за последние два года лабораторией инноваций НПО «Наука» разработано антиобледенительное покрытие для агрегатов авиационных СКВ, был совершен первый полет модернизированного ракетносца-бомбардировщика Ту-160М с КСКВ, опытного легкого военно-транспортного самолета Ил-112В с САРД.

Исходя из вышеперечисленного, можно прийти к выводу, что необходимо выбрать направление «усовершенствование», которое уже по сути началось на предприятии. По результатам Стратегии 2020 предприятие вышло на более высокий качественный уровень: функционирует современный Инженерный центр, созданы новые производственные и испытательные мощности в филиале во Владимирской области. Инфраструктурная часть проекта завершена, новые объекты введены в эксплуатацию.

На основе стратегии «усовершенствования» предприятие может добиться полной автономности своего производства. Основной целью стратегии в данном случае будет становление как инженерно-промышленной компанией полного цикла, разрабатывающая и производящая высокотехнологичные агрегаты, системы и продукты для наукоемких отраслей российской промышленности и имеющая наименьшие производственные издержки на выбранных рынках присутствия.

### Список литературы

1. Жаров, В. С. Формирование стратегии технологической модернизации производственных предприятий / В. С. Жаров // Друкеровский вестник. – 2021. – № 1(39). – С. 129-137. – DOI 10.17213/2312-6469-2021-1-129-137.

2. Жаров, В. С. Жизненный цикл технологического развития предприятий / В. С. Жаров // Инновационные кластеры цифровой экономики: драйверы развития : Труды научно-практической конференции с

международным участием, Санкт-Петербург, 17–21 мая 2018 года / Под редакцией А.В. Бабкина. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018. – С. 335-343. – DOI 10.18720/PEP/2018.3/41.

3. Мезенцева, А. Э. Инновационные стратегии развития предприятия / А. Э. Мезенцева, А. А. Носкова // Экономическая среда. – 2018. – № 4(26). – С. 105-110.

4. РБК : сетевое издание : [сайт]. – Москва, 1995– Обновляется в течение суток. – URL:<http://www.rbcholding.ru>(дата обращения: 26.03.2022). – Текст: электронный.

УДК 377:378

## ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Р.Д. Шабалин<sup>1</sup>, А.Н. Щеглова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> студент 1 курса направление подготовки «Экономика» Филиал МАГУ в г. Апатиты, Россия, roman.shabalin.99@mail.ru

<sup>2</sup> канд. эконом.наук, доцент кафедры экономики, управления и социологии филиала МАГУ в г. Апатиты, Россия, scheglova@arcticsu.ru

**Аннотация.** Анализируются основные показатели развития экономики Арктических территорий Российской Федерации, выявляются особенности, специфика и факторы, влияющие на их социально-экономическое развитие.

**Ключевые слова:** Арктическая зона Российской Федерации, социально-экономическое развитие региона.

## MAIN INDICATORS OF THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE ARCTIC TERRITORIES RUSSIAN FEDERATION

*R.D. Shabalin<sup>1</sup>, A.N. Shcheglova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> 1st year course of study "Economics" MASU branch in Apatity, Russia, roman.shabalin.99@mail.ru

<sup>2</sup> Candidate of Economic Sciences, assistant professor of MASU branch in Apatity, Russia, scheglova@arcticsu.ru

**Annotation.** The main indicators of the development of the economy of the Arctic territories of the Russian Federation are analyzed, the features, specifics and factors influencing their socio-economic development are identified.

**Keywords:** Arctic zone of the Russian Federation, socio-economic development of the region.

Развитию и повышению конкурентоспособности территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) уделяется особое внимание, как со стороны Президента и Правительства России, так и научного сообщества, что обусловлено уникальным геополитическим расположением и огромным природно-ресурсным потенциалом данного макрорегиона.

Сухопутные территории Арктической зоны определены Указом Президента РФ от 02.05.2014 N 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» (в редакции Указа Президента РФ от 05.03.2020 №164) [1] – это 9 регионов страны, из них 4 региона отнесены полностью – Мурманская область, Ямало-Ненецкий, Ненецкий и Чукотский автономные округа; другие регионы частично – Архангельская область и Красноярский край, Республики Карелия, Коми и Саха.

В настоящее время принят ряд стратегических документов, определяющих устойчивый вектор развития арктических территорий. Прежде всего, это Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [2].

Исходя из цели исследования проанализируем развитие экономики четырех регионов, территории которых полностью входят в состав АЗРФ – это Мурманская область, Ямало-Ненецкий, Ненецкий и Чукотский автономные округа.

Данные регионы характеризуются экстремальными климатическими условиями, обуславливающими повышенные затраты на производство продукции и жизнеобеспечение населения. Их отличительной особенностью является низкая плотность и точечный тип расселения. Так, средняя плотность населения по России в целом составляет 8,5 чел/км<sup>2</sup>. В рассматриваемых регионах данный показатель от 0,07 чел/км<sup>2</sup> в Чукотском автономном округе, до 5,1 чел/км<sup>2</sup> в Мурманской области [3].

В таблице 1 приведены данные о динамике численности населения.

Таблица 1 – Динамика численности и плотность населения

Субъект Федерации	Площадь территории, тыс.км <sup>2</sup>	Численность населения 2005 г., тыс. чел.	Численность населения 2010 г., тыс. чел.	Численность населения 2020 г., тыс. чел.	Изменение численности 2020 к 2005, %	Плотность населения на 1 км <sup>2</sup>
Мурманская область	144,9	839,0	795,4	741,4	-13,16	5,12
Ненецкий автономный округ	176,8	42,1	43,09	43,8	+4,11	0,24
Чукотский автономный округ	721,5	52,3	50,6	50,2	-3,59	0,07
Ямало-Ненецкий автономный округ	769,3	517,5	523	544,5	+5,05	0,98

Огромной проблемой для большинства северных территорий, в том числе и АЗРФ на сегодняшний день является ухудшение демографической ситуации. За период с 2005 г. по 2020 г. практически во всех северных регионах значительно

сократилась численность населения (за счет естественной убыли и миграционного оттока), например, в Мурманской области на 97,6 тыс. чел. (или на 13,6%). И только в Ямало-Ненецком и Ненецком автономных округах численность населения незначительно увеличилась – на 5,05 % и 4,11%, соответственно.

Территории АЗРФ – это в основном ресурсно-добывающие регионы, их экономика имеет преимущественно сырьевую направленность. Так, в Ненецком автономном округе нефтедобывающая отрасль занимает ведущее место. Основу промышленности Мурманской области составляет горнопромышленный комплекс, в состав которого входят крупные предприятия горно-химической промышленности, цветной, черной металлургии. Базовым сектором экономики Ямало-Ненецкого автономного округа является нефтегазодобывающий комплекс – добыча газа и нефти образуют основную экономическую специализацию региона. В экономике Чукотского автономного округа основной составляющей является золотодобывающая отрасль. Таким образом, каждый из рассмотренных регионов обладает уникальной комбинацией ресурсов и потенциальных возможностей. Однако сырьевая направленность экономики, присущая северным регионам, делает их зависимой от конъюнктуры мировых цен на сырье, а, следовательно, неустойчивой [4].

В качестве базовых показателей, характеризующих социально-экономическое развитие северных территорий, рассмотрим в динамике следующие показатели: валовой региональный продукт, среднедушевые денежные доходы населения в сопоставлении с величиной прожиточного минимума и уровень безработицы (таблица 2).

Обобщающим показателем экономической деятельности региона, характеризующим процесс производства товаров и услуг для конечного использования, является валовой региональный продукт. С 2005 по 2019 гг. во всех рассматриваемых регионах можно констатировать рост валового регионального продукта, в том числе и на душу населения.

Максимальное увеличение данного показателя наблюдалось в Чукотском автономном округе (в 7,6 раза), минимальное в Мурманской области (в 4,6 раза).

Показатель среднедушевых доходов населения в данных регионах является самым высоким по стране и в несколько раз превышает среднее значение по РФ. Так, Ямало-Ненецкий автономный округ занимает 1 место в России по величине среднедушевых доходов населения, Чукотский автономный округ – 2, Ненецкий автономный округ – 3 и Мурманская область – 11 место, соответственно.

Но следует учитывать, что уровень цен в данных регионах также достаточно велик в связи с их значительной удаленностью от центра. Поэтому целесообразно найти соотношение величины среднедушевых доходов населения с величиной прожиточного минимума. Расчеты показали, что только в Мурманской области данный показатель ниже среднего по стране (2,6 против 3,1 по РФ), в остальных регионах он значительно превышает среднероссийское значение.

Уровень безработицы в 3 из 4 рассматриваемых регионов ниже среднего показателя по стране (кроме Мурманской области). В Ненецком и Ямало-Ненецком автономных округах в рассматриваемом периоде можно наблюдать и существенное его сокращение (на 440,0% и 176%, соответственно).

Таблица 2 - Базовые показатели социально-экономического развития прибрежных территорий АЗРФ

Субъект Российской Федерации	ВРП, млн. рублей			+ -, %	Среднедушевые денежные доходы населения, в месяц, руб.			+ -, %	Величина прожиточного минимума (в среднем на душу населения), руб. в месяц 4 квартал 2020	Соотношение с величиной прожиточного минимума, раз	Уровень безработицы, %		
	2005	2018	2020		2010	2020	2010				2020	+ -, %	
Мурманская область	132870,2	616909,0	46 355	+464,29	24 047	46 355	+192,77	17723,0	2,6	7,0	8,2	+105,13	
Ненецкий автономный округ	44 718,3	331115,4	84 147	+740,45	52 270	84 147	+160,99	21757,0	3,9	6,6	1,5	-440	
Чукотский автономный округ	12 355,4	94 884,3	89 541	+767,96	38 147	89 541	+234,73	23999,0	3,7	4,1	5,6	+136,59	
Ямало-Ненецкий автономный округ	441721,8	3100561,1	89 928	+701,93	43 367	89 928	+207,37	16640,0	5,4	4,4	2,5	-176	
Среднее по РФ	125 658,7	646 144,1	36 073	+514,21	18 958	36 073	+190,28	11329,0	3,1	7,5	5,8	-29,31	

Таким образом, в результате проведенного исследования, можно сделать вывод о том, что Мурманская область, Ямало-Ненецкий, Ненецкий и Чукотский автономные округа имеют все шансы и возможности для комплексного социально-экономического развития.

### Список литературы

1. О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. №296 (в ред. От 05.03.2020 г. №164). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online> (дата обращения: 01.04.2022).

2. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года: указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации : [Сайт]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010260033?index=32&rangeSize=1> (дата обращения: 01.04.2022).

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. – Москва: Росстат, 2021. – 1112 с.

4. Щеглова, А.Н. Тенденции развития региональных социально-экономических систем Крайнего Севера в условиях модернизации высшего образования: автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Щеглова Анна Николаевна ; ПетрГУ (Кольский филиал). — Апатиты, 2013. — 22 с.

**КИНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОКИСЛИТЕЛЬНО-  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ  
НИКЕЛЯ САЛЕНОВОГО ТИПА ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ**

*Е.В. Алексеева<sup>1</sup>, Ю.В. Новоселова<sup>2</sup>, О.В. Левин<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, 199034, Россия, Санкт-Петербург,  
Университетская наб. 7/9, e.v.alekseeva@spbu.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, 199034, Россия, Санкт-Петербург,  
Университетская наб. 7/9, julivit.n@yandex.ru

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, 199034, Россия, Санкт-Петербург,  
Университетская наб. 7/9, o.levin@spbu

**Аннотация.** В настоящее время разработка низкотемпературных электрохимических источников тока является актуальной научно-технической задачей. Создание органических катодных материалов, которые способны эффективно работать в условиях низких температур – это один из наиболее эффективных подходов к решению данной задачи. Саленовые комплексы никеля с основаниями Шиффа являются перспективными материалами для создания низкотемпературных электродных материалов.

В работе были изучены полимер-модифицированные электроды низкотемпературных аккумуляторов на основе тонких плёнок комплексов никеля с лигандом саленового типа в безводных электролитах. Кинетика процесса переноса заряда в саленовых комплексах никеля в условиях низких температур была исследована методом циклической вольтамперометрии. Было показано, что морфология пленки оказывает значительное влияние на эффективность работы полученных материалов в условиях низких температур и установлено лимитирование редокс-процесса в таких условиях стадией инженции зарядкомпенсирующего противоиона в пленку.

**Ключевые слова:** низкотемпературные источники тока, органические катодные материалы, проводящие полимеры, кинетика переноса заряда, саленовые комплексы никеля.

**KINETIC ANALYSIS OF REDOX PROCESSES IN SALEN-TYPE NICKEL  
POLYMER FILMS AT NEGATIVE TEMPERATURES**

*E. V. Alekseeva<sup>1</sup>, Yu. V. Novoselova<sup>2</sup>, O. V. Levin<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, 199034, Russia, St. Petersburg, Universitetskaya nab. 7/9,  
e.v.alekseeva@spbu.ru

<sup>2</sup>St. Petersburg State University, 199034, Russia, St. Petersburg, Universitetskaya nab. 7/9,  
julivit.n@yandex.ru

<sup>3</sup>St. Petersburg State University, 199034, Russia, St. Petersburg, Universitetskaya nab. 7/9,  
o.levin@spbu

**Abstract.** At present, the development of low-temperature electrochemical energy storage devices is an important scientific and technical task. Organic cathode materials have good performance at low temperatures. Nickel salen complexes with Schiff bases are promising materials for creating low-temperature organic electrode materials. In this work, polymer-modified electrodes of low-temperature electrochemical energy storage devices based on thin films of nickel complexes with a salen-type ligand in anhydrous electrolytes were studied. The kinetics of the charge transfer process in the complexes at low temperatures was studied by cyclic voltammetry. It was found that the redox process under such conditions is limited by injection of a charge-compensating counterion into the film.

**Keywords:** low-temperature power sources, organic cathode materials, conducting polymers, charge transfer kinetics, nickel Salen complexes.

Для изучения кинетики переноса заряда ЦВА полимерных пленок комплекса  $\text{poly}[\text{Ni}(\text{CH}_3\text{Salen})]$  были зарегистрированы при температурах  $+20^\circ\text{C}$ ,  $0^\circ\text{C}$ ,  $-20^\circ\text{C}$  и  $-40^\circ\text{C}$  при скоростях развертки от  $0.02$  до  $5 \text{ Вс}^{-1}$  в электролитах различного состава ( $\text{Me}_4\text{NBF}_4$ ,  $\text{Et}_4\text{NBF}_4$ ,  $\text{Bu}_4\text{NBF}_4$  и  $\text{Bu}_4\text{NTFSi}$  в ацетонитриле (АН). Для примера рассмотрим подробнее ЦВА в  $\text{Bu}_4\text{NBF}_4$  и  $\text{Bu}_4\text{NTFSi}$ .

Вольтамперограммы комплекса  $\text{poly}[\text{Ni}(\text{CH}_3\text{Salen})]$ , зарегистрированные в  $0.1\text{M}\text{Bu}_4\text{NBF}_4/\text{АН}$ , содержат две основные пары редокс пиков в районе  $0$  и  $0.6 \text{ В}$ . Как видно из Рис. 1 а, при увеличении скорости развертки происходит сдвиг потенциалов анодных пиков на ЦВА, свидетельствующий о лимитировании скорости редокс-процесса инжекцией носителей заряда. При этом для пиков восстановления сдвига потенциала не наблюдается. Известно, что окисление полимеров саленового типа сопровождается инжекцией анионов в пленку полимера, в то время как восстановление сопровождается выходом анионов [1]. Описанные выше особенности вольтамперограмм полимера позволяют предположить, что именно инжекция анионов является замедленной стадией переноса заряда. Эта инжекция либо сопровождается десольватацией аниона, либо происходит инжекция аниона вместе с сольватной оболочкой. Учёт влияния сольватации противоиона критически важен для прогнозирования электрохимической активности материалов при отрицательных температурах [2, 3].

Диффузионные ограничения переноса заряда детектируются по зависимости токов пиков ЦВА от скорости развертки. В случае наличия диффузионных ограничений ток пика должен быть пропорционален корню из скорости развертки потенциала, а в случае их отсутствия ток пика пропорционален скорости развертки. Для определения характера зависимости удобно использовать билогарифмические координаты. Как видно из Рис. 1 б для пленки  $\text{poly}[\text{Ni}(\text{CH}_3\text{Salen})]$ , циклированной в  $0.1\text{M}\text{Bu}_4\text{NBF}_4/\text{АН}$ , наклон билогарифмических зависимостей токов пиков окисления и восстановления от скорости развертки при низких скоростях близок к единице, что свидетельствует об отсутствии диффузионных затруднений в пленке как при

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

комнатной температуре, так и при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$ . (Рис. 1в и г). При скоростях развертки выше  $200 \text{ мВ с}^{-1}$  наклон уменьшается до 0,7, что свидетельствует о смешанной кинетике редокс-процесса.

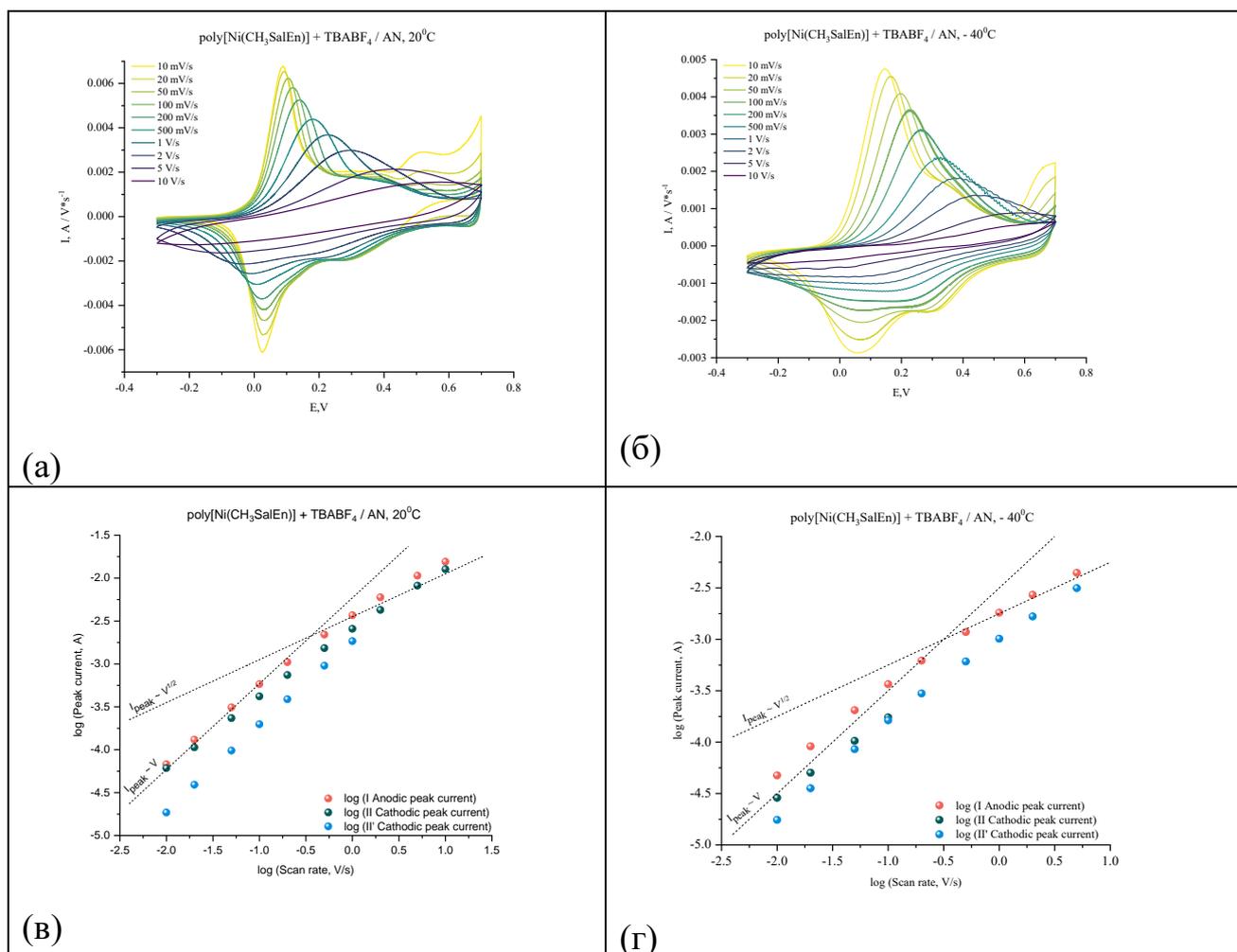


Рисунок 1 – Циклические вольтамперограммы пленки poly[Ni(CH<sub>3</sub>Salen)], зарегистрированные в 0.1MВu<sub>4</sub>NBF<sub>4</sub>/АНпри температурах (а)+20°C, (б) -40°C, скорость развертки от 0.01 В с<sup>-1</sup> до 10 В с<sup>-1</sup>

Таким образом, анализ ЦВА при разных скоростях развертки показал, что инъекция противоиона в пленку poly[Ni(CH<sub>3</sub>Salen)] лимитирует процесс переноса заряда при низких температурах. Механизм инъекции и энергия активации данного процесса зависят как от свойств пленки, так и от состава электролита.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-03-00746 а».

Список литературы

1. Redox transformations in electroactive polymer films derived from complexes of nickel with SalEn-type ligands: computational, EQCM, and spectroelectrochemical study / Sizov V.V., Novozhilova M.V., Alekseeva E.V. [et al.] // Journal of Solid State Electrochemistry. – 2014. – Vol. 19. – P. 453-468.
2. Solvated Li-Ion Transfer at Interface Between Graphite and Electrolyte/ Abe T., Fukuda H., Iriyama Y. [et al.] // Journal of The Electrochemical Society, - 2004. – Vol. 151, №8. – P. 1120-1123.
3. Ogumi, Z. Interfacial Reactions of Lithium-ion Batteries / Z. Ogumi // Electrochemistry. – 2010. – Vol. 78, №5. – P. 319-324.

УДК 621.039

ГРНТИ 58.33.41

**АНАЛИЗ МИРОВЫХ ПРАКТИК ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

*Е.В. Николаева<sup>1</sup>, С.В. Николаев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>студентка кафедры физики, биологии и инженерных технологий, филиала МАГУ  
в г. Апатиты, Россия, 89537562801@yandex.ru

<sup>2</sup>старший преподаватель кафедры физики, биологии и инженерных технологий филиала  
МАГУ в г. Апатиты, Россия, qwerty-1990@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приводится анализ мировых практик вывода из эксплуатации атомных электростанций. Рассматривается опыт России, Германии, США и Швеции. А также приводится общая сводка стратегий ВЭ АЭС различных стран. Сделан вывод, о необходимости более детальной проработки решения выбора стратегии ВЭ, «немедленный» или «отложенный» демонтаж. Предлагается использование дистанционных технологий, которые позволят кратно уменьшить количество персонала, время и трудоемкость проведения работ и дозозатраты, по сравнению с «традиционными» методами проведения работ.

**Ключевые слова:** вывод АЭС из эксплуатации, снятие с эксплуатации, демонтаж, декомиссия, робототехнические комплексы.

**ANALYSIS OF WORLD PRACTICES FOR DECOMMISSIONING  
FACILITIES OF USE OF NUCLEAR ENERGY**

*E. V. Nikolaeva<sup>1</sup>, S. V. Nikolaev<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>student of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies, Murmansk  
Arctic State University, Apatity branch, 89537562801@yandex.ru

<sup>2</sup>Senior lecturer of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies,  
Murmansk Arctic State University, Apatity branch, qwerty-1990@yandex.ru

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

**Annotation.** The article provides an analysis of world practices for the decommissioning of nuclear power plants. The experience of Russia, Germany, the USA and Sweden is considered. It also provides a general summary of the decommissioning strategies for nuclear power plants in various countries. It is concluded that there is a need for a more detailed study of the decision to choose a decommissioning strategy, "immediate" or "delayed" dismantling. The use of remote technologies is proposed, which will allow a multiple reduction in the number of personnel, time and labor intensity of work and dose costs, compared with "traditional" methods of work.

**Keywords:** NPP decommissioning, dismantling, robotic systems

Большинство атомных электростанций в мире рассчитаны на срок службы 50 лет, поэтому в течение ближайших лет большое количество блоков атомных станций подойдет к концу срока службы. Это также приведет к дальнейшим структурным изменениям в мировой атомной промышленности.

В соответствии с НП 001-15 для энергоблока АЭС вывод из эксплуатации означает проведение комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, исключающих использование блока в качестве источника энергии и обеспечивающих безопасность персонала, населения и окружающей среды.

Целью исследования является анализ мировых практик вывода атомных электростанций из эксплуатации, с определением лучшей стратегии вывода.

Основных стратегий вывода из эксплуатации три: немедленный демонтаж, отсроченный демонтаж, изоляция. Во всем мире стратегия «изоляция» уже не считается приемлемым вариантом ВЭ. Ее можно рассматривать как возможное решение только в исключительных обстоятельствах (например, после серьезной аварии).

Мировая практика свидетельствует о том, что процедура вывода является очень дорогой. Для того, чтобы закрыть Игналинскую АЭС, Литве потребовалось около 2,5 млрд евро. Для закрытия Мэйн Янки – 635 миллионов долларов. В Германии процесс закрытия шести блоков АЭС Грейсвальд длился 35 лет и составил 3,2 миллиарда евро [1].

Директор Института ядерных реакторов НИЦ «Курчатовский институт» Юрий Семченков и соавторы в своей статье условно поделили мировой ядерно-энергетический сектор на четыре региона и привели количество ядерных установок, которые подлежат СсЭ к 2040 году [4]: *Американский регион* имеет 75 блоков АЭС и 33 исследовательских ядерных реактора (ИЯТ); *Европейский регион*, у которого 141 блок АЭС и 64 ИЯТ; *Азиатско-тихоокеанский* с 77 блоками АЭС и 17 ИЯТ; *Африкано-австралийский*, имеет 2 блока АЭС и 2 ИЯТ. Итого, общее количество ядерных объектов, которые должны быть окончательно закрыты к 2040 году, составит 411 единиц, в том числе 295 блоков атомных электростанций и 116 исследовательских реакторов.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

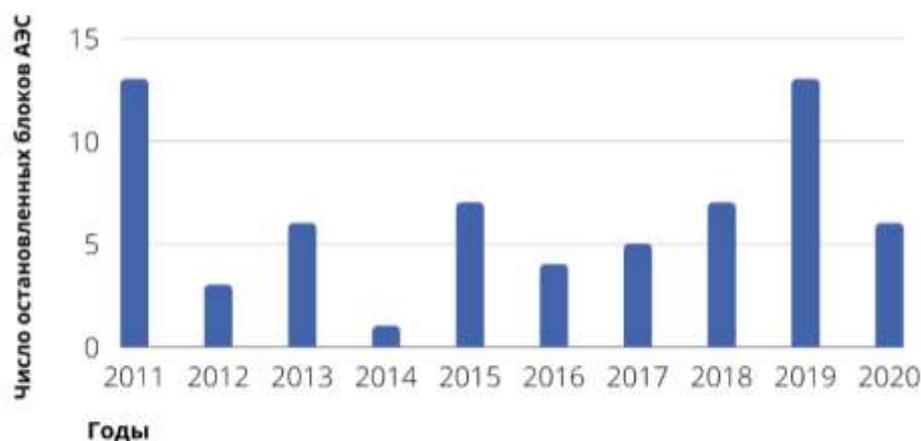


Рисунок 1. – Статистика числа блоков АЭС СсЭ в мире в прошедшие 10 лет

В России Концерн Росэнергоатом признал наиболее экономически эффективным вариант вывода «немедленная ликвидация» блока АЭС в 2017. До этого использовали способ отложенной ликвидации. К весне 2022 года, окончательно остановлены для вывода из эксплуатации 8 блоков атомных электростанций на территории РФ: 3 блока с РУ ВВЭР; 2 блока с РУ АМБ; 2 блока с РУ РБМК; 1 блок с РУ ЭГП-6.

Правовой базой для вывода из эксплуатации ядерных установок в Германии является Закон об атомной энергии. Согласно этому закону, в Германии допускается использование двух разных стратегий вывода АЭС: немедленного демонтажа или демонтажа после безопасной консервации. Решение о выборе стратегии для вывода из эксплуатации принимает оператор. Большинство операторов предпочитают немедленный демонтаж [2].

После аварии на электростанции «Фукусимадайти», правительство Германии решило полностью отказаться от использования ядерной энергии для промышленного производства электроэнергии. После этого все 8 АЭС, остановленных в 2011 г., подали заявки на получение разрешения на вывод из эксплуатации и одновременно подали иски в арбитражный суд на компенсацию потерь в результате простоя станции, что существенно удорожает и удлиняет процесс вывода станции из эксплуатации.

В январе 2022 года Германия отключила три из своих последних шести атомных электростанций в рамках реализации полного отказа от ядерной энергетики. Однако в связи с кризисом в энергетической отрасли поступают предложения о их немедленном введении в эксплуатацию.

Основной упор Германия делает в расширение инфраструктуры ветровой и солнечной энергетики, чтобы к 2030 году возобновляемые источники энергии производили 80% электроэнергии в стране [2]. Но, как показал 2021 год, возобновляемая энергетика уязвима перед погодой.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Что касается опыта Америки, то они выбирают смешанную стратегию вывода АЭС.

Рассмотрим страну со стратегией отсроченного демонтажа.

Электроэнергетическая компания UniperВ Швеции SE выбрала долгосрочную стратегию вывода из эксплуатации атомных электростанций «Барсебека» (2 реактора остановлены в 2005 году) и «Оскарсхамн» (2 блока остановлены в 2015 году, эксплуатацию третьего блока решили продолжить). В декабре 2018 г. четыре реактора начали снимать с эксплуатации [4].

По предварительным оценкам, СсЭбудет стоить 1,1 млрд. долл. (10 млрд шведских крон). Электроэнергетические компании, такие как шведская CyclifeSweden и финская Fortum, объединились для закрытия атомных электростанций в странах Северной Европы.

План так называемого «радиологического демонтажа» четырех реакторов в Швеции рассчитан на период с 2020 до 2028 года. За это время планируется демонтировать реакторы и полностью удалить радиоактивные отходы.

Что касается стратегий вывода из эксплуатации АЭС различных стран, то «Немедленный демонтаж» выбирают: Испания, Литва, Словения, Франция, Россия. Стратегию «Отсроченный демонтаж» используют: Болгария, Чехия, Венгрия, Швеция. Смешанной стратегией пользуются: Бельгия, Германия, США, Финляндия, Нидерланды. Словакия и Румыния не определились со стратегией ВЭ АЭС.

### **Выбор стратегии**

Под воздействием нейтронного облучения при эксплуатации атомной электростанции происходит активация строительных материалов реактора, теплоизоляции шахты и внутренних слоев бетона.

Расчетные оценки активности конструкций реактора ВВЭР-1200 показывают, что все металлоконструкции реактора относятся к радиоактивным отходам с периодом распада до 150 лет после окончательного останова реактора. Поэтому имеет смысл в ряде случаев использовать стратегию отложенного демонтажа, после нескольких лет выдержки блока АЭС после останова. Использование дистанционных технологий разбора конструкций АЭС позволит кратно уменьшить количество персонала, время и трудоемкость проведения работ по сравнению с «традиционными» методами [3]. На настоящий момент похожий подход реализуется при работах по управлению ресурсными характеристиками графитовых кладок РБМК-1000

Проведенный анализ мировых практик вывода АЭС из эксплуатации показал, что необходимо более тщательно подходить к оценке вывода: между немедленным и отсроченным демонтажем. Опыт Германии показывает, что возможен останов с выдержкой реактора на территории действующей АЭС, с продолжением выработки электроэнергии другими блоками. А также внедрение дистанционных робототехнических технологий при реализации стратегии немедленного демонтажа, что позволит снизить общее количество дозозатрат персонала. Еще один из немаловажных факторов влияющий на выбор стратегии вывода – это возможный потенциал экономики страны, ее ВВП.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

### Список литературы

1. Абрамов А.А. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Вывод из эксплуатации / А.А. Абрамов, А.Н. Дорофеев, Е.А. Комаров и др. – Москва, 2015. – 316 с.
2. Брендебах Б. Вывод из эксплуатации ядерных установок: Опыт Германии / Б. Брендебах. // БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ. – 2016. – №4. – С. 24-25.
3. Слободчиков А.В. Разработка проекта вз энергоблоков рбмк-1000 / А.В. Слободчиков, Л.А. Андреева, Ф.Е. Ермошин, А.Н. Бирюков // Журнал «РЭА». – 2021. – №6. – С. 46-48.
4. В Швеции принят план вывода из эксплуатации четырёх энергоблоков АЭС [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://eenergy.media/2018/12/24/v-shvetsii-prinyat-plan-vyvoda-iz-ekspluatatsii-chetyryoh-energoblokov-aes/>

УДК 58.082.115 : 58.087 : 574.472  
ГРНТИ 34.05.25, 34.29.01, 87.27.05

### РЕДКИЕ ВИДЫ ВЫСШИХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ АПАТИТСКОГО ФИЛИАЛА МУРМАНСКОГО АРКТИЧЕСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

*С.В. Асминг*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Мурманский арктический государственный университет, филиал в г. Апатиты, Россия, [asming@yandex.ru](mailto:asming@yandex.ru)

<sup>2</sup> Кольский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба» РАН, Апатиты, Россия, [asmingSV@krsc.ru](mailto:asmingSV@krsc.ru)

**Аннотация.** Приведены сведения об истории создания гербарной коллекции в филиале МАГУ в г. Апатиты и содержащихся в ней гербарных образцов редких видов высших сосудистых растений. Коллекция содержит образцы 83 видов, внесённых в Красные книги.

**Ключевые слова:** гербарий, коллекции, редкие виды, охрана биоразнообразия, Красные книги

### THE HIGHER VASCULAR PLANTS RARE SPECIES IN THE HERBARIUM COLLECTION IN APATITY BRANCH OF THE MURMANSK ARCTIC STATE UNIVERSITY

*S. V. Asming*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Kola Branch of Geophysical Survey of RAS, Apatity, Russia, [asmingSV@krsc.ru](mailto:asmingSV@krsc.ru)

<sup>2</sup> Murmansk Arctic State University, Apatity Branch, Russia, [asming@yandex.ru](mailto:asming@yandex.ru)

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

**Abstract.** The information of herbarium collection creation story in Apatity branch of Murmansk Arctic State University is provided. This collection contains specimens of 83 rare species listed to Red data books.

**Keywords:** herbarium, collection, rare species, biodiversity protection, Red data books.

Охрана редких и исчезающих видов является необходимым условием сохранения генофонда биосферы, одной из важнейших проблем человечества. Многие виды живых организмов уже исчезли полностью или находятся на грани исчезновения. Нередко это происходит быстрее, чем люди успевают принять меры по их охране. Потеря любого вида означает разрыв цепи сложных взаимосвязей, которые были отрегулированы в ходе совместной эволюции живых организмов. Это может стать причиной нарушения экологического равновесия на планете.

Вопросы охраны природы в Мурманской области, промышленно развитом регионе нашей страны, возникают и становятся насущными раньше, чем в других. Ведь известно, что северные сообщества более ранимы и медленно восстанавливаются. Не случайно, что первая в нашей стране областная Красная книга появилась именно здесь [3]. И если она не носит такого названия, то только в силу своего сравнительно узкого регионального значения.

Гербарные коллекции как один из важнейших инструментов изучения биоразнообразия растительного мира имеют высокую ценность. Содержащиеся в них образцы являются документальными подтверждениями существования видов. В наше время интерес к коллекциям усилился, т.к. содержащиеся в них материалы, будучи основой для составления карт ареалов, нередко становятся единственными достоверными доказательствами распространения видов в прошлом. Применяя современные методы молекулярной биологии, можно уточнить систематическое положение видов и, что ещё важнее, сохранить наследственную информацию. Это в свою очередь даст возможность воспроизвести заново утерянный вид.

В связи с этим особый интерес представляют сведения о редких видах в существующих гербарных коллекциях, каковой, безусловно, является коллекция Мурманского арктического государственного университета, его Апатитского филиала. Начало ведения гербария было положено преподавателями экологического факультета Кольского филиала Петрозаводского государственного университета (КФ ПетрГУ) с момента его образования в 1995 году. Основателем коллекции, а впоследствии, и её куратором, стала Похилько А. А., канд. биол. наук, доцент факультета. Монтировкой и инсерацией гербария на протяжении большего срока его существования занималась лаборант Архипова Г. Ф.

Гербарий КФ ПетрГУ всегда служил учебным материалом и наглядным пособием для изучения морфологии, анатомии и систематики растений на

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

лекционных, практических и лабораторных занятиях. Его собирали студенты и преподаватели: на полевых практиках в пределах Мурманской области (окрестности городов Апатиты и Кировск, Хибинского горного массива, Кандалакшского залива Белого моря); при подготовке дипломных работ – в более удалённых районах региона (п-ов Рыбачий, пос. Умба, с. Сосновка и др.); во время выездных практик и отдыха – в других регионах России и ближнего Зарубежья. Интересными находками из разных, в том числе и малодоступных, районов области пополнил коллекцию Петровский М. Н., канд. геол.-минерал. наук, старший научный сотрудник Геологического института Кольского научного центра РАН. Сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина Блиновой И. В., Асминг С. В. и Кирилловой Н. Р. было передано около 50 гербарных листов высших растений, собранных на богатых минеротрофных болотах в окрестностях г. Апатиты – ценных в экологическом, хозяйственном и природоохранном аспектах.

Гербарная коллекция университета хранится в специальной гербарной комнате. Семейства и роды расположены по системе А. Энглера [7], виды в пределах рода – по алфавиту. Латинские названия приведены по С. К. Черепанову [6]. Виды высших сосудистых растений определены по «Флоре Мурманской области» [4] и «Определителю сосудистых растений Мурманской области и Карелии» [5]. Гербарий включает материалы по трём разделам: низшие растения, грибы и лишайники, высшие растения. Здесь хранится более 12000 образцов высших сосудистых растений, около 1200 образцов лишайников, около 1500 образцов мохообразных.

В 2016 г. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №376 от 05 апреля был начат процесс по созданию в г. Апатиты филиала Мурманского арктического государственного университета на месте КФ ПетрГУ. Этот приказ вступил в силу 01 июля 2016 г. В итоге Кольский филиал ПетрГУ был ликвидирован, филиал МАГУ – создан. Поскольку руководство Петрозаводского государственного университета претендовать на владение гербарием КФ ПетрГУ после его ликвидации не стало, коллекция полностью перешла в собственность МАГУ, Апатитского филиала.

Среди имеющихся образцов в гербарии филиала МАГУ есть экземпляры редких и нуждающихся в особом внимании в регионе видов высших растений, включённых в Красные книги разного ранга, всего 104 вида. Из них 7 видов внесены в Красную книгу Российской Федерации [2], 59 видов – в Красную книгу Восточной Фенноскандии [8], 83 вида – в Красную книгу Мурманской области [1].

Виды Красной книги Российской Федерации [2], образцы которых хранятся в коллекции филиала МАГУ, следующие: беквичия ледниковая (*Beckwithia glacialis* A. et D. Löve), в Мурманской области встречающаяся только в Хибинах и Ловозерских горах; эндем севера европейской части России

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

кизилник киноварно-красный (*Cotoneaster cinnabarinus* Juz.); редкая орхидея пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soó); узкий эндемик Кольского полуострова солнцезвезд арктический (*Helianthemum arcticum* (Grosser) Janch.), обитающий только на п-ве Турий; полушник озёрный (*Isoetes lacustris* L.); эндем Мурманской области и Северной Норвегии мак лапландский (*Paraver lapponicum* (A. Tolm.) Nordh.), в регионе встречающийся в основном только в горах, и приморский вид родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.).

Среди видов Красной книги Мурманской области [1], экземпляры которых имеются в гербарии филиала МАГУ, 11 видов находятся под угрозой исчезновения, 20 уязвимых видов, 27 видов находятся в состоянии, близком к угрожаемому, 1 вид имеет неопределённый статус из-за отсутствия необходимой информации (ландыш майский *Convallaria majalis* L.) и 1 вид с особым статусом, нуждающийся в специальных мерах охраны из-за особенностей экологии (водное растение полушник озёрный).

Из категории видов, находящихся под угрозой исчезновения в Мурманской области, в коллекции филиала МАГУ хранятся: гусиный лук жёлтый *Gagea lutea* (L.) Ker. -Gawl., популяции которого значительно удалены от основного ареала; цирцея альпийская *Circaea alpina* L. и гроздовник ланцетовидный *Botrychium lanceolatum* (Gmel.) Angstr., в Мурманской области находящиеся на северном пределе распространения; песчанка приземистая *Arenaria humifusa* (Sw.) Wahl. – в регионе проходит восточная граница её ареала; крупка снежная *Draba nivalis* Liljebl. – в Мурманской области встречающаяся только на севере; ужовник обыкновенный *Ophioglossum vulgatum* L. – только на юге; ветреничка дубравная *Anemonoides nemorosa* (L.) Holub. – только на востоке; схенус ржавый *Schoenus ferrugineus* L. и орхидея мякотница однолистная *Malaxis monophyllos* (L.) Sw..

Кроме того, в гербарии АФ МАГУ имеются образцы видов, не включённых в последнее издание Красной книги Мурманской области, но нуждающихся в особом внимании (41 вид). Некоторые из них охраняются и занесены в Красную книгу Восточной Фенноскандии [8], с разной категорией редкости (от 2 до 4) – 20 видов.

Экземпляры семи более южных видов, редко встречающихся в Мурманской области, содержащихся в гербарии АФ МАГУ, собраны в других областях России: ужовник обыкновенный, белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.), ландыш майский, орхидея любка двулистная (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.), воронец красноплодный (*Actaea erythrocarpa* Fisch.) и селезёночник очереднолистный (*Chrysosplenium alternifolium* L.). Нахождение их в коллекции филиала МАГУ позволяет обучающимся знакомиться с редкими видами местной флоры без нанесения вреда их популяциям в естественной среде обитания во время сбора гербарного материала на полевой практике.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Наличие в коллекции филиала МАГУ образцов перечисленных видов повышает её важность и значимость, в том числе для сохранения и умножения сведений о распространении редких видов. В связи с этим рекомендуется использовать имеющиеся сведения при подготовке новых редакций Красных книг.

Автор выражает благодарность Похилько Анне Антоновне за помощь в подготовке рукописи статьи, а также Зейдиной Юлии Васильевне – выпускнице КФ ПетрГУ – за сбор и обработку первичных данных.

### Список литературы

1. Красная книга Мурманской области. - Изд. 2-е, перераб. и доп. / Отв. ред. Н. А. Константинова, А. С. Корякин, О. А. Макарова, В. В. Бианки. – Кемерово: «Азия-принт», 2014. 1-584 с.
2. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М. В. Ломоносова; Гл. редкол.: Ю. П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. - 855 с.
3. Редкие и нуждающиеся в охране животные, и растения Мурманской области. - Мурманск, 1979. - 255 с.
4. Флора Мурманской области. - М.-Л., 1953-1966. - Т. 1-5.
5. Раменская М. Л., Андреева В. Н. Определитель сосудистых растений Мурманской области и Карелии. - Л., 1982. - 432 с.
6. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. - СПб., 1995. - 992 с.
7. Engler A. Syllabus der Pflanzenfamilien, eine Übersicht über das gesamte Pflanzensystem, 9 und 10 Auflage mit Unterstützung von. dr. E. Gilg., Berlin, 1924.
8. Red Data Book of the East Fennoscandia. Helsinki. 1998. S. 31-46.

УДК: 581.524.34

ГРНТИ: 34.29.35, 34.35.51

### ЗАРАСТАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*С.В. Асминг<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Кольский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба» РАН, Апатиты, Россия, [asmingSV@krsc.ru](mailto:asmingSV@krsc.ru)

**Аннотация.** Приведены результаты инвентаризации флоры двух отработанных промышленных отвалов Мурманской области. Установлено, что на хвостохранилище ОАО «Апатит» произрастает 125 видов сосудистых

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

растений и 13 видов лишайников, большую часть из которых составляют аборигены. На отвалах в окрестностях пос. Африканда наблюдаются первые этапы зарастания. Ведущая роль принадлежит небольшому числу травянистых растений-апофитов. Зарегистрировано 22 вида сосудистых растений.

**Ключевые слова:** промышленные отвалы, хвостохранилища, зарастание.

### THE OVERGROWING OF MOTHBALLED INDUSTRIAL DUMPS IN THE MURMANSK REGION

*S. V. Asming<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Kola Branch of Geophysical Survey of RAS, Russia, Apatity, asmingSV@krsc.ru

**Abstract.** Murmansk region two industrial dumps flora's inventory results are provided. The 125 vascular plants species and the 13 lichens species are registered on mothballed dump of JSC «Apatit». The indigenous species form the major part of flora. The first stages of overgrowing are observed in Afrikanda settlement. The leaders are herbal plants-apophytes. The 22 vascular plant species are registered.

**Keywords:** industrial dumps, tailings dumps, mothballed dumps, overgrowing

В Мурманской области, промышленно развитом регионе, существуют территории, занятые отходами обогатительных фабрик, или хвостохранилища. Со временем они перестают пополняться и консервируются, и их начинают заселять живые организмы.

В Апатитско-Кировском районе такие отвалы находятся неподалёку от крупного горнодобывающего и перерабатывающего предприятия ОАО «Апатит». Территории, занятые промышленными отвалами обогатительной фабрики, расположены и в окрестностях пос. Африканда [2].

В 2004 и 2005 годах маршрутным методом была проведена инвентаризация флоры законсервированного хвостохранилища ОАО «Апатит» и промышленных отвалов обогатительной фабрики в Африканде.

Исследования показали, что флора хвостохранилища ОАО «Апатит» имеет своеобразный таксономический состав и спектр жизненных форм. На исследуемой территории произрастает 125 видов сосудистых растений из 27 семейств и 87 родов, 13 видов лишайников из восьми родов. Аборигенные виды сосудистых растений составляют 80%, заносные – 20%.

Господствующее положение занимают цветковые растения, они составляют 90% от общего числа видов флоры. Из них 70% приходится на долю двудольных, 20% – на долю однодольных. Высшие споровые составляют 7%, голосеменные – 3%.

При сравнении систематического разнообразия следует отметить значение десяти ведущих семейств, включающих 92 вида (73.6%): Мятликовые (16%),

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Бобовые (14%), Астровые (14%), Ивовые (11%), Вересковые (9%), Норичниковые (8%), Хвощовые (7%), Берёзовые (7%), Гвоздичные (7%) и Розанные (7%).

В спектре жизненных форм преобладают гемикриптофиты (52.0%). Хамефиты, геофиты и фанерофиты составляют 12.8%, 13.6% и 16.0% спектра соответственно. Терофитов всего 5.6%, гидрофиты и гелофиты отсутствуют. В основном это травянистые растения (72.8%), с преобладанием многолетников (65.6%). Однолетних и двулетних растений немного (7.2%). Кустарников, кустарничков и деревьев – 34 вида (27.2%).

По географическому признаку наибольший вклад вносят бореальные евразийские (25%) и бореальные циркумполярные (16%) виды. В широтном отношении преобладают бореальные виды (47%), в долготном – циркумполярные (47%).

В первые годы зарастания отвалов там сформировалась специфическая флора, отличающаяся от аборигенной. Систематический анализ косвенно показывает, что формирование растительности в целом идёт по пути сближения с зональным лесным типом. Это подтверждается тем, что в травяном ярусе довольно часто встречаются лесные виды: седмичник европейский *Trientalis europaea* L.<sup>2</sup>, бодяк разнолистный *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill, черника *Vaccinium myrtillus* L., брусника *V. vitis-idaea* L. и др. Наблюдается зарастание территории и восстановление на них исходных сообществ. Пионерные виды постепенно вытесняются видами, доминирующими на более поздних стадиях сукцессий, а также аборигенами.

Среди адвентивных видов на отвалах растёт широко расселившийся в регионе горец Вейриха *Aconogonon weyrichii* (Fr. Schmidt) Nara. Из числа местных видов-апофитов встречаются наиболее активные лютик едкий *Ranunculus acris* L., тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium* L., мать-и-мачеха обыкновенная *Tussilago farfara* L. и др.

Шесть видов, обнаруженных на территории закрытого хвостохранилища ОАО «Апатит», относятся к редким и подлежащим охране в Мурманской области. Они включены в последнее издание региональной Красной книги. Это находящаяся под угрозой исчезновения крупка снежная *Draba nivalis* Liljeb.; уязвимые виды мелкопестник северный *Erigeron borealis* (Vierh.) Simm., копеечники альпийский *Hedysarum alpinum* L. и арктический *H. arcticum* V. Fedtsch.; находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому кассиопея четырёхгранная *Cassiope tetragona* (L.) D. Don и ива арктическая *Salix arctica* Pall. [1]. Кроме того, найдено шесть видов, которые нуждаются в особом внимании на территории региона: гроздовник полулунный *Botrychium lunaria* (L.) Sw., дриады восьмилепестковая *Dryas octopetala* L. и точечная *D. punctata* L., орхидея кокушник длиннорогий *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br.,

---

<sup>2</sup> Латинские названия видов высших сосудистых растений приводятся по С.К. Черепанову [3].

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

гарриманелла моховидная *Harrimanella hypnoides* (L.) Cov. и чина весенняя *Lathyrus vernus* (L.) Berhn.

На отвалах в окрестностях пос. Африканда наблюдаются первые этапы зарастания, главным образом у основания дамбы. Крутые внешние откосы и гребни дамб полностью лишены растений. В центральной части чаши появляются небольшие популяции *Tussilago farfara*, *Equisetum arvense* L. и др. Развиваются несомкнутые фитоценозы, общее проективное покрытие не превышает 5-8%. Ведущая роль здесь принадлежит небольшому числу травянистых аборигенных видов-апофитов, активно заселяющих нарушенные места: *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Equisetum arvense* и *Tussilago farfara*. Они формируют небольшие разрозненные пятна с преобладанием молодых особей. Набор видов весьма ограничен, но среди них уже встречаются и древесные растения – единичные экземпляры берёзы пушистой *Betula pubescens* Ehrh. и ивы филиколистной *Salix phylicifolia* L.

Поскольку хвостохранилище в Африканде находится на берегу озера, здесь также произрастают болотные и прибрежно-водные виды – остатки прежней растительности: тростник обыкновенный *Phragmites australis* (Cov.) Steud., триостренники болотный *Triglochin palustre* L. и морской *T. maritimum* L., хвощ топяной *Equisetum fluviatile* L., пушица Шейхцера *Eriophorum scheuchzeri* Норре. и осока пузырчатая *Carex vesicaria* L.

Всего на отвалах в Африканде зарегистрировано 22 вида сосудистых растений из девяти семейств и 19 родов. Это представители семейств: Мятликовые (5), Астровые (4), Ситниковые (3), Ситниковидные (2), Осоковые (2), Хвощовые (2), Ивовые (1), Кипрейные (1) и Гречишные (1).

Автор выражает благодарность Заржицкой Наталии Александровне – студентке-выпускнице Кольского филиала Петрозаводского государственного университета (КФ ПетрГУ) – за помощь в сборе и обработке первичных данных, а также Похилько Анне Антоновне – канд. биол. наук, доценту экологического факультета КФ ПетрГУ – за ценные советы по написанию рукописи статьи.

### Список литературы

1. Красная книга Мурманской области. - Изд. 2-е, перераб. и доп. / Отв. ред. Н.А. Константинова, А.С. Корякин, О.А. Макарова, В.В. Бианки. - Кемерово: «Азия-принт», 2014. 1 - 584 с.
2. Чантурия В.А, Макаров В.Н., Макаров Д.В. Инженерно-геологическая характеристика Африкандского сульфидсодержащего хвостохранилища. В кн.: Экологические и технологические проблемы переработки технологического сульфидсодержащего сырья. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. - С. 76-85.
3. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. - СПб., 1995. - 992 с.

УДК [58:069.29](470.21):314.122(98)  
ГРНТИ 34.29.25; 58.35.43; 68.35.45; 68.35.59

## РОЛЬ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА В УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ АРКТИКИ

*Л.Л. Виравчева*

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН,  
г. Апатиты, Россия, viracheva-ljubov@yandex.ru

**Аннотация:** Полярно-альпийский ботанический сад играет важную роль в изучении флоры, растительности, почвенных и растительных ресурсов Заполярья. Одно из направлений работы Ботанического сада – интродукция и последующая акклиматизация растений в условиях Севера – способствует улучшению жизни населения Арктики. Эта работа позволяет значительно расширить ассортимент полезных растений (пищевых, витаминоносных, лекарственных, декоративных), а также нуждающихся в охране видов.

**Ключевые слова:** Полярно-альпийский ботанический сад, интродукция, Заполярье, полезные растения, редкие растения, озеленение городов.

## THE ROLE OF THE POLAR-ALPINE BOTANICAL GARDEN IN IMPROVING THE QUALITY OF LIFE OF THE ARCTIC POPULATION

*L.L. Viracheva*

Polar Alpine Botanical Garden-Institute named after N. A. Avrorina KSC RAS, Apatity, Russia,  
viracheva-ljubov@yandex.ru

**Abstract:** The Polar Alpine Botanical Garden plays an important role in the study of flora, vegetation, soil and plant resources of the Arctic. One of the activities of the Botanical Garden - the introduction and subsequent acclimatization of plants in the conditions of the North - contributes to improving the life of the population of the Arctic. This work allows us to significantly expand the range of useful plants (food, vitamin-bearing, medicinal, ornamental), as well as species in need of protection.

**Keywords:** Polar-Alpine Botanical Garden, introduction, Arctic, useful plants, rare plants, urban greening.

Полярно-альпийский ботанический сад является единственным в России ботаническим садом, расположенным за Полярным кругом (67°38'с.ш. и 33°37' в.д.). Поэтому основными объектами изучения являются флора, растительность, почвенные и растительные ресурсы Кольской Субарктики.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Одно из направлений работы Ботанического сада – интродукция растений из различных регионов земного шара с последующей акклиматизацией их в условиях Заполярья. Работы по переселению растений начаты с момента образования Сада и успешно продолжаются в настоящее время. Привлечение инорайонных видов позволяет обогатить ассортимент растений, применяемых в качестве пищевых, лекарственных и декоративных. Особенно это важно в заполярных условиях, где специфические особенности климата затрудняют выращивание многих культурных растений в открытом грунте. Путем переселения в новые районы можно также сохранять редкие и нуждающиеся в охране виды растений.

За 90-летнее существование Полярно-альпийского ботанического сада здесь испытано более 5000 видов растений, проведен эколого-географический анализ [2], выявлены различные закономерности переселения растений в Субарктику, разработана оригинальная шкала оценки успешности интродукции видов [3, 7]. Все основные выводы этих работ используются в современных исследованиях. Прежде всего, они важны при подборе материала для интродукционного эксперимента; предпочтение отдается:

- травянистым растениям, которые лучше, чем другие жизненные формы, приспособляются в новых условиях существования;
- растениям высокогорий, а также тем, которые в своем распространении достигают субальпийского или альпийского поясов гор;
- растениям, которые имеют хозяйственное значение (пищевые, лекарственные, декоративные и др.), являются редкими, нуждающимися в охране видами.

Коллекционный фонд многолетних растений Полярно-альпийского ботанического сада включает 2456 образцов, относящихся к 1092 видам из 275 родов 50 семейств. Ежегодно коллекция пополняется новыми видами растений. Материал приобретается путем семенного обмена с другими ботаническими садами и арборетумами (отечественными и зарубежными), поступает из других пунктов интродукции и от цветоводов-любителей в виде живых растений, выращивается из семян местной репродукции

Большое значение для улучшения жизни населения северных районов имеет интродукция хозяйственно ценных растений. Они дополняют привычный состав полезных растений новыми видами пищевых, лекарственных и витаминоносных растений. Особенно важной эта работа была в годы Великой Отечественной войны, когда на питомниках Сада выращивались пищевые и витаминоносные растения для нужд армии. Основными видами явились многочисленные виды луков (*Allium* L.). За все время существования Сада было испытано 123 вида этого рода (из более 900 видов) и в настоящее время лук – один из многочисленных родов, содержащих 40 видов. Среди пищевых

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

растений следует назвать также виды ревеня (*Rheum* L.), стополист (*Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T.S. Ying.) и др.

В 1987 г. был создан питомник лекарственных растений [8], где собраны растения, используемые как в официальной, так и в народной медицине разных стран (американские – *Arnica chamissonis* Less., *Penstemon confertus* Douglas ex Lindl. и др., азиатские – стополист (*Sinopodophyllum hexandrum*), *Aucklandia lappa* DC. и др., европейские – *Gentiana lutea* L., *Arnica montana* L. и др., кавказские – *Papaver orientale* L. и др.).

Ботанические сады играют важную роль в деле изучения и охраны растений. В Полярно-альпийском ботаническом саду прошли первичное интродукционное испытание представители более 400 видов, нуждающихся в охране на территории России и стран ближнего зарубежья, а также 94 вида из Красной книги Европы [4, 5, 11, 12]. В настоящее время 351 вид растений, относящихся к 153 родам 36 семейств внесены в красные книги различного ранга, как в России (*Galanthus platyphyllus* Traub. et Moldenke, *Campanula autraniana* Albov, *Rhodiola rosea* L., *Rheum compactum* L., *Sanguisorba magnifica* Schischk. et Kom. и др.), так и в зарубежных странах (европейские – *Narcissus angustifolius* Curt., *Eryngium alpinum* L., *Gentiana lutea*, *Arnica montana*, *Doronicum cataractarum* Widde и др.; кавказские – *Campanula alliariifolia* Willd., *Scilla rosenii* K. Koch и др.; азиатские – *Tulipa kaufmanniana* Regel, *Rheum wittrockii* Lundstr., *Aconitum chasmanthum* Stapf и др.; американские – *Eurybia radula* (Ait.) Nesom, *Penstemon confertus* Douglas ex Lindl. и др.), в том числе и одно из самых редких растений мира *Primula boveana* Decne. ex Duby (Египет). 59 видов, относящихся к 38 родам 17 семейств, внесены в список редких растений Международного союза охраны природы [6].

Важнейшим практическим итогом интродукции растений в Полярно-альпийском ботаническом саду является создание и непрерывное совершенствование оригинального и первого в мировой практике озеленительного ассортимента для городов Заполярья. В первый ассортимент было включено 104 декоративных видов растений [1]; в ассортимент 1982 г. вошло 75 видов растений [10]. В настоящее время озеленительный ассортимент Заполярья увеличился и состоит из 115 видов из 26 семейств [9]. Проходят испытание для использования в озеленении новые декоративные виды растений: инкарвиллея (*Incarvillea zhongdianensis* C. Grey-Wilson), меконописис (*Meconopsis* × *scheldonii* G. Taylor), бойкиния (*Boykinia aconitifolia* Nutt.), стополист (*Sinopodophyllum hexandrum*), гейхера (*Heuchera* L.) и др.

Таким образом, привлечение инорайонных растений в Заполярье позволяет обогатить ассортимент полезных растений для нужд населения северных регионов и, тем самым, способствует улучшению качества жизни северян, а также сохранению редких видов растений, находящихся в природе в уязвимом состоянии.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

### Список литературы

1. Аврорин Н.А. Чем озеленять города Мурманской области и северные районы Карело-Финской ССР. – Кировск: Изд-во Кировский рабочий, 1941. – 126 с.
2. Аврорин Н. А. Переселение растений на Полярный север. Эколого-географический анализ. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – 286 с.
3. Андреев Г. Н. Интродукция травянистых растений в Субарктику. – Л.: Наука, 1975. – 167 с.
4. Андреев Г.Н. Интродукционное изучение редких и нуждающихся в охране растений в условиях Кольской Субарктики // Охрана генофонда природной флоры. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 157-160.
5. Андреев Г.Н. Интродукционное изучение редких и исчезающих видов растений на Кольском севере // Экологический вестник Чувашской Республики. – Вып. 23. – Чебоксары, 2001. – С. 55-63.
6. Виравчева Л.Л., Носатенко О.Ю., Тростенюк Н.Н. Редкие многолетние растения открытого грунта Полярно-альпийского ботанического сада // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных пунктах: Материалы научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Донецкого ботанического сада (г. Донецк, 8-10 октября 2019 г.). – Донецк, 2019. – С. 61-67.
7. Головкин Б.Н. Переселение травянистых растений на Полярный Север. Эколого-морфологический анализ. – Л.: Наука, 1973. – 268 с.
8. Горелова А.П. Интродукционный поиск новых для Крайнего Севера видов лекарственных растений // Интродукция растений. Охрана и обогащение биологического разнообразия видов: Тез. докл. Междунар. конфер., посвящ. 65-летию Ботан. Сада им. проф. Б.К. Козо-Полянского Воронежского гос. ун-та, Воронеж, 24-28 июня 2002 г. – Воронеж, 2002. – С. 30-31.
9. Иванова Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н. Северное цветоводство. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. – 202 с.
10. Озеленение городов и поселков Мурманской области: Практическое руководство. / Андреев Г.Н., Вершинина Н.П., Иванова Л.М. и др.: Под общ. ред. Т.А. Козупеевой. – Мурманск: Кн. Мурманское изд-во, 1982. – 160 с.
11. Редкие и нуждающиеся в охране растения природной флоры СССР и Европы, интродуцированные в Полярно-альпийский ботанический сад / Сост. Г.Н. Андреев, Г.Ф. Архипова, Л.А. Новикова. – Апатиты: Изд-во КНЦ АН СССР, 1981. – 44 с.
12. Редкие и нуждающиеся в охране растения России и зарубежных стран, интродуцированные в Полярно-альпийском ботаническом саду / Сост. Виравчева Л.Л., Кудрявцева О.В., Белова Т.П., Новикова Л.А. – Апатиты: Изд-во Полиграф, 2004. – 119 с.

УДК 504.4.054  
ГРНТИ 87.19

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ ОХТА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

*А.А. Ефремова<sup>1</sup>, Е.С. Урусова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> РГГМУ, Санкт-Петербург, Россия, efremova.an04@yandex.ru

<sup>2</sup> РГГМУ, Санкт-Петербург, Россия, e.s.urusova@yandex.ru

**Аннотация.** В данной работе была проведена оценка загрязненности реки Охта с помощью покомпонентного анализа. В ходе исследования использован следующий перечень гидрохимических показателей: рН, общая жесткость, растворенный кислород, БПК<sub>5</sub>, общее железо, нефтепродукты, азот аммонийный, азот нитритов, азот нитратов, фосфаты.

**Ключевые слова:** река Охта, качество вод, загрязнение, антропогенное воздействие, гидрохимические показатели.

## ASSESSMENT OF POLLUTION OF THE RIVER OKHTA IN THE SUMMER PERIOD

*A.A. Efremova<sup>1</sup>, E.S. Urusova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> RSHU, St. Petersburg, Russia, efremova.an04@yandex.ru

<sup>2</sup> RSHU, St. Petersburg, Russia, e.s.urusova@yandex.ru

**Abstract.** In this work, an assessment of the pollution of the Okhta River was carried out using a component-by-component analysis. During the study, the following list of hydrochemical indicators was used: pH, total hardness, dissolved oxygen, BOD<sub>5</sub>, total iron, petroleum products, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, phosphates.

**Keywords:** Okhta river, water quality, pollution, anthropogenic impact, hydrochemical parameters.

Повышение уровня загрязнения водотоков урбанизированных территорий из-за антропогенной нагрузки особенно ярко выражено для малых рек. В Санкт-Петербурге особое внимание следует уделить реке Охта.

За последние десятилетия территории, прилегающие к окраине г. Санкт-Петербург, подверглись масштабной жилой застройке. Вследствие чередования жилых районов и предприятий, относящихся к различным отраслям промышленности, воздействие на существующий водоток продолжает возрастать. Сложившаяся напряженная экологическая обстановка стала причиной того, что р. Охта является одной из самых загрязненных рек. Поэтому

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

р. Охта является объектом регулярных гидробиологических исследований. Особое внимание стоит уделить анализу качества поверхностных вод за 2021 год, так как аномально жаркое лето в Санкт-Петербурге сильно повлияло на качество воды в водотоках города. Таким образом, для исследуемой реки необходима расширенная оценка степени загрязненности ее вод.

### Результаты исследования

В данной работе использованы данные полевых мониторинговых исследований на р. Охта, выполненных в июне 2021 года. Данные исследования являются частью ежегодных работ, проводимых с 1997 г. на р. Охта, ее притоках и Охтинском водохранилище кафедрой прикладной и системной экологии РГГМУ [1]. Отбор проб проводился на 14 станциях водотока в пределах Санкт-Петербурга, а также на 3 станциях в пределах Муринского городского поселения.

В результате покомпонентного анализа состояния поверхностных вод р. Охта водородный показатель варьировался от 6,48 до 7,25, преимущественно преобладала слабокислая-нейтральная среда. Электропроводность варьировалась от 180,1 до 382 мкСм/см. Электропроводность природной воды зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. Общая жесткость реки Охта составляла меньше 1,5 мг-экв/л, что соответствует очень мягким водам и характерно для Северо-Запада России. Воды характеризуются малым количеством ионов кальция (16-20 мг/дм<sup>3</sup>) и магния (5,49-8,53 мг/дм<sup>3</sup>) в составе. Цветность воды р. Охта является очень высокой, так как ее значения превышают 120 градусов цветности.

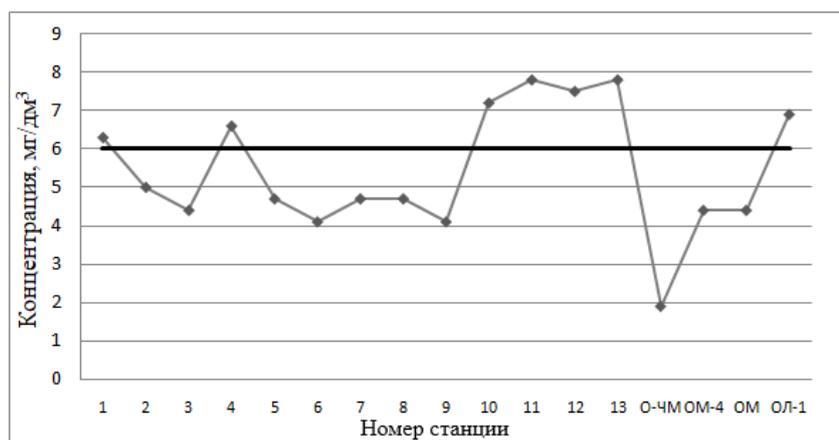


Рисунок 1 – Концентрации растворенного кислорода в водах р. Охта.

Содержание растворенного кислорода на большинстве станций было меньше значения ПДК (рис. 1). Станции ОЛ-1, ОМ и ОМ-4, относящиеся к Муринскому городскому поселению, характеризуются пониженными кислородными условиями в пределах г. Мурино. Станция О-ЧМ находится у Челябинского моста перед Охтинским водохранилищем и характеризуется наименьшим содержанием растворенного кислорода. А на станции 13, которая располагается в начале городского участка реки после водосбора плотины Охтинского водохранилища, наблюдалось наибольшее значение равное

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

7,8 мг/дм<sup>3</sup>. Воды водохранилища, согласно литературным источникам, характеризуются очень низким содержанием кислорода. Таким образом, при прохождении плотины воды могут быть подвержены обогащению кислородом с помощью аэрации вод [3]. Резкий спад содержания кислорода отмечается к ст. 9. Наименьшие концентрации отмечаются на ст. 3, ст. 5-9, данное явление может быть связано со сбросами сточных вод, содержащих органические соединения, на окисление которых расходуется растворенный кислород. На последнем участке реки на ст. 4 и ст. 1 содержание кислорода увеличивается. Вероятно, что это связано с разбавлением вод р. Охта гораздо более чистыми водами р. Невы. Тенденция к снижению растворенного кислорода также может быть связана с увеличением температуры природной воды.

На всех станциях отбора проб полученные значения биохимического потребления кислорода за 5 суток превышают ПДК равный 2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Полученные результаты могут говорить о большом содержании легкоокисляемого органического вещества в р. Охта. Наибольшие значения БПК<sub>5</sub> соответствуют станциям, находящимся в г. Мурино. Одно из наибольших значений БПК<sub>5</sub> также соответствует 13 станции, которая расположена около Охтинского водохранилища. Данное явление может быть связано с высоким содержанием в нем органических веществ [2].

Концентрации общего железа в р. Охта многократно превышают установленные нормативные значения. Однако такая ситуация характерна для большинства водных объектов Карельского перешейка [2].

Преимущественно превышающие ПДК концентрации нефтепродуктов были выявлены на всем участке реки. Пространственное распределение нефтепродуктов в р. Охта неравномерное, вероятно, это связано с аварийным характером поступления загрязняющих веществ. Повышенные концентрации нефтепродуктов фиксировались и в более ранних исследованиях [3].

Концентрации нитритного азота превышали установленный норматив на всем участке реки. Наибольшие значения приходятся на станциях, находящихся в г. Мурино и до Охтинского водохранилища. На участке р. Охта в пределах города повышенные концентрации нитритного азота распределены более равномерно, снижаясь к устью. Концентрации нитратного азота не превышали установленный норматив.

Концентрации аммонийного азота значительно превышали норматив 0,4 мг/дм<sup>3</sup> на всем исследованном участке р. Охта (рис. 2). На станциях в пределах городского поселения Мурино выявлены наибольшие концентрации, максимум 4,64 мг/дм<sup>3</sup> приходится на ст. О-ЧМ. После водосбора плотины Охтинского водохранилища следует резкий спад до 2,13 мг/дм<sup>3</sup>. На городском участке реки концентрации изменяются без резких скачков, снижаясь к устью реки. Содержание аммонийного азота может увеличиваться в летний период. В первую очередь это происходит из-за бактериального разложения органических веществ. Другими существенными источниками могут быть сточные воды.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

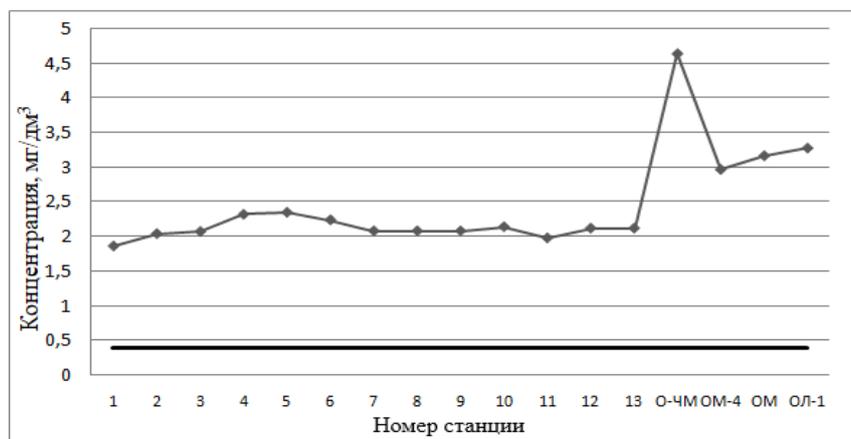


Рисунок 2 – Концентрация азота аммонийного в водах р. Охта.

Концентрации фосфатов несколько превышали допустимый норматив на всем участке р. Охта в пределах г. Санкт-Петербург, кроме станции 1 у устья (рис. 3). На станциях в пределах Муринского городского поселения и на границе г. Санкт-Петербург концентрации превышают 3 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенное содержание фосфатов — признак органического загрязнения водоемов.

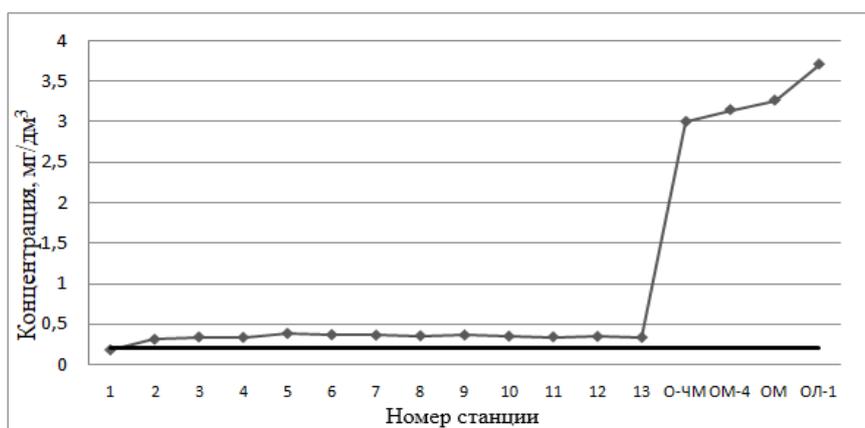


Рисунок 3 – Концентрация фосфатов в водах р. Охта.

В результате оценки загрязненности р. Охта по гидрохимическим показателям можно сделать вывод о том, что воды реки подвержены сильной антропогенной нагрузке. Анализы загрязненности реки в летний период показали, что на участке р. Охты в пределах г. Санкт-Петербурга и Муринского городского поселения выявлены превышения ПДК по БПК<sub>5</sub>, общему железу, нефтепродуктам, азоту нитритному, азоту аммонийному и фосфатам. Концентрации растворенного кислорода были меньше ПДК в большинстве случаев. Превышений ПДК не было выявлено по азоту нитратному, ионам кальция и магния на протяжении всего исследованного участка реки. Общая тенденция, выявленная анализом гидрохимических материалов, подтвердила ухудшение качества вод р. Охта. Загрязнение реки отмечается на продолжительном участке течения реки вследствие масштабной застройки и увеличении сбросов неочищенных сточных вод.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

### Список литературы

1. Алексеев Д. К., Шелутко В. А., Зуева Н. В., Колесникова Е. В., Урсова Е. С., Примаков Е. А. Результаты исследований в области прикладной и системной экологии в РГГМУ // Гидрометеорология и экология. - 2020. - № 60. - С. 306–324.
2. Белякова А. М., Зуева Н.В. Оценка качества воды городской реки по гидрохимическим индексам (река Охта, Санкт-Петербург)// Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2021. – № 9. – С. 72-84.
3. Фураева Д.И., Урсова, Е. С. Высокие и экстремально высокие уровни загрязненности реки Охта и её притоков в летний период. Северная Пальмира: сборник научных трудов IX Молодежной экологической конференции. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, 2018. – С. 121-125.

УДК 613.693

ГРНТИ 76.35.29

### КОСМИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

*Л.Ю. Корнилова<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>ГАПОУ КМК, Апатиты, Россия, lorik197508@mail.ru

<sup>2</sup>Филиал МАГУ в г. Апатиты, Апатиты, Россия, lorik197508@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние невесомости на состояние организма и здоровье человека. На борту космического корабля или станции, астронавт выполняет свою профессиональную деятельность в весьма экстремальных условиях. На его организм воздействуют внешние факторы, наиболее важными из которых для организма и выносливости являются гравитация и ионизирующая радиация.

**Ключевые слова:** невесомость, сила тяжести, гравитация, космос, медицина, срочные реакции.

### SPACE MEDICINE

*L.Y. Kornilova<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>SAPEI KMC, Apatity, Russia, lorik197508@mail.ru

<sup>2</sup>MASU branch in Apatity, Apatity, Russia, lorik197508@mail.ru

**Annotation.** The paper considers the effect of weightlessness on the human body and health. An astronaut performs his (or her) professional activities in very extreme conditions aboard the spacecraft or space station. The body is affected by external factors, the most important of which for the body and endurance are gravity and ionizing radiation.

**Keywords:** weightlessness, gravity, gravitation, space, medicine, urgent reactions.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Космонавтика на сегодняшний день очень плодотворна, она является центральной сферой, позволяющей результативно осуществлять значимые научные, практические, исследовательские, метеорологические, общемедицинские и другие программы.

В настоящее время не решены основные медицинские вопросы, связанные с участием человека в осуществлении проектов космоса. Шансы освоения межзвездного пространства в огромной мере будут зависеть от роста не только применяемой техники, но и от медицины, физиологии и биологии.

С начала космической эпохи пройдено огромное расстояние. Основным, с точки зрения оценки результатов, является вопрос об возможных методах и средствах, какими являются стратегия и тактика, которые позволяют людям все увереннее чувствовать себя в космических дальях. Исследованная российскими учеными политика заключалась в методичном, поэтапном повышении времени надежного пребывания человека в космосе без ущерба для его организма и с сохранением достаточного уровня работоспособности для выполнения той или иной программы полета.

В настоящее время в космосе снимают художественные и научные фильмы. В 2008 году на борту Международной космической станции снимали научно-фантастический художественный фильм «Апогей страха».

В 2016 году впервые в космосе на борту Международной космической станции состоялись киносъемки для художественного фильма. «М. Корниенко и А. Борисенко стали первыми космонавтами в истории, сыгравшими роли в полнометражном художественном фильме и снявшими материал на орбитальной станции. «Роскосмос» не был против. Мы еще собираемся занести факт съемок на МКС в британскую Книгу Гиннеса», - рассказал в интервью Тимур Бекмамбетов. Правда, все это стоило больших денег, а в Книгу Гиннеса они так и не попали.

Но есть вероятность, что в нее попадет полет режиссера Клим Шипенко и актрисы Юлии Пересильд, которые прошли серьезную предполетную подготовку, длившуюся несколько месяцев. Своим примером они показали возможность полета в космос представителей любой профессии.

На борту космического корабля или станции астронавт выполняет свою профессиональную деятельность в весьма экстремальных условиях. На его организм воздействуют внешние факторы, наиболее важными из которых для организма и выносливости являются гравитация и ионизирующая радиация. В самом корабле пилот находится в принужденной среде с заданным химическим составом и другими показателями атмосферы, создаваемыми с помощью систем жизнеобеспечения, работающих сегодня на основе физико-химических технологий. Деятельность и нахождение человека в такой вредной для здоровья среде, вместе с влиянием на него факторов космического полета, вызывают большую лишнюю нагрузку на организм. Именно невесомость является

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

единственным фактором, вызывающим в полете развитие особых изменений в организме человека.

Приспособленность человека к невесомости сопровождается развитием быстрых и долговременных адаптивных реакций, направленных на сохранение разных функций организма и приводящих к физиологическому и, частично, структурному изменению организма.

Срочные реакции, связанные с изменением в невесомости объема и системы сигналов, поступающих в центральную нервную систему от различных структур, направлены на восстановление их нормального соотношения, а не полное перемещение крови в верхнюю часть тела, включают приборы, обеспечивающие создание естественных условий кровенаполнения в области грудной клетки и головы (ускоренное выведение жидкости из организма, изменение тонуса сосудов и т.п.). В результате этого восстанавливается баланс в системе среда-организм, дающий уровень деятельности, который необходим для реализации программы полета.

Долговременные адаптивные реакции могут проявляться при существенном нахождении в невесомости, развитием новых или изменением уже имеющихся функциональных систем, приспособляющимися к необычным условиям жизнедеятельности. При этом, из-за снижения нагрузки на опорно-двигательный аппарат происходит утрата свойств и способностей, приобретенных человеком в процессе индивидуального развития и жизни в условиях влияния земной силы тяготения. Приспособление к ситуации невесомости является вредным результатом для организма. Вследствие даже малой нагрузки меняется структура мышечных волокон, развивается ослабление некоторых групп скелетных мышц, остеопороз костной ткани. В целом, возникает прекращение деятельности механизмов, ответственных за поддержание вертикальной позы и выполнение движений в условиях Земли, а также нормализация тонуса сосудов.

Одновременно устанавливается новый уровень результатов метаболизма, водно-солевого баланса, сердечно-сосудистой и других систем. Но эти факторы на уровне организма, возможно, связаны с изменением регуляции под влиянием новой физической среды обитания, а не с повреждающим влиянием невесомости на организм человека. Без использования бортового комплекса средств профилактики вредного влияния невесомости космонавты все больше и больше адаптируются к положению, но все больше и больше теряют привычку от условий, в которых им предстоит жить на Земле. При возвращении космонавтов на Землю появляются острые реакции организма человека, вызванные гравитацией - ортостатические нарушения, неспособность поддержания вертикальной позы при движении и бездействии с более выраженными симптомами и упадком всей деятельности в сравнении с переходом к невесомости.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Поэтому, основным методом, проводимым в космическом полете, предупредительных мероприятий является противодействие адаптации к невесомости. Ношение космонавтами нагрузочных скафандров создает осевую нагрузку на тело, что вызывает определенную степень изменения и стимуляцию рецепторов опорно-двигательного аппарата. Физические тренировки направлены на поддержание подготовленности наиболее важных систем и сохранение выносливости организма, стимуляцию некоторых групп рецепторов и защиту двигательных навыков.

Важное значение имеет моделирование в невесомости с помощью физических средств эффекта гидростатического давления крови, задержка жидкости в организме и препятствование хранению её в нижних конечностях. Реализация в полетах набора профилактических действий в полном объеме ослабляет вызванные невесомостью защитные сдвиги со стороны разных систем организма и понижает уровень реакций организма при переходе к условиям гравитации.

Таким образом, в ближайшем будущем начнет реализовываться ряд важных космических программ, которые направлены на повышение уровня жизни в космосе и на Земле. Разрабатываются более серьезные требования, направленные на сохранение здоровья космонавтов, защиты полезной профессиональной деятельности и большей работоспособности пилотов, для увеличения длительности космических экспедиций, объема деятельности вне корабля и различных работ, усложнением исследовательской деятельности. При проведении экспедиций в космическое пространство сильно вырастет риск в сравнении с пребыванием на орбитах около Земли. Поэтому многие проблемы медицины и биологии будут решаться с учетом новых явлений. И все это позволит обеспечить удачное решение далеко идущих задач, стоящих перед космонавтикой, а также внесет важный вклад в развитие здравоохранения.

### Список литературы

1. Баранов, В. Эксперимент SFINCSS в интересах МКС / В. Баранов, Е. Демин // Аэрокосмический курьер. - 2000. - №5.
2. Газенко, О.Г. Космическая биология и медицина на пороге 21-го века. / О.Г. Газенко, А.И. Григорьев, Д.К. Малашенков. - URL: [http://www.imbp.ru/webpages/win1251/articles/2000/KBM-21\\_r.html/](http://www.imbp.ru/webpages/win1251/articles/2000/KBM-21_r.html/).
3. Какасьева А. Тестируем космос: какую технику для космонавтов делают в Новочеркасске. - URL: <https://www.rostov.kp.ru/daily/27377/4571767/>.

УДК 581.55(251)  
ГРНТИ 34.29.35

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОДЗОНЫ ГИПОАРКТИЧЕСКИХ ТУНДР ЮЖНОГО ЯМАЛА

*Е.М. Копцева<sup>1</sup>, О.И. Сумин<sup>1</sup>, М.В. Кременецкая<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,  
e.koptseva@spbu.ru

**Аннотация.** Спектр экологических групп сосудистых растений по отношению к увлажнению проанализирован по 60 описаниям сообществ кустарничковых и ерниковых тундр, ивняков, ольховников, луговин и травяно-моховых болот. Для всех типов сообществ, кроме болот, характерно высокое участие мезофитов и эвритопов: первые преобладают численно, а вторые господствуют с максимальным коэффициентом участия. Выявленное высокое ценотическое значение видов-эвритопов может обеспечивать «запас прочности» сообщества в меняющихся условиях среды.

**Ключевые слова:** экологические группы, увлажнение, растительность, тундры, Арктика.

## ECOLOGICAL STRUCTURE OF PLANT COMMUNITIES IN THE HYPOARCTIC TUNDRA OF THE SOUTHERN YAMAL

*E.M. Koptseva<sup>1</sup>, O.I. Sumina<sup>1</sup>, M.V. Kremenetskaia<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia, e.koptseva@spbu.ru

**Abstract:** The analysis of the vascular plants ecological groups in relation to moistening was carried out on the 60 relevés of dwarf shrub tundra and dwarfbirch tundra, willows, alder bushes, meadows and grass-mosses mires. All types of communities except mires are characterized by a high participation of mesophytes and eurytopes, if the first ones prevail numerically, then the second ones dominate with the high abundance and frequency. The revealed high coenotic importance of eurytome species can provide a sustainability of the community in changing environmental conditions.

**Key words:** ecological groups, moistening, vegetation, tundra, Arctic.

Растительность тундровой зоны испытывает значительное воздействие как вследствие изменений климата, так и интенсивного индустриального освоения. Регенеративный потенциал наземных экосистем определяется растениями-продуцентами, образующими растительные сообщества. Устойчивость и самовосстановление последних в большой степени зависит от их экологической структуры (ЭС). Сообщества со сходной ЭС могут иметь разный видовой состав.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Небольшое разнообразие Арктической флоры компенсируется высокой концентрацией видов конкретных флор в тундровых сообществах [2]: в разных местообитаниях набор видов может совпадать, различаясь обилием видов разных экологических групп (ЭГ). Знание ЭС позволяет оценить соответствие растительности актуальным условиям среды и прогнозировать ее динамику под влиянием природных и антропогенных факторов.

Влагообеспеченность – один из ведущих факторов, определяющий приспособленность тундровых сообществ к среде на ценотическом уровне. Задача данного пилотного исследования – сравнительный анализ ЭС сообществ по отношению к увлажнению в подзоне *гипоарктических тундр*.

В районе пос. Паюта (ЯНАО) обследованы тундры кустарничковые мохово-лишайниковые (Кчк.т.) и ерниковые лишайниково-моховые (Ерн.т.), а также сообщества травяно-моховых болот (Б.тр.), разнотравных луговин (Лг.), травяных ивняков (Ив.тр.) и ольховников (Ол.тр.). 60 геоботанических описаний (около 10 в каждом типе сообществ) делали по традиционной методике на пробных площадях 25 м<sup>2</sup>. По описаниям для каждого типа сообществ составлен общий список видов сосудистых растений. Отнесение их к ЭГ дано по Н.А. Секретаревой [3]. Долю каждой ЭГ определяли, как процент видов этой ЭГ от списка сосудистых данного типа сообществ. Коэффициент участия [1] ЭГ, учитывающий проективное покрытие и встречаемость видов, рассчитывали для совокупности описаний каждого типа сообществ. Индекс доминирования определяли, как отношение числа описаний, где вид доминировал, к общему числу описаний данного типа сообществ. *Названия растений приводятся в соответствии с International Plant Names Index (IPNI).*

Общее число видов сосудистых растений сильно варьирует: в тундрах и ивняках – средние показатели, наименьшие – в ольховниках и на болотах, наибольший – в пестрых по составу луговинах (табл. 1). Малое число видов в травяных ольховниках связано с высокой сомкнутостью верхнего яруса, создающего затенение; на болотах – с избыточным застойным увлажнением.

Таблица 1. – Сосудистые растения в сообществах района исследований

Название сообществ	Кчк.т.	Ерн.т.	Б.тр.	Лг.	Ив.тр.	Ол.тр.
Число описаний	10	11	11	16	10	6
Всего видов сосудистых	58	48	32	79	56	23
Среднее число видов сосудистых в описании	17	13	11	20	16	9
Число экологических групп	8	7	5	8	8	7

Примечание: Сокращения – в тексте.

В *кустарничковых и ерниковых* тундрах состав ЭГ в целом сходен (рис.), различаясь меньшим участием видов с ксероморфными чертами в более влажных ерниковых тундрах. Наибольший процент списка приходится на мезофиты и эвритопы, однако коэффициент участия последних значительно выше (44-49% против 25-29%). В прочих сообществах коэффициент участия эвритопов также

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

максимален за исключением болот, где наибольшие значения у гигро-гидрофитов и гигрофитов. Ожидаемо высокий процент мезофитов в сообществах луговин, ивняков и ольховников не совпадает с коэффициентом участия этой ЭГ. Наименьшее число ЭГ в сообществах болот (табл. 1) связано со спецификой гидрологического режима. Однако даже на фоне преобладания влаголюбивых видов эвритопы составляют около 25% списка, что можно оценить, как ресурс для самоподдержания сообщества при нарушении увлажнения.

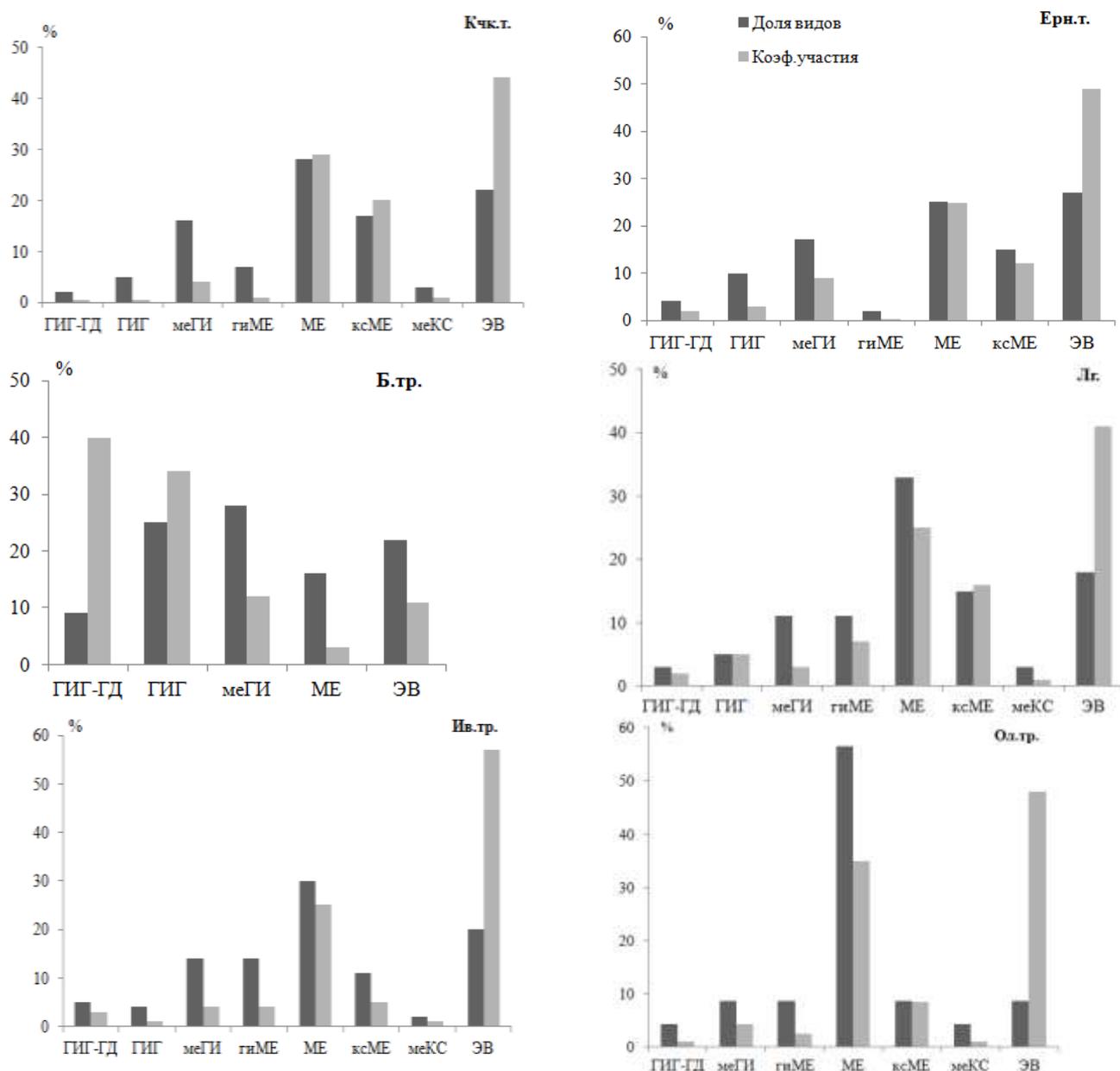


Рисунок. Соотношение экологических групп по фактору «увлажнение» в сообществах района. Светло-серым показана доля (%) видов ЭГ; темно-серым – коэффициент участия. ГИГ-ГД – гигро-гидрофиты, ГИГ – гигрофиты, меГИ – мезогигрофиты, гиМЕ – гигромезофиты, МЕ – мезофиты, ксМЕ – ксеромезофиты, меКС – мезоксерофиты, ЭВ – эвритопы.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ  
И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

В сообществах тундр половина доминантов – эвритопы (табл. 2), есть мезофиты, ксеромезофиты (в сухих кустарничковых) и мезогигрофит (в сырых ерниковых). В ивняках и ольховниках доминируют эвритопные кустарники и хвощ, остальные доминанты преимущественно мезофиты. В сообществах луговин 3 вида-доминанта из разных ЭГ: эвритоп, мезофит, ксеромезофит. В болотах доминируют только влаголюбивые травы.

Таблица 2. – Индексы доминирования (%) господствующих видов в сообществах

Название сообществ	Кчк.т	Ерн.т.	Ив.тр.	Ол.тр.	Лг.	Б.тр.
Доля видов-доминантов, %	12	13	11	26	4	19
Эвритопы:						
<i>Betula nana</i>	30	43				
<i>Vaccinium uliginosum</i> ssp. <i>microphyllum</i>	10	43				
<i>Ledum decumbens</i>	30					
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> ssp. <i>minus</i>	10					
<i>Salix phylicifolia</i>		14	34			
<i>S. glauca</i>			34			
<i>Equisetum arvense</i> ssp. <i>boreale</i>			100	50	100	
<i>Duschekia fruticosa</i>				100		
Ксеромезофиты:						
<i>Salix nummularia</i>	30					
<i>Arctous alpina</i>	30					
<i>Tanacetum bipinnatum</i>					30	
Мезофиты:						
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	50	28				
<i>Carex arctisibirica</i>		14				
<i>Veratrum lobellianum</i>			17	25	23	
<i>Calamagrostis langsdorffii</i>			17	50		
<i>Salix lanata</i>			17			
<i>Rubus arcticus</i>				25		
Мезогигрофиты:						
<i>Viola epipsiloides</i>				25		
<i>Rubus chamaemorus</i>		14				14
Гигрофиты:						
<i>Carex rariflora</i>						57
<i>Dupontia fisheri</i>						14
<i>Eriophorum angustifolium</i>						14
Гигро-гидрофиты:						
<i>Carex aquatilis</i> ssp. <i>stans</i>						43
<i>Comarum palustre</i>						43

Полученные результаты свидетельствуют о высокой ценотической роли в сообществах гипоарктических тундр видов с широкой экологической амплитудой (эвритопов), что указывает на определенный «запас прочности» растительности в меняющихся условиях среды. При численном преобладании

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

мезофитов, эвритопы доминируют в сообществах с максимальным коэффициентом участия. Единственное исключение – болота, где господствуют влаголюбивые виды, но и в них 25% сосудистых растений – эвритопы.

### Список литературы

1. Ипатов В. С., Мирин Д. М. Описание фитоценоза: Методические рекомендации: Учебно-методическое пособие. – СПб., 2008. – 71 с.
2. Матвеева Н. В. Зональность в растительном покрове Арктики. // Труды Ботанического института РАН. Вып. 21. - СПб., 1998. – 220 с.
3. Секретарёва Н. А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий: Монография. – М., 2004. – 131 с.

УДК: 575.113

ГРНТИ: 34.23.23

### СОПРЯЖЕННОСТЬ ХРОНОТИПА С УРОВНЕМ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ГЕНОМА У ПОДРОСТКОВ

*Р.Е. Михайлов*

Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике, (филиал) КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия, mikhaylov@medknc.ru

**Аннотация:** В данной работе представлены результаты оценки сопряженности уровня дестабилизации генома в буккальном эпителии человека с хронотипом. Исследование проведено на группе здоровых студентов 16-19 лет. Согласно опроснику Хорна-Остберга, 80,4% опрошенных относятся к промежуточный хронотипу, к утреннему и вечернему 8,7% и 10,9% соответственно. У представителей утреннего хронотипа наблюдается большее количество нарушений пролиферации, встречаемость других нарушений имеет сходный уровень значений.

**Ключевые слова:** хронотип, цитогенетика, микроядро.

### ASSOCIATION OF CHRONOTYPE WITH THE LEVEL OF GENOME DESTABILIZATION IN ADOLESCENTS

*R.E. Mikhaylov*

Research Centre for Human Adaptation in the Arctic (branch) KSC RAS, Apatity, Russia, mikhaylov@medknc.ru

**Abstract:** This paper presents the results of assessing the association between the level of genome destabilization in human buccal epithelium and the chronotype. The study was conducted on a group of healthy students aged 16-19. According to the

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Horn-Ostberg questionnaire, 80.4% of the respondents belong to the intermediate chronotype, 8.7% and 10.9% to the morning and evening chronotype, respectively. Representatives of the morning chronotype have a greater number of proliferation disorders, the occurrence of other disorders has a similar level of values.

**Keywords:** chronotype, cytogenetics, micronucleus.

Хронотип человека определяет суточную динамику физиологических процессов, протекающих в организме (время пробуждения и засыпания, выделение гормонов, изменение ритмов артериального давления) и его способность к адаптации. Ключевым фактором настройки циркадных ритмов является утреннее освещение [1]. В Арктических регионах проблема десинхронизации усугубляется наличием полярного дня и ночи. При недостаточном уровне освещения в утренние часы в условиях полярной ночи, возникает фазовая задержка циркадианных ритмов. Результатом этого может стать смещение времени отхода ко сну на более позднее время, что в силу социальной необходимости (работы/учебы) приводит к сокращению продолжительности и фрагментация сна. Этим частично объясняется учащение случаев депрессии и инсомий в зимнее время, а также сезонного аффективного расстройства у проживающих на территориях Арктики [2].

### **Материалы и методы**

Исследование проводилось в период 21-27 ноября 2019 года на группе здоровых (на момент обследования) студентах Кольского медицинского колледжа, в возрасте 16-19 лет. Определение хронотипа проводилось использованием опросника Хорна-Остберга. Для анализа нарушений сна были использованы Индекс выраженности бессонницы (ISI) и шкала Эпворта для выявления дневной сонливости. Оценка цитогенетического статуса проводили на основании анализа частоты встречаемости микроядер и других нарушений генетического материала в клетках буккального эпителия. Препараты готовили в соответствии с методическими указаниями, микроскопический анализ проводили с применением микроскопа LOMO Micmed при увеличении 10 x100 с масляной иммерсией согласно Международному протоколу [3].

### **Результаты и обсуждения**

В итоговую группу обследования вошли 46 студентов женского пола, возрастом 16-19 лет, проживающих в общежитии, не имеющих онкологических и психических заболеваний в анамнезе, и не болевших простудными заболеваниями за 2 месяца до обследования. Для каждого участника был определен хронотип, с использованием опросника Хорна-Остберга. Большинство опрошенных, 37 человек, обладают промежуточным хронотипом, к утреннему и вечернему относятся 5 и 4 человека соответственно. Преобладание промежуточного хронотипа и единичная встречаемость вечернего противоречит литературным данным. Это может объясняться

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

соблюдением режима дня, либо выбранный тест для определения хронотипа плохо подходит для данной возрастной группы.

Анализ дневной сонливости по шкале Эпворта (табл. 1) показал наличие умеренной сонливости для всех групп, аномальная сонливость наблюдается только у представителей утреннего и промежуточного хронотипов. Индекс выраженности бессонницы (ISI) показал, что наибольший процент людей с легким нарушением сна характерен для утреннего хронотипа.

Таблица 1. – Нарушение сна в группах с разным хронотипом %

	Утренний	Промежуточный	Вечерний
шкала сонливости Эпворта			
Норма	20	32,4	25
Умеренная сонливость	60	62,2	75
Аномальная сонливость	20	5,4	0
Индекс ISI			
Норма	40	51,4	50
Лёгкое нарушение сна	60	35,1	50
Умеренное нарушение сна	0	13,5	0

Преобладание умеренной и нормальной сонливости, а также серьёзных нарушений сна может объясняться юным возрастом обследуемых и свидетельствует о значительных адаптационных резервах организма.

Анализ цитогенетических нарушений показал сходные для всех групп значения встречаемости клеток с микроядрами 6-6,8‰ (табл. 2), что несколько выше данных в литературных источниках [4], возможно это связано с гормональными перестройками в организме подростков.

Таблица 2. – Средние значения цитогенетических нарушений в клетках буккального эпителия, ‰

	Утренний	Промежуточный	Вечерний
Аномалии ядра, ‰			
Частота клеток с микроядрами	6	6,8	6,3
Частота клеток с протрузиями	2,4	2,7	1,8
Нарушения пролиферации, ‰			
Частота клеток с двумя ядрами	22,4	16,9	18,5
Частота клеток с круговой насечкой	4	3	1,5
Стадии деструкции ядра, ‰			
Дифференцированные клетки с нормальным ядром	722,6	736,6	756,8
Ранняя (конденсация хроматина)	99,4	90,1	73
Поздняя (кариолизис, кариорексис, кариопикноз, фрагментация ядра)	178	173,3	170,3

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Для оценки степени нарушения пролиферации клеток буккального эпителия при проведении анализа препаратов учитывались клетки с двумя ядрами и клетки с круговой насечкой ядра. Полученные данные свидетельствуют о том, что общие показатели нарушения пролиферации выше для обладателей утреннего хронотипа, в то время как у представителей промежуточного и вечернего хронотипов эти показатели имеют близкие значения.

Определение уровня интенсивности обновления буккального эпителия проводилась с помощью оценки кариологических показателей различных стадий деструкции ядра. Показано, незначительное отличие между группами в частоте встречаемости дифференцированных клеток буккального эпителия с нормальным ядром. Для клеток на поздней стадии деструкции ядра сохраняется та же тенденция. Клетки на ранней стадии деструкции ядра в основном представлены клетками с конденсацией хроматина в ядре. По данному показателю минимальные значения получены для вечернего хронотипа, а максимальные - для утреннего.

В ходе исследования не было выявлено статистически достоверных различий в нарушениях сна у представителей разных хронотипов, что вероятно связано с малой представленностью утреннего и вечернего типа. Цитогенетический анализ на клетках буккального эпителия, несмотря на проблему с размером выборок, выявил тенденцию, что у обладателей вечернего хронотипа в целом встречается меньше аномалий ядра и нарушений пролиферации, что может являться свидетельством большей приспособленности представителей данного хронотипа к сезонным перепадам продолжительности светового дня.

### Список литературы

1. Арушанян Э.Б. Хронофармакология. - Ставрополь: Изд-во СГМА, 2000. -422с.
2. Губин Д.Г., Коломейчук С.Н. Точность биологических часов, хронотип, здоровье и долголетие // Хрономедицинский журнал. (Тюменский медицинский журнал). - 2019. - Т. 21, № 2. - С. 14-27. DOI: 10.36361/2307-4698-2019-21-2-14-27.
3. Кривцова Е.К., Юрченко В.В., Ингель Ф.И., Юрцева Н.А., Сеницына Е.Р., Макарова А.С. Применение цитомного анализа буккального эпителия в системе гигиенической оценки условий обучения студентов разных факультетов одного вуза // Гигиена и санитария. - 2018. - №2.
4. Кривцова Е.К., Юрченко В.В., Ингель Ф.И., Юрцева Н.А., Сеницына Е.Р., Макарова А.С. Применение цитомного анализа буккального эпителия в системе гигиенической оценки условий обучения студентов разных факультетов одного вуза. // Гигиена и санитария. - 2018. - №97(2). - С. 179-187.

УДК 551.464 (268.52)  
ГРНТИ 87.19

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЕ КАРСКОГО МОРЯ

*О.Н. Мохова<sup>1</sup>, Р.А. Мельник<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Архангельск, Россия, [mohova@pinro.ru](mailto:mohova@pinro.ru)

**Аннотация.** В работе использованы результаты гидролого-гидрохимических исследований, выполненных в осенний период 2015 г. в Байдарацкой губе Карского моря. В качестве гидрологических параметров воды представлены температура и соленость, гидрохимических – кислород, БПК<sub>5</sub> и биогенные вещества. Проанализированные данные по насыщению кислородом характеризуют воды губы как «очень чистые». На обследованной акватории концентрации БПК<sub>5</sub> и нормируемых биогенных соединений не превышали установленный норматив.

**Ключевые слова:** Карское море, Байдарацкая губа, гидрологические и гидрохимические параметры.

RESULTS OF HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL  
INVESTIGATIONS IN THE BAYDARATSKA BAY OF THE KARA SEA

*O.N. Mokhova<sup>1</sup>, R.F. Melnik<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Northern Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «VNIRO», Arkhangelsk, Russia

**Abstract.** The paper uses the results of hydrological and hydrochemical studies carried out in the autumn of 2015 in the Baidaratskaya Bay of the Kara Sea. Temperature and salinity are presented as hydrological parameters of water, oxygen, BOD<sub>5</sub> and biogenic substances are presented as hydrochemical parameters. The analyzed data on oxygen saturation characterize the waters of the bay as «very clean». In the surveyed water area, the concentrations of BOD<sub>5</sub> and normalized biogenic compounds did not exceed the established standard.

**Keywords:** Kara Sea, Baydaratskaya Bay, hydrological and hydrochemical parameters.

В сентябре 2015 г. были проведены гидролого-гидрохимические исследования акватории Байдарацкой губы Карского моря для оценки ее экологического состояния.

Байдарацкая губа – один из крупнейших заливов Карского моря, в его юго-западной части, между Югорским полуостровом и полуостровом Ямал. В залив впадает порядка 70 рек. Длина губы около 180 км, ширина у входа 78 км, глубина до 20 м. В акватории Байдарацкой губы расположено пять островов:

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Литке, Нгонярко, Полумесяц, Левдиев, Торасовэй. По дну Байдарацкой губы проложены подводные газопроводы, которые связывают крупнейшие газовые месторождения Ямала [1].

Исследовательские работы выполнялись на 4 станциях (рис. 1), измеряли следующие параметры водной среды: температуру, соленость, насыщение кислородом, содержание кислорода и БПК<sub>5</sub>, концентрацию биогенных веществ – азота нитритного, аммонийного, нитратного, фосфора фосфатного, кремния.

Отбор проб осуществлялся из поверхностного и придонного горизонтов. Химические анализы выполнялись общепринятыми в гидрохимической практике методами [2, 3]. Оценку экологического состояния вод проводили по показателю предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>р/х</sub>) [4].

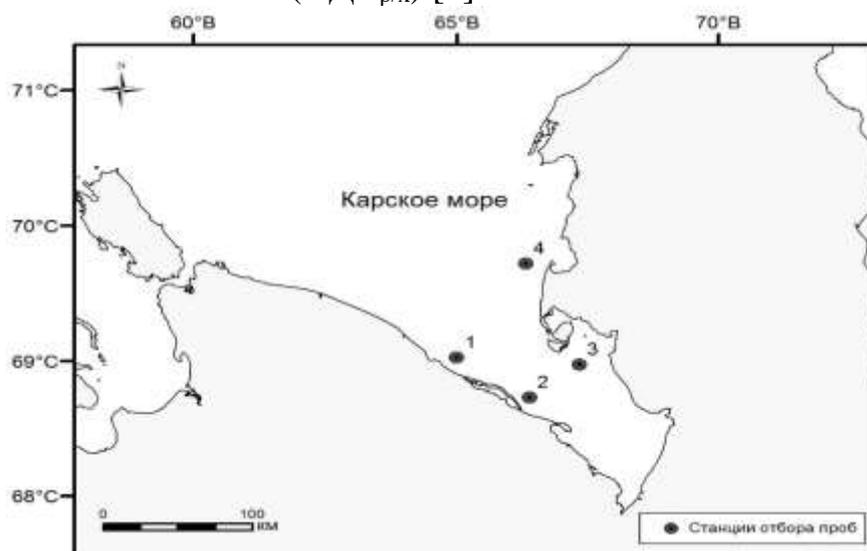


Рисунок 1 – Схема расположения станций в Байдарацкой губе Карского моря

На прибрежных станциях в Байдарацкой губе с глубинами от 13 до 18 м отмечалась гомотермия и гомохалинность от поверхности до дна. Температура воды варьировала от 7,3 до 8,8 и 8,7 °С в поверхностном и придонном слое соответственно (рис. 2), максимальные значения были отмечены у о. Левдиев. Интервал колебаний солености составил 28,2-30,3 на поверхности и у дна с максимумом на станции в северо-восточной части на выходе из губы.

Распределение кислорода и насыщенность им морских вод Байдарацкой губы менялись незначительно, средняя насыщенность в поверхностном горизонте – 102 %, в придонном – 101 % (табл. 1). Согласно классификации [5] по кислородонасыщению воды относятся к категории «очень чистые».

Величины параметра БПК<sub>5</sub>, служащего индикатором наличия легкоокисляемой органики, изменялись в диапазоне 1,14-1,78 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на поверхности и 0,87-1,18 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у дна, что не превышало ПДК<sub>р/х</sub> и свидетельствовало о снижении интенсивности биохимических процессов. По данному показателю на обследованных станциях воды классифицируются как «очень чистые», «чистые» [5].

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

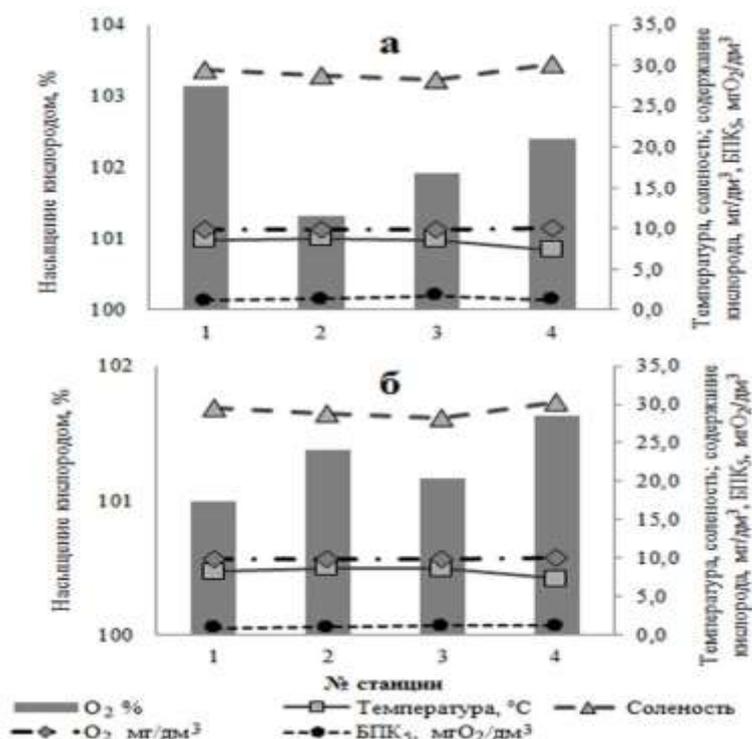


Рисунок 2 – Изменение температуры, солёности, насыщения кислородом, содержания кислорода и БПК<sub>5</sub> в водах Байдарацкой губы осенью 2015 г.

Таблица 1. – Гидрологические и гидрохимические характеристики в водах Байдарацкой губы осенью 2015 г.

Показатели	Поверхностный горизонт	Придонный горизонт
Температура, °С	<u>7,3-8,8</u> 8,3±0,7	<u>7,3-8,7</u> 8,2±0,6
Солёность	<u>28,2-30,3</u> 29,2±0,9	<u>28,2-30,3</u> 29,2±0,9
Кислород, мг/дм <sup>3</sup>	<u>9,79-10,12</u> 9,95±0,14	<u>9,82-10,06</u> 9,89±0,11
Кислород, % насыщения	<u>101-103</u> 102±1	<u>101-102</u> 101±0
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	<u>1,14-1,78</u> 1,38±0,28	<u>0,87-1,18</u> 1,04±0,16
Азот нитратный, мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,011-0,015</u> 0,012±0,002	<u>0,011-0,012</u> 0,012±0,001
Фосфорфосфатный, мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,015-0,021</u> 0,018±0,003	<u>0,023-0,032</u> 0,026±0,004
Кремний, мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,065-0,107</u> 0,090±0,018	<u>0,067-0,110</u> 0,099±0,021

Примечание: в числителе – минимум-максимум, в знаменателе – среднее ± стандартное отклонение

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

На обследованной акватории губы количество нитритного и аммонийного азота было очень низким – до  $0,02 \text{ мг/дм}^3$ , содержание азота нитратного варьировало незначительно от  $0,011$  до  $0,015 \text{ мг/дм}^3$  и от  $0,011$  до  $0,012 \text{ мг/дм}^3$  в поверхностном и придонном слое соответственно. Концентрации фосфора фосфатного в исследованных пробах воды колебались в узких пределах – от  $0,015$  до  $0,021 \text{ мг/дм}^3$  на поверхности от  $0,023$  до  $0,032 \text{ мг/дм}^3$  у дна. Диапазон колебаний кремния более широк – от  $0,065$  до  $0,107 \text{ мг/дм}^3$  в поверхностном горизонте и от  $0,067$  до  $0,110 \text{ мг/дм}^3$  в придонном. Минимальные показатели отмечались на станции в северо-восточной части на выходе из губы.

В целом, в период исследований состояние водной среды в Байдарацкой губе Карского моря по изученным параметрам отвечало требованиям рыбохозяйственных водоемов и было благополучным для обитающих промысловых биоресурсов.

На обследованной акватории количество кислорода менее  $6 \text{ мг/дм}^3$  на поверхности и у дна воды не наблюдалось, показатели БПК<sub>5</sub> были ниже ПДК<sub>р/х</sub>. Концентрации нормируемых биогенных соединений не превышали установленный норматив. Минимальное содержание биогенных веществ фиксировалось в северо-восточной части на выходе из губы.

### Список литературы

1. Байдарацкая губа. – Текст: электронный // Википедия: Свободная энциклопедия [сайт]. – URL: <https://clck.ru/eKEog> (Дата обращения 23.03.2022).
2. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. – Москва: ВНИРО, 1988. – 119 с.
3. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов Мирового океана. – Москва: ВНИРО, 2003. – 202 с.
4. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10.03.2020 г.): приказ Минсельхоза РФ от 13.12.2016 г. № 552 // Министерство юстиции РФ. 2016 г. № 45203. – Москва, 2016. – 128 с.
5. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы / Т.В. Гусева Я.П., Молчанова, Е.А. Заика [и др.]. – Москва: «Эколайн», 2000. – 74 с.

УДК 579.61

**БАКТЕРИАЛЬНЫЙ МИКРОБИОЦЕНОЗ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ  
НОСА У БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКОЙ ПОЧЕЧНОЙ  
НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ**

*А.В. Никанова<sup>1</sup>, А.А. Китаева<sup>2</sup>, З.С. Попова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Мурманский арктический государственный университет, филиал в г.Апатиты;

<sup>2</sup>Средняя общеобразовательная школа № 5, г. Кировск, kitaeva.aleksa@mail.ru

<sup>3</sup>ГБОУЗ «Апатитско-Кировская центральная городская больница, лаборатория клинической микробиологии, popova.zs@yandex.ru.

**Аннотация.** Проведено изучение микрофлоры слизистой оболочки носа в динамике лечения программным гемодиализом больных разных возрастных групп взрослого населения с хронической почечной недостаточностью (ХПН). Обследовано 39 больных с хронической болезнью почек в возрасте от 28 до 79 лет, проживающих в Мурманской области, проходивших лечение программным гемодиализом стационарно. Для оценки микрофлоры слизистой оболочки носа проводили посев микроорганизмов на питательную дифференциально-диагностические среду – кровяной агар. Определение видовой принадлежности микроорганизмов проводили общепринятыми микробиологическими методами. Микрофлора слизистой оболочки носа у всех обследованных суммарно была представлена 4 родами факультативно-анаэробных микроорганизмов: стафилококки, стрептококки, нейссерии, коринебактерии. Устойчивое угнетение нормофлоры начинает диагностироваться у всех пациентов при продолжительности лечения гемодиализом уже до 5 лет, и такая тенденция проявляется и сохраняется в течение последующих курсов гемодиализа до 10 лет во всех возрастных категориях больных.

**Ключевые слова:** микрофлора, гемодиализ, хроническая почечная недостаточность/

**BACTERIAL MICROBIOCENOSIS OF THE NASAL MUCOSA IN  
PATIENTS WITH CHRONIC RENAL INSUFFICIENCY**

*A.V. Nikanova<sup>1</sup>, A.A. Kitaeva<sup>2</sup>, Z.S. Popova<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Murmansky Arctic State University, branch in Apatity;

<sup>2</sup>Secondary general education school N. 5, Kirovsk, kitaeva.aleksa@mail.ru

<sup>3</sup>GOBUZ "Apatitsko-Kirov Central City Hospital, Laboratory of Clinical Microbiology, popova.zs@yandex.ru

**Annotation:** The study of the microflora of the nasal mucosa in the dynamics of treatment with programmed hemodialysis in patients of different age groups of the adult population with chronic renal insufficiency (CRF) was carried out. 39 patients

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

with chronic kidney disease aged from 28 to 79 years, living in the Murmansk region, who were treated with programmed hemodialysis inpatient For evaluation of the microflora of the nasal mucosa, microorganisms were seeded on a nutrient differential diagnostic medium - blood agar. The determination of the species of microorganisms was carried out by generally accepted microbiological methods. The microflora of the nasal mucosa in all examined patients was represented in total by 4 genera of facultative anaerobic microorganisms: staphylococci, streptococci, neisseria, corynebacteria. Stable suppression of the normoflora begins to be diagnosed in all patients with the duration of hemodialysis treatment for up to 5 years, and this trend manifests itself and persists during subsequent courses of hemodialysis for up to 10 years in all age categories of patients.

**Keywords:** microflora, hemodialysis, chronic renal failure

Полость носа является не только начальным отделом дыхательных путей, но и основополагающим барьером, сдерживающим колонизацию микроорганизмами слизистой оболочки носа, устойчивость которой в значительной степени обеспечивается общей естественной резистентностью организма, секрецией ферментов, обладающих бактерицидным действием. Микрофлора носа характеризуется меньшим видовым разнообразием, незначительным представительством микробов, участвующих в формировании ассоциаций, отражающих индигенную и факультативную нормальную микрофлору. При этом, определяющими факторами, не только видового состава микрофлоры и проявления толерантности микроорганизмов к биологическим факторам среды, становятся возраст, пол, природа заселяющих открытую экологическую нишу микроорганизмов и их взаимодействия в ассоциациях, иммунологический статус организма и практически любое хроническое патологическое состояние. Изменения в его составе могут быть как причиной, так и следствием разных заболеваний [4]. Установлено существенное различие в пародонтологическом статусе у больных, страдающих ХПН, независимо от нахождения их на диализной терапии [3].

В исследованиях Н.В. Белобородовой показано, что разрушение симбиозов неизбежно сопровождается микробной трансформацией метаболизма, то есть неполным превращением органических соединений ферментами микроорганизмов, с последующим накоплением в организме больного продуктов этого превращения [2].

К тому же экспериментальные исследования слизистой оболочки животных при хроническом гломерулонефрите подтвердили влияние заболевания почек на состояние слизистой оболочки полости носа [1].

Однако сведения о микрофлоре слизистой полости носа при хронической патологии почек и сопутствующей, прогрессирующей при этом, анемии в доступной литературе отсутствуют. Эффективность функционирования

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

микробиоценоза в таких условиях значительно усложняется. В связи с этим, целью данного исследования явилась качественная и количественная оценка микробиоценоза слизистой полости носа при хронической почечной недостаточности.

### Материал и методы

Целью данного исследования было изучение микрофлоры слизистой оболочки носа в динамике лечения программным гемодиализом больных разных возрастных категорий взрослого населения с хронической почечной недостаточностью (ХПН).

Обследовано 39 больных с хронической болезнью почек в возрасте от 28 до 79 лет, проживающих в Мурманской области, проходивших лечение программным гемодиализом стационарно. Все обследованные больные были разделены на 3 группы в зависимости от продолжительности лечения программным гемодиализом. Больные с ХПН не имели осложнений в виде местного воспалительного процесса - гнойно-септической инфекции. Для оценки микрофлоры слизистой оболочки носа проводили посев микроорганизмов на питательную дифференциально-диагностическую среду – кровяной агар. Определение видовой принадлежности микроорганизмов проводили общепринятыми микробиологическими методами.

### Результаты

Проведенное нами исследование количественного и качественного состава микроорганизмов слизистой носа у больных с хронической почечной недостаточностью выявило довольно скудный микробный спектр. Микрофлора у всех обследованных суммарно была представлена 4 родами факультативно-анаэробных микроорганизмов: *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Neisseria*, *Corynebacterium*. При подсчете частоты встречаемости микроорганизмов было выявлено, что наибольший процент у больных с ХПН имеет грамположительная кокковая флора с явным преобладанием микроорганизмов рода *Staphylococcus* (43,8%); в пределах 11,1% случаев были отмечены колонии патогенного *S. Aureus*. Аналогичная частота встречаемости у больных в возрастном диапазоне старше 45 лет у лиц обоего пола была характерна для условно-патогенных бактерий *S. Saprophyticus* -10,7%.

При исследовании частоты встречаемости представителей микрофлоры слизистой оболочки носа у больных, находящихся на лечении программным гемодиализом до 5 лет, доминирующим видом оказались бактерии рода *S. Epidermidis* – 47,7 %. Аналогичная картина доминирования *S. Epidermidis* в составе микрофлоры была характерна и для групп больных как с продолжительностью лечения от 6 до 10 лет, так и более 10 лет, где *S. Epidermidis* определялся в – 42,9% и 40% случаев соответственно.

В группе больных до 5 лет вторыми по значимости были бактерии семейства стрептококки и коринобактерии, частота встречаемости каждого семейства была выявлена в 13,6% случаев. Количественно значимыми были

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

коринобактерии при продолжительности лечения от 6 до 10 лет, составляя до 28,6% случаев, и далее снижаясь более чем в 2 раза при увеличении продолжительности заболевания (10%). Нейссерии оказались наименее количественно значимыми из всей микрофлоры у больных с продолжительностью лечения до 5 лет, составляя до 4,6% частоты встречаемости, распространенность представителей которых увеличивается более чем в 3 раза у пациентов с продолжительностью заболевания и лечения от 6 до 10 лет (14,3%), при полном отсутствии видимых проявлений роста колоний в последующей категории больных, получавших заместительную терапию гемодиализом более 10 лет.

Анализ полученных данных показал, что в группе больных с продолжительностью гемодиализного лечения до 5 лет в 37% случаев были выделены бактерии с концентрацией свыше  $10^4$  КОЕ/мл, превышая условно-допустимые уровни [5]. При этом спектральный состав такой микрофлоры определялся доминирующим видом - *S. Epidermidis* у 40 % больных, и 20% уровень встречаемости с концентрацией свыше  $10^4$  КОЕ/мл был характерен для каждого из 3 представителей бактерий: *Streptococcus*, *Neisseria*, негемолитический стрептококк.

У лиц с продолжительностью лечения от 6 до 10 лет КОЕ свыше  $10^4$  выявили в единичных случаях с видовой принадлежностью к *Corynebacterium Pseudodiphthericum*, Непатогенные нейссерии, *S. Aureus* у больных в возрастном диапазоне от 50 до 55 лет. Концентрация других представителей микрофлоры была в пределах условно-допустимых значений.

Выявленные изменения характеризуются особой скудностью состава микробной флоры слизистой оболочки носа у больных; что, возможно, связано с особенностями физиологического состояния больных с хронической почечной недостаточностью и прогрессирующей анемией [6]. Устойчивое угнетение нормофлоры начинает диагностироваться у всех пациентов при продолжительности лечения гемодиализом уже до 5 лет, и такая тенденция сохраняется при увеличении продолжительности лечения во всех группах больных.

### Список литературы

1. Амонов Ш. Э. и др. Изучение влияния заболеваний почек на состояние слизистой оболочки носа и околоносовых пазух (экспериментальное исследование) // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2014. – Т. 15. – №. 2. – С. 248-251.
2. Белобородова Н. В. Интеграция метаболизма человека и его микробиома при критических состояниях // Общая реаниматология. – 2012. – Т. 8. – №. 4. – С. 42-54.
3. Иорданишвили А. К. и др. Заболевания пародонта и слизистой оболочки полости рта у взрослых людей при хронической болезни почек // Пародонтология. – 2015. – Т. 20. – №. 4. – С. 40-44.

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

4. Лопатин А. С., Азизов И. С., Козлов Р. С. Микробиом полости носа и околоносовых пазух в норме и при патологии. Часть I //Российская ринология. – 2021. – Т. 29. – №. 1. – С. 23-30.

5. Феклисова Л. В. и др. Современные подходы к коррекции микробиоценоза ротоглотки //Лечащий врач. – 2009. – №. 10. – С. 71-73.

6. Thorp M. L. et al. Effect of anaemia on mortality, cardiovascular hospitalizations and end-stage renal disease among patients with chronic kidney disease //Nephrology. – 2009. – Т. 14. – №. 2. – С. 240-246.

### ОПИСАНИЕ ТИПОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА (ВСР) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЦИАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Т.С. Новикова*

Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике (филиала) КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия, green.myrtal@mail.ru

**Аннотация.** В нашем научном центре мы проводим многолетние исследования различных групп людей в зависимости от поставленных целей и задач. В данной работе мы рассмотрели особенности вегетативной регуляции у групп разного возраста среди студентов и преподавателей Кольского медицинского колледжа в городе Апатиты ( $n = 84$ ) – это промежуточное исследование, проведенное в рамках нашего научного проекта. Были выделены 4 группы (по типу ВСР – вариабельности сердечного ритма), по окончании исследования произведен анализ и описание результатов. Также обследуемые проходили тестирование, где указывали особенности образа жизни, питания, вредных привычек, стрессовых нагрузок. Очень значимых различий и особенностей среди выделенных групп выявлено не было, поэтому статья носит описательный характер и послужит материалом для будущих исследований, здесь изложены результаты только одного, промежуточного исследования.

**Ключевые слова:** тип регуляции сердечного ритма, студенты.

### DESCRIPTION OF CARDIAC RHYTHM VARIABILITY (HRV) TYPES ACCORDING TO SOCIAL INDICATORS

*T.S. Novikova*

Research Center for Medical and Biological Problems of Human Adaptation in the Arctic (branch)  
KSC RAS, Apatity, Russia, green.myrtal@mail.ru

**Abstract.** In our scientific center we carry out long-term researches of various groups of people depending on the purposes and tasks set. In this paper we studied the peculiarities of vegetative regulation in groups of different ages among students

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

and teachers of Kola Medical College in Apatity (n = 84) which is an intermediate research carried out within the framework of our scientific project. We singled out 4 groups (based on HRV - heart rate variability). The results were analyzed and described at the end of the study. The subjects were also tested, where they indicated the peculiarities of their lifestyle, diet, bad habits, stress loads. Very significant differences and features among the identified groups were not found, so the article is descriptive in nature and will serve as material for future research, here are the results of only one, interim study.

**Key words:** type of heart rhythm regulation, students.

Современный человек постоянно подвергается изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. Благодаря нервно-гуморальному контролю всех органов и систем нашего организма, а также тесному симбиозу симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы – происходит оптимальная адаптация к окружающим условиям жизнедеятельности. В современном мире наибольшее распространение получают методы оценки функционального состояния здоровья, не использующие внутреннее вмешательство в организм человека. Вовремя заметив отклонения, возникающие в системах регулирования, которые нередко предшествуют нарушениям в гемодинамических, энергетических и метаболических показателях – можно спрогнозировать и вовремя предупредить неблагоприятное состояние пациента. Очень хорошим индикатором подобных отклонений как раз является сердечный ритм. Вариабельность ритма сердца (англ. heart rate variability; HRV) представляет собой изменения интервалов между систолами. Они образуются из-за влияния различных факторов, как внешнего формата, так и внутреннего. Данный показатель определяется при помощи обследования продолжительности периодов сердечных сокращений за конкретное время. Как правило, для этого применяют показания электрической кардиограммы, точнее, расстояние между зубцами R.

Источник:

Типы вариабельности сердечного ритма (далее ВСР)

- 1 тип – умеренный, с преобладанием центрального контура регуляции.
- 2 тип – выраженный, с преобладанием центрального контура регуляции.
- 3 тип – умеренный, с преобладанием автономного контура регуляции.
- 4 тип – выраженный, с преобладанием автономного контура регуляции.

**Материалы и методы**

В октябре 2021 года прошло очередное обследование студентов и преподавателей КМК. Всего приняли участие 84 человека разного возраста и пола. Среди них было 17 человек старше 20 лет, 9 лиц мужского пола, 75 - женского.

Оценка ВСР проводилась при помощи прибора Омега, статистический анализ проводился при помощи программного обеспечения Excel. Социальные показатели были выявлены при помощи тестирования.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

### Результаты и обсуждения

В результате анализа данных были получены следующие социальные показатели и их зависимость от типа ВСП. Что отмечено в таблице 1.

Таблица 1.– Зависимость социальных показателей от типа ВСП

Ранговые корреляции Спирмена	Зависимость от ВСП
Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < ,05000$	
Возраст (лет)	-0,35
Время проживания в Мурманской области	-0,11
Сколько чашек (200мл) чая? / кофе	-0,13
Курение	-0,05
Алкоголь	0,18
Занимаетесь ли Вы спортом	0,17
Сколько обычно часов Вы проводите в сидячем положении	0,02
Есть ли у Вас хронические заболевания подтвержденные врачом	0,10
Какие витамины и/или БАДы Вы принимаете регулярно	-0,02
комплексная оценка проявления стресса	-0,22
Шкала социальной адаптации Холмса Рея	0,16

Наиболее значимые корреляции обнаружались между типами ВСП с возрастными группами и комплексной оценкой проявления стресса. В группе до 20 лет преобладают все типы ВСП, наибольшее количество с 3м типом ВСП, наименьшее – с 1м типом ВСП. В группе старше 20 лет преобладает 1 тип ВСП и отсутствует 4й тип ВСП.

Наиболее выражена зависимость состояния умеренного стресса у 3го типа ВСП. Сильно выраженный стресс испытывают только 2 человека из выборки. Данные показаны в таблице 2.

В зависимости от времени проживания в Мурманской области преобладает 3-ий тип ВСП, большинство проживает с рождения или более 20 лет. Среди группы проживания от 10 до 20 лет отсутствует 2-ой тип ВСП. Количество выпиваемых чашек кофе и чая не зависит от типа ВСП, но отмечено, что 3-ий тип ВСП потребляет больше, чем другие типы. По количеству хронических заболеваний от типа ВСП нет значимой зависимости, но наибольшее количество в 3-ем типе ВСП - 18 человек, в 1-ом типе ВСП - 12 человек, во 2-ом типе ВСП - 9 человек, наименьшее количество заболеваний в 4-ом типе ВСП.

Сидячий образ жизни (более 8 часов в сутки) преобладает у 3-го типа ВСП.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Таблица 2. – Комплексная оценка проявления стресса в зависимости от типа ВСР.

Комплексная оценка проявления стресса

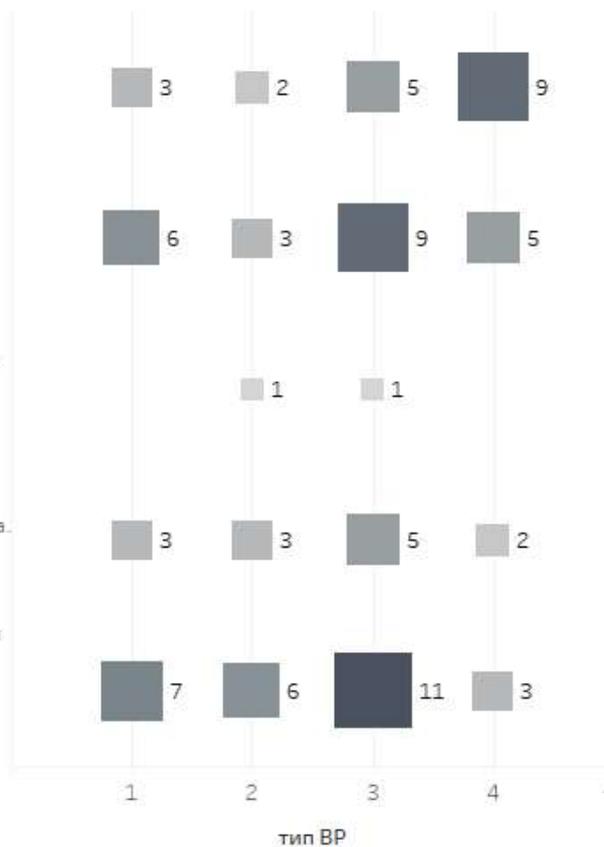
В данный момент в Вашей жизни сколь-либо значимый стресс отсутствует.

Вы испытываете умеренный стресс, который может быть компенсирован с помощью рационального использования времени, периодического отдыха и нахождения оптимального выхода из сложившейся ситуации.

Очень высокий уровень стресса, свидетельствует о переходе организма к третьей, наиболее опасной стадии стресса – истощению запасов адаптационной энергии.

Состояние сильного стресса, для успешного преодоления которого желательна помощь психолога или психотерапевта. Такая величина стресса говорит о том, что организм уже близок к пределу возможностей сопротивляться стрессу.

У Вас достаточно выраженное напряжение эмоциональных и физиологических систем организма, возникшее в ответ на сильный стрессорный фактор, который не удалось компенсировать. В этом случае требуется применение специальных методов преодоления стресса.



Применение БАДов не зависит от типа ВСР. Значимой зависимости от типа ВСР и занятий спортом не выявлено, но обнаружено, что в 3-ем типе ВСР количество занимающихся спортом преобладает.

Таблица 4. – Соотношение вредных привычек (потребление алкоголя и табака).

Курение	Алкоголь						
	не пью	несколько раз в неделю	раз в неделю	раз в неделю, редко	раз в неделю, редко, неп..	редко	редко - не пью
не курю	35				1	18	
пачка в день			1			4	
пачка в неделю	1		1	1		6	1
редко	3	1	1	1		5	

Тип ВР	Кол-во	не курит, человек	не курит, %	не пьёт, человек	не пьёт, %
1	19	14	73,7	8	42,1
2	15	10	66,7	8	53,3
3	31	19	61,3	11	35,5
4	19	12	63,2	12	63,2

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Не пьют и не курят всего 35 человек из всей выборки. Не курят и редко пьют - 18 человек. Данные показаны в таблице 4.

Таблица 5. – Шкала адаптации Холмса Рея среди типов ВСР.

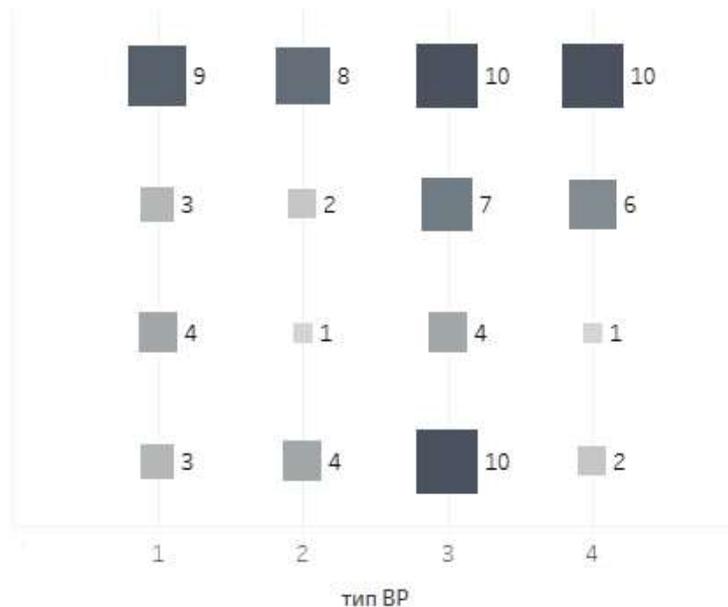
### Шкала социальной адаптации Холмса Рея

**большая.** Вы выявляете очень высокую степень стрессоустойчивости. Для Вас характерна минимальная степень стрессовой нагрузки.

**высокая.** Вы выявляете высокую степень стрессоустойчивости. Ваши энергию и ресурсы Вы не тратите на борьбу с негативными психологическими состояниями, возникающими в процессе стресса.

**Низкая (ранимость)** Для Вас характерна высокая степень стрессовой нагрузки. Вам необходимо что-либо предпринять, чтобы ликвидировать стресс.

**пороговая.** Ваша стрессоустойчивость снижается с увеличением стрессовых ситуаций в Вашей жизни.



Значимой зависимости не выявлено, но показано, что большая и пороговая стрессоустойчивость преобладает в 3-ем типе ВР. Также большая стрессоустойчивость в 1-ом и 4-ом типах ВСР.

### Список литературы

1. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения. – Иваново: Ивановская Государственная Медицинская Академия, 2000. – 182 с.
2. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Новый взгляд на старую парадигму. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2017. – 516 с.
3. <https://http-wikipediya.ru/articles/variabelnost-serdechnogo-ritma-hto-eto-takoe-prostyimi-slovami.html>

УДК 504.05/.06: 504.064.2  
ГРНТИ83:83.03.17

**ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ ВОДОЕМОВ МУРМАНСКОЙ  
ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ АЛЛИУМ-ТЕСТА**

*М.В. Смирнова<sup>1</sup>, Д.Б. Денисов<sup>2</sup>, Д.А. Петрашова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФИЦ КНЦ РАН, лаборатория медицинских и биологических технологий, г. Апатиты, Россия,  
zbe3do4et@mail.ru

<sup>2</sup>ФИЦ КНЦ РАН, обособленное подразделение ИППЭС КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия,  
d.denisow@ksc.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты биотестирования вод некоторых водных источников Мурманской области с помощью Аллиум-теста. Показано, что загрязнение водоемов ведет к изменению фазных индексов клеток корневой меристемы. Цитогенетический анализ клеток выявил значительное увеличение количества aberrаций на исследуемых площадках относительно контроля. Среди нарушений часто встречающимися были отстаивание хромосом, ядерные почки, микроядра, мосты в анафазе, слипание и фрагменты.

**Ключевые слова:** Аллиум-тест, генотоксичность, пробы воды, хромосомные aberrации, Север.

**EVALUATION GENOTOXICITY OF WATER IN THE FRESHWATER  
RESOURCES OF THE MURMANSK REGION USING THE ALLIUM TEST**

*M.V. Smirnova<sup>1</sup>, D.B. Denisov<sup>2</sup>, D.A. Petrashova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>FRC «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences», Laboratory of medical and biological technologies, Apatity, Russia, m.smirnova@ksc.ru

<sup>2</sup>FRC «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences», Institute of the North Industrial Ecology Problems, Apatity, Russia, d.denisow@ksc.ru

**Abstract.** The article presents the results of biotesting the waters of some water sources in the Murmansk region using an Allium test. It is shown that water pollution leads to a change in the phase indices of root meristem cells. Cytogenetic analysis of cells revealed a significant increase in the number of aberrations at the studied sites relative to the control. Among the disorders, chromosome lag, nuclear buds, micronuclei, bridges in anaphase, sticky chromosomes and fragments were common.

**Keywords:** Allium test, genotoxicity, water samples, chromosomal aberrations, North.

Развитие промышленности на территории Мурманской области является причиной загрязнения окружающей среды региона и приводит к усилению

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

воздействия на биологические, геохимические и физические процессы в уязвимых пресноводных экосистемах Севера [1]. Активное растворение потенциальных загрязнителей в воде требует оценки их действия с помощью живых тест-систем. Растения являются одним из удобных объектов биомониторинга и широко используются в исследованиях.

Биомаркером в исследовании был выбран лук репчатый (*Allium cepa* L.,  $2n=16$ ). *Allium*-тест чувствителен, является стандартом для оценки токсичности. При проведении процедуры учитываются хромосомные aberrации клеток корневой меристемы растения, нарушение митотического цикла, анализ микроядер [2].

Таким образом, целью настоящей работы была оценка токсичности воды из водоемов Мурманской области, расположенных в близости объектов промышленности с помощью *Allium*-теста.

В качестве опытных образцов использовалась вода из оз. Куэтсьярви (Гольфстрим (поверхность) ( $69^{\circ}28'43.45''30''11'24.94''$ , точка 1), р. Хаукилампейоки ( $69,448892^{\circ}30,750425^{\circ}$ , точка 2), оз. Арвалдемломполо ( $69,407242^{\circ}30,825269^{\circ}$ , точка 3), р. Пильгуйоки ( $N69,441036^{\circ}30,760606^{\circ}$ , точка 4), оз. Хаукилампи ( $N69,438972^{\circ}30,768000^{\circ}$ , точка 5).

Статистический анализ был проведен на языке программирования R. Различия в митотическом и фазовых индексах между опытными и контрольной группами проверялись с помощью однофакторного дисперсионного анализа ANOVA. Дополнительно проводилось множественное попарное сравнение совокупностей с помощью критерия Тьюки. Уровень значимости был принят при  $p < 0.05$ .

Статистический анализ показал, что достоверных различий в митотической активности клеток меристемы корней лука, выращенных на воде с исследуемых водоемов, не обнаружено (Рис. 1).

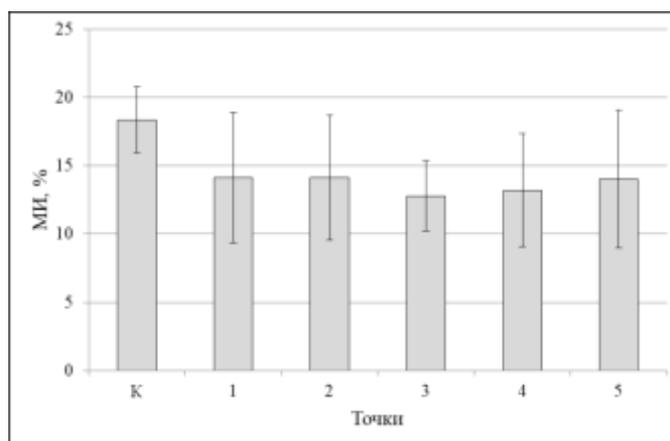


Рисунок 1– Данные митотического индекса клеток корневой меристемы *A. cepa* после обработки водой из опытных точек

В тоже время, во всех точках по сравнению с контролем наблюдалось незначимое угнетение деления клеток, что привело к

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

необходимости применения нестандартных статистических методов. Расчеты размера эффекта показали существенную разницу в средних значениях митотического индекса, где коэффициент Cohen's d [3] варьировал от 1.1 до 2.2.

По сравнению с контролем наблюдалось значимое уменьшение профазного и увеличение телофазного индексов (Табл. 1). Отмечено увеличение доли анафаз в клетках меристемы корней после обработки водой (выращивание 96 часов) с точек №3, 4 и 5 относительно контроля. Также в опытных точках выявлено незначительное увеличение метафазного индекса при высоких значениях коэффициента Cohen's d (от 0.9 до 1.4).

Таблица 1. – Данные митотических и фазовых индексов в меристематических клетках корней *A. сера* после обработки водой из опытных точек ( $x \pm$  СКО,  $n=7$ )

	МИ (%)	Профаза (%)	Метафаза (%)	Анафаза (%)	Телофаза (%)
Контроль	18.4±2.4	58.8±6.1	19.1±4.9	9.7±2.8	12.4±2.5
1	14.1±4.8	38.6±4.5	25.5±4.1	13.9±5.1	22.0±3.3
2	14.1±4.6	48.0±4.2	23.7±1.7	10.7±2.1	17.6±3.0
3	12.8±2.6	38.4±7.6	26.5±5.7	15.6±2.9	19.5±5.4
4	13.2±4.1	37.1±7.0	23.8±4.7	20.8±6.1	18.3±2.8
5	14.0±5.0	41.0±6.4	23.9±5.3	15.3±2.7	19.8±3.7

Подобные закономерности в смещении фазовых индексов наблюдались нами и в ранее проведенных исследованиях [4], при увеличении стрессового воздействия на процессы в меристематических клетках корней лука.

Цитогенетический анализ образцов выявил такие нарушения как ядерные почки, нарушение работы веретена деления, слипание хромосом и хроматид, мосты, фрагменты, микроядра, отставание хромосом (Рис. 2). В опытных точках отмечено кратное увеличение доли нарушений в клетках, достигая максимума в точке 5 (9%) по сравнению с контролем (0,1%). Фазы митоза в норме представлены на рисунке 3.

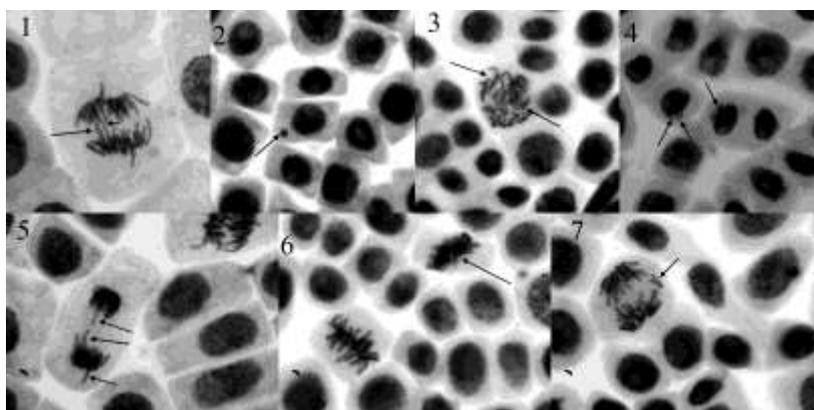


Рисунок 2 – Хромосомные и другие aberrации в клетках корневой меристемы *A. сера* после обработки водой из опытных точек.

1 – мосты в анафазе; 2 – микроядро; 3 – нарушение работы веретена деления; 4 – ядерные почки; 5 – отставание хромосом в телофазе; 6 – слипание в метафазе; 7 – фрагмент

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

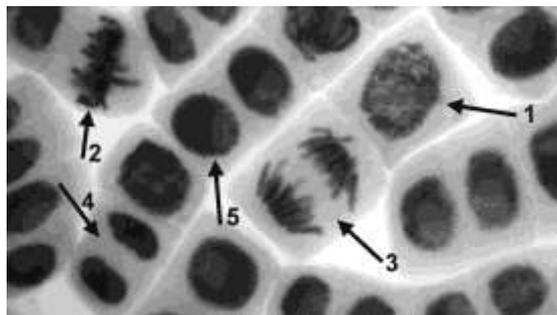


Рисунок 3 – Митоз в клетках корневой меристемы *A. cepa* в норме.  
1 – профаза; 2 – метафаза; 3 – анафаза; 4 – телофаза; 5 – интерфаза

В данном исследовании не зафиксировано выраженного митодепрессивного действия воды с наблюдаемых водоемов при использовании ANOVA. Однако расчет размера биологического эффекта показал существенное снижение пролиферации клеток в опытных точках. Это говорит о том, что, зачастую, стандартные методы статистического анализа оказываются неэффективными при биоиндикации. В клетках корневой меристемы лука с опытных точек отмечено снижение доли профаз и увеличение метафазного, анафазного и телофазного индексов. Цитогенетический анализ, выявил кратное увеличение доли aberrantных клеток во всех исследуемых точках. Все эти данные говорят о генотоксическом воздействии исследуемых водоемов на меристематические клетки лука и чувствительности *Allium*-теста для биоиндикации.

### Список литературы:

1. Selected aspects of the current state of freshwater resources in the Murmansk region, Russia / N. A. Kashulin, V. A. Dauvalter, D. B. Denisov [et al.] .– DOI: 10.1080/10934529.2017.1318633 // Journal of Environmental Science and Health. Part A. – 2017. – Vol. 52, no. 9. – P. 921–929.
2. Ribeiro, I. A. *Allium Test in environmental monitoring and health.* / I.A. Ribeiro. – Mauritius: Novas Edições Acadêmicas, OmniScriptum Publishing KS, 2018. – 94 p.
3. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* / J. Cohen. – New York: Routledge, 1988. – 567 p.
4. Smirnova, M. V. Effect of *Heracleum sosnowskyi* extract aqueous solution on the *Allium cepa* root meristem / M. V. Smirnova, V. A. Kotelnikov. – DOI: 10.15421/0221642021 // Regulatory Mechanisms in Biosystems. – 2121. – Vol. 12, no 3. – P. 467–471.

УДК631.452  
ГРНТИ 68.05.29

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИДЕРАТОВ ДЛЯ  
ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ОКУЛЬТУРЕННЫХ ПОЧВ НА  
КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ**

*Н.В. Чуева, Г.М. Кашулина, Н.М. Коробейникова*

Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия,  
nataliechueva@mail.ru, galina.kashulina@gmail.com

**Аннотация.** Окультуренные почвы на Кольском полуострове характеризуются низким плодородием. С 2017 года на экспериментальном участке ПАБСИ были начаты эксперименты по оценке перспектив применения зелёных удобрений для повышения плодородия окультуренных почв в субарктике. Как показали результаты, внесение сидератов в течение двух лет сопровождалось устойчивым и значимым увеличением содержания органического вещества в почвах. Применение зелёных удобрений может быть перспективным для повышения плодородия окультуренных почв в регионе.

**Ключевые слова:** агроподзолы, сидераты, плодородие почв, органическое вещество, субарктика.

**EFFECTIVENESS OF THE GREEN MATURE IN THE INCREASING  
OF FERTILITY OF AGRICULTURAL SOILS ON THE KOLA PENINSULA**

*N.V. Chueva, G.M. Kashulina, N.M. Korobeinikova*

Polar Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Centre of RAS, Apatity, Russia,  
nataliechueva@mail.ru, galina.kashulina@gmail.com

**Abstract.** Cultivated soils on the Kola Peninsula are characterized by low fertility. Since 2017, experiments have been carried out to assess the perspectives for the use of green mature to increase the fertility of agricultural soils in the subarctic region. As the results showed, the use of green mature during two years was accompanied by a steady and significant increase in the content of organic matter in the soils. Thus, the use of green mature can be perspective for increasing the fertility of agricultural soils in the region

**Keywords:** agricultural soils, green mature, fertility, organic matter, subarctic.

Окультуренные почвы Кольского полуострова обладают низким естественным плодородием [9]. Для повышения и поддержания плодородия окультуренных почв в регионе было рекомендовано ежегодное внесение 4-9 кг навоза на 1 м<sup>2</sup>, высоких доз минеральных удобрений и извести [7, 8, 2].

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Искусственно созданные почвы ботанических садов являются разновидностью окультуренных почв, которые являются продукционной основой коллекций интродуцированных в субарктику растений. Агрохимические исследования почв некоторых коллекционных участков в Полярно-альпийском ботаническом саду выявили очень низкое содержание органического вещества, азота и калия, а также повышенную кислотность [4,10]. И так же, как и для сельскохозяйственных почв, для поддержания их плодородия требуется внесение больших доз органических и минеральных удобрений, а также извести [3]. Одним из современных направлений в биологизации и экологизации земледелия является применение зелёных удобрений (сидератов) в качестве органического удобрения. Внесение зелёных удобрений позволяет вернуть в почву извлечённые предшествующими культурными растениями элементы питания и обогатить ее органическим веществом. Именно содержание органического вещества является основным показателем плодородия почв. С содержанием органического вещества в почве коррелируют такие важные показатели, как влажность, гидролитическая кислотность, содержание обменного кальция, аммиачного азота, суммы нитратного и аммиачного азота.

В развитие этого направления в лаборатории почвоведения ПАБСИ были начаты работы, направленные на повышение плодородия почв коллекционных питомников с помощью зелёных удобрений. Основной целью исследования была оценка эффективности использования сидератов для повышения плодородия окультуренных почв в регионе. На первом этапе исследований основной задачей было определение урожайности сидератов и сравнение ее с рекомендуемыми в регионе нормами внесения органических удобрений [7, 8, 2].

Эксперименты с сидератами были начаты в 2017 году на искусственно созданных почвах экспериментального участка ПАБСИ в окрестностях г. Апатиты. Всего в эксперименте было заложено 44 площадки. Размер учётной площадки составлял 1 м<sup>2</sup>. Для документации исходных и изменённых в процессе эксперимента свойств почв экспериментального участка перед началом эксперимента и ежегодно в начале вегетационного периода проводилось агрохимическое опробование. Агрохимический анализ включал: определение потери при прокаливании (ППП), полевой влажности, рНКСl, нитратного (N-NO<sub>3</sub>) и аммиачного (N-NH<sub>4</sub>) азота, доступных для растений форм фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и калия (K<sub>2</sub>O) по Кирсанову, гидролитической кислотности (Нг), суммы обменных оснований (Ca+Mg), гранулометрического состава по Н.А. Качинскому, а также определение органического углерода по Тюрину (Сорг) [1].

В качестве зелёных удобрений использовались следующие виды растений: овёс посевной (*Avena sativa*), вика посевная (*Viciasativa*), фацелия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia*), горох посевной (*Pisum sativum*), люпин

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

узколистный (*Lupinus angustifolius*), рожь озимая (*Secale cereale*), ячмень (*Hordéum vulgáre*).

Как показал анализ предшествующих данных, даже при применении удобрений урожайность однолетних растений в совхозах Мурманской области является низкой. Так, по данным сотрудников агрохимической службы Мурманской области [6], средняя урожайность в регионе за 2011-2016 гг. составила 0.9-1 кг/м<sup>2</sup>. На небольших площадках в демонстрационном эксперименте 2017 года нами было получено от 2 до 3 кг зелёной массы [5]. Это уже приближается к рекомендуемым 4-9 кг навоза на 1 м<sup>2</sup>. Кроме того, сидераты оказались эффективными и для борьбы с сорняками: под сидератами биомасса сорняков была в 6 раз меньше по сравнению с контрольными участками [5].

Последующие годы были неблагоприятными по погодным условиям для роста растений. В 2018 году выросли отдельные растения, а в последующие 2019-2021 гг. урожайность сидератов была значительно ниже по сравнению с 2017 годом: 2.3 кг/м<sup>2</sup> в 2019, 1.2 – в 2020 и 1.0 – в 2021 году. То есть, биомасса, выращенная на площадках, была значительно ниже рекомендуемых норм внесения органических удобрений.

Чтобы увеличить внесённую в почву биомассу сидератов, были использованы растения, выращенные на дополнительных площадях. Всего осенью 2019 года удалось внести по 2 кг зелёной массы смеси сидератов на каждый квадратный метр экспериментальных площадок. Осенью 2020 и 2021 гг. уже было внесено по 2.5 кг.

Даже несмотря на относительно небольшую норму внесения сидератов, почвы отозвались существенным увеличением содержания органического вещества. К весне 2020 года после внесения осенью 2019 года 2 кг/м<sup>2</sup> зелёной массы содержание Сорг в почвах на площадках увеличилось на 0.47±0.34% (Рис.). Это повышение было значимым согласно *U*-критерия Манна-Уитни при  $p \leq 0.05$  ( $U_{эмп} = 120$ ,  $U_{кр.0.05} = 138$ ). Внесение 2.5 кг зелёной массы осенью 2020 года сопровождалось значимым увеличением согласно *U*-критерия Манна-Уитни при  $p \leq 0.05$  ( $U_{эмп} = 128$ ,  $U_{кр.0.05} = 138$ ) содержания Сорг еще на 0.44±0.2%. Всего к весне 2021 года после двух раз внесения сидератов по сравнению с 2019 годом содержание Сорг в почвах увеличилось на 0.90±0.35%. И это увеличение было статистически значимым согласно *U*-критерия Манна-Уитни при  $p \leq 0.01$ :  $U_{эмп} = 62$ ,  $U_{кр.0.01} = 114$ .

Таким образом, как показал эксперимент, внесение сидератов в течение двух лет сопровождалось устойчивым и значимым, согласно *U*-критерия Манна-Уитни, увеличением содержания органического вещества в пахотном горизонте почв экспериментального участка ПАБСИ. То есть, агроподзолы хорошо отзываются на внесение зелёных удобрений, и их применение может быть перспективным для повышения плодородия окультуренных почв в регионе. Для повышения эффективности сидератов в качестве мелиорантов

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

необходимо продолжить исследования для поиска путей повышения их урожайности и норм внесения в почву.

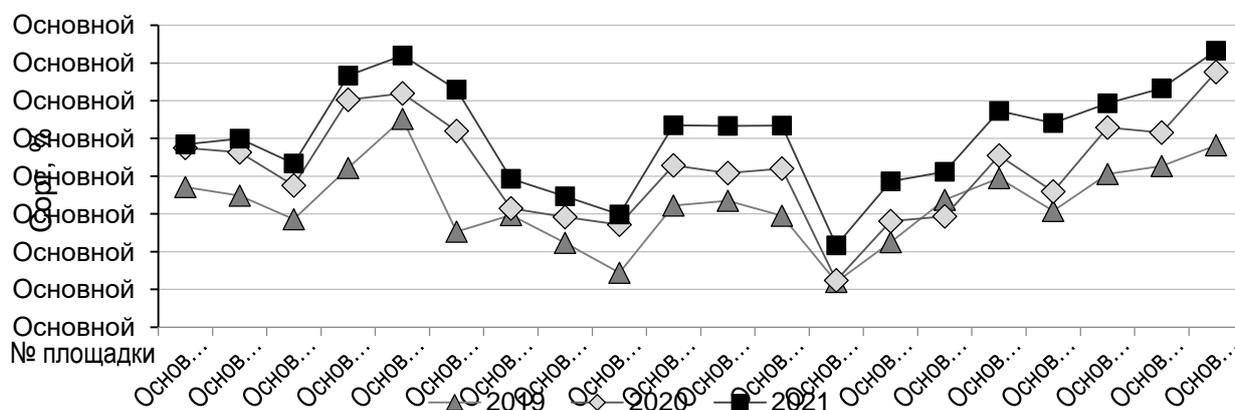


Рисунок – Содержание органического углерода в пахотном горизонте агроподзолов на площадках экспериментального участка в 2019, 2020 и 2021 гг.

### Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв / ред. А. В. Соколов. - М.: Наука, 1975. - 656 с.
2. Агрохимия почв и качество кормов в Мурманской области / Г.В. Елсаков, Е.Е. Кислых, О.В. Супрунов [и др.]. - Мурманск: Кн. изд-во, 1983. - 92 с.
3. Елсаков Г.В. Горелова А.П., Миронова Р.А. Роль удобрений при возделывании лекарственных культур в Заполярье / Г.В. Елсаков, А.П. Горелов, Р.А. Миронова // Агрохимия. - 2001. - № 2. - С. 40-45.
4. Кашулина Г.М., Коробейникова Н.М., Виравчева Л.Л., Чуева Н.В. Агрохимическая характеристика почв коллекционного питомника интродуцированных лекарственных травянистых растений Полярно-альпийского ботанического сада / Г.М. Кашулина, Н.М. Коробейникова, Л.Л. Виравчева, Н.В. Чуева // Агрохимия. - 2021. - № 9. - С. 13–21. DOI: 10.31857/S0002188121090076
5. Кашулина Г.М., Чуева Н.В., Коробейникова Н.М. Использование сидератов для поддержания плодородия почв экспериментального участка ПАБСИ: результаты демонстрационного эксперимента // Биоразнообразие и культуроценозы в экстремальных условиях: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, ПАБСИ КНЦ РАН, Апатиты, 4 - 5 декабря 2017 г. / Сост. Калашникова И.В. – Апатиты: КаЭМ, 2017. – С. 33-37

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

6. Нестёркин М.Г., Хлуднева Н.Н. Состояние плодородия почв Мурманской области / М.Г. Нестёркин, Н.Н. Хлуднева // Достижение науки и техники АПК. - 2018. - № 6. - С. 10—14.
7. Переверзев В.Н. Азот в почвах Кольского полуострова / В.Н. Переверзев, Е.Е. Кислых. - Л.: Наука, 1978. - 126 с.
8. Переверзев В.Н. Биохимия гумуса и азота почв Кольского полуострова / В.Н. Переверзев. - Л.: Наука, 1987. - 303 с.
9. Переверзев В.Н. Лесные почвы Кольского полуострова / В.Н. Переверзев. - М.: Наука, 2004. - 232 с.
10. Чуева Н.В., Кашулина Г.М., Коробейникова Н.М. Агрехимические свойства почв коллекционных питомников Полярно-альпийского ботанического сада / Н.В. Чуева, Г.М. Кашулина, Н.М. Коробейникова // Труды Кольского научного центра РАН. Серия Прикладная экология Севера. - 2021. - №9. - С. 287-291. DOI:10.37614/2307-5252.2021.6.12.9.043

УДК 666.3.017: 546.831.4  
ГРНТИ 31.17.15

### СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ИТТРИЕМ

*К.А. Яковлев<sup>1</sup>, Д.В. Майоров<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ИХТРЭМС КНЦ РАН) Россия, 184209, Мурманская область, г. Апатиты, Академгородок, д. 26а, *k.iakovlev@ksc.ru*

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования по синтезу прекурсоров полностью стабилизированного иттрием диоксида циркония (FullyStabilizedZirconia, FSZ) методом осаждения. Установлено, что гидротермальная обработка прекурсоров FSZ приводит к снижению температуры кристаллизации с-ZrO<sub>2</sub> до 360°C. Показано, что образцы FSZ полученные с применением водного раствора аммиака обладают развитой удельной поверхностью.

**Ключевые слова:** диоксид циркония, гидротермальная обработка, карбонат аммония, аммиак, синтез, легирование, удельная поверхность, прокаливание.

**SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF ZIRCONIA,  
STABILIZED BY YTTRIUM**

*K.A. Yakovlev<sup>1</sup>, D.V. Maiorov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Centre “Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences” (ICT KSC RAS), 184209, Russia, Murmansk region, Apatity, «Academic town», 26a, *k.iakovlev@ksc.ru*

**Abstract.** The paper presents the results of investigation of the synthesis of Fully Stabilized Zirconia (FSZ) precursors by precipitation. It was found that hydrothermal treatment of FSZ precursors lead to decrease in the crystallization temperature of c-ZrO<sub>2</sub> to 360°C. It is shown that FSZ samples obtained using an aqueous ammonia have a high specific surface area.

**Keywords:** zirconia, hydrothermal treatment, ammonium carbonate, ammonia, synthesis, alloying, specific surface area, calcination.

Кольский полуостров, благодаря наличию месторождения эвдиалитовых руд, является богатой сырьевой базой для получения соединений циркония и редкоземельных элементов, в том числе иттрия, который необходим для производства высококачественной керамики на основе диоксида циркония. Например, керамики на основе полностью стабилизированного иттрием диоксида циркония (ZrO<sub>2</sub>) (Fully Stabilized Zirconia, FSZ), которая содержит около 8 % мол. оксида иттрия (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) [1] и отличается высокой ионной проводимостью при температурах выше 500°C, благодаря чему находит применение в качестве твердого электролита в топливных ячейках и высокотемпературных датчиках кислорода [2].

В настоящей работе приводятся результаты исследований по изучению влияния условий получения прекурсоров FSZ на физико-химические свойства и процесс фазообразования диоксида циркония в процессе их термообработки.

В качестве исходных реагентов для получения прекурсоров FSZ были использованы тетрахлорид циркония ZrCl<sub>4</sub> («ч», АО «Вектон») и иттрий хлористый YCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O. Образцы прекурсоров синтезировали методом осаждения из 0.5 моль/л водных растворов указанных солей, взятых из расчета получения в смеси мольного соотношения ZrO<sub>2</sub>:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 92:8. В качестве осадителя использовали 20% водный раствор NH<sub>3</sub> (образец 1) или водный раствор (NH<sub>4</sub>)CO<sub>3</sub> концентрацией 250 г/л (образец 2). Синтез образцов осуществлялся следующим образом. Водная смесь, состоящая из растворов ZrCl<sub>4</sub> и YCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, взятых в вышеуказанном соотношении, заливалась в емкость, в которую затем при постоянном перемешивании постепенно приливался р-р NH<sub>3</sub> до достижения рН 8.0÷8.5. По завершении процесса выпавшие осадки отделяли на фильтре Шотта, промывали и сушили до постоянной массы при 95°C. Для

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

изучения влияния гидротермальной обработки на свойства получаемых прекурсоров FSZ, свежеполученные осадки образцов 1 и 2 суспендировали в дистиллированной воде, после чего помещали в автоклав и выдерживали 6 ч без перемешивания при температуре 200°C. По окончании обработки осадки отделяли на фильтре Шотта и сушили до постоянной массы при 95°C (образцы 3 и 4, соответственно).

Оценка величины удельной поверхности на приборе TriStar 3020 показала, что данный параметр для образцов 1 и 2 составляет 182.5 и 9.7 м<sup>2</sup>/г. Это свидетельствует о том, что использование аммиака в качестве нейтрализующего агента приводит к существенному увеличению удельной поверхности осадков, что, в конечном итоге, может способствовать снижению плотности получаемого оксида циркония согласно данным работы [3].

Анализ полученных прекурсоров ZrO<sub>2</sub> методом ДСК на синхронном термоанализаторе STA 409 фирмы Netzsch в интервале от комнатной температуры до 1000°C при постоянной скорости нагрева 15 °C/мин показал (рисунок 1), что кристаллизация ZrO<sub>2</sub> в образцах 1 и 2 происходит при температурах 464.7 и 637.5°C соответственно, в то время как для образцов 3 и 4, прошедших гидротермальную обработку, данный экзотермический эффект наблюдается, соответственно, при температурах 347.9 и 355.9°C.

Результаты рентгенофазового анализа (РФА) прекурсоров FSZ и продуктов их термообработки при температурах 360, 600, 850 и 1150°C, выполненного с помощью порошкового дифрактометра Shimadzu XRD-6000 в интервале 2 $\theta$  от 6 до 70° со скоростью съемки 2°/мин представлены на рисунке 2. Согласно полученным данным, видно, что все прекурсоры рентгеноаморфны. Выбор нижней границы термообработки (360°C) был обусловлен данными ДСК анализа образцов 3 и 4, характерной особенностью которых является наличие экзоэффекта в указанном температурном интервале. РФА показал, что прекурсоры FSZ и продукты их прокаливания при 360°C рентгеноаморфны (рисунок 2а) в отличие от образцов прошедших гидротермальную обработку (рисунок 2б), для которых наблюдалось формирование кристаллической структуры диоксида циркония при той же температуре. Кристаллизация образцов, согласно рисунку 2, идет исключительно по пути образования с-ZrO<sub>2</sub> (ICDD № 49-1642), соответствуя фазовой диаграмме состава FSZ [1]. Оценка размера областей когерентного рассеивания по методу Шеррера [4] показывает рост кристаллитов с-ZrO<sub>2</sub> с 8.5 до 23.0 нм по мере увеличения температуры прокаливания.

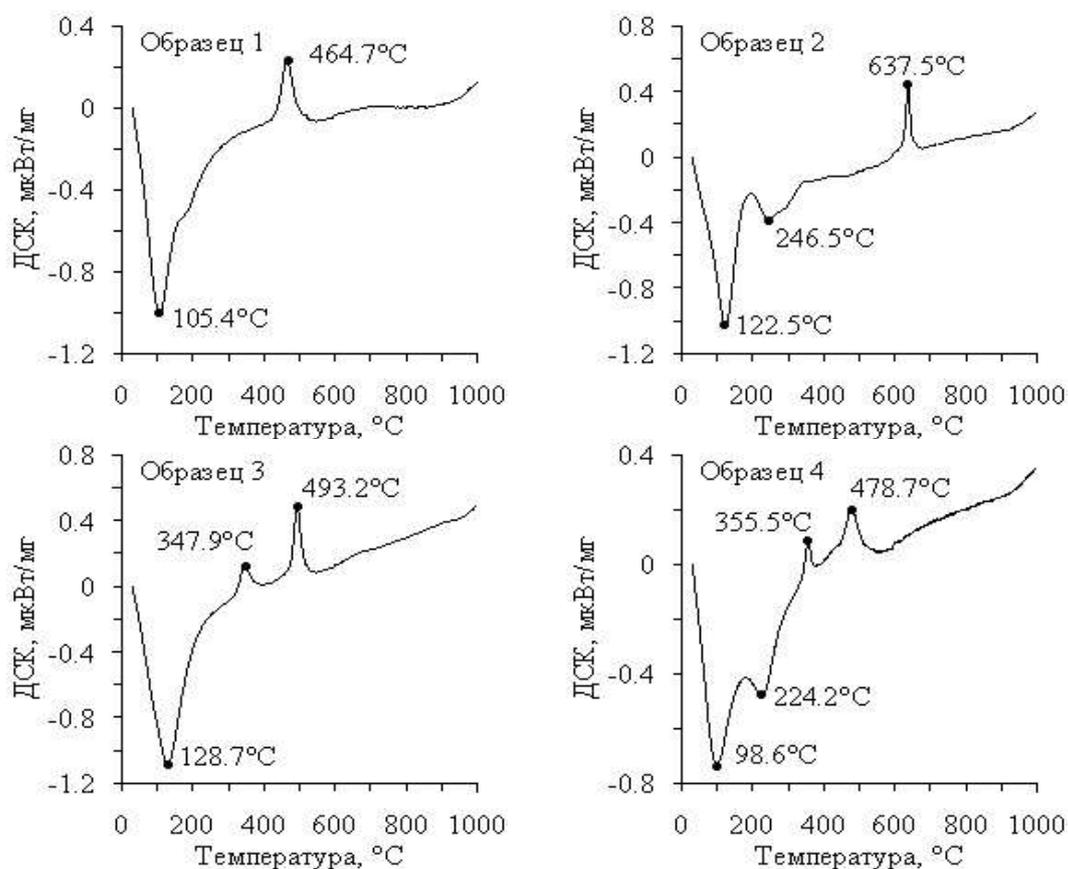


Рисунок 1 – ДСК образцов прекурсоров  $ZrO_2$

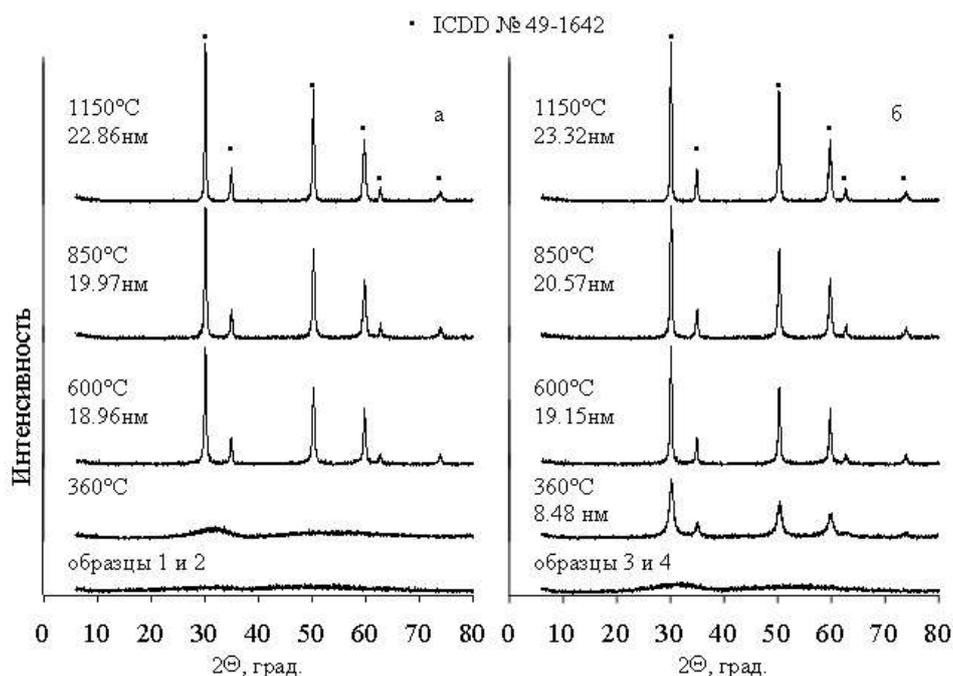


Рисунок 2 – Дифрактограммы прекурсоров FSZ и продуктов их термообработки

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Таким образом, установлено, что гидротермальная обработка оказывает существенное влияние на температуру кристаллизации полностью стабилизированного иттрием диоксида циркония, позволяя снизить её с  $400\div 500^{\circ}\text{C}$  до  $\sim 360^{\circ}\text{C}$ , а использование водных растворов аммиака в качестве осаждающего агента способствует образованию прекурсоров FSZ с развитой удельной поверхностью.

### Список литературы

1. Керамические материалы на основе диоксида циркония / А. О. Жигачев, Ю. И. Головин, А. В. Умрихин и др. – М.: Техносфера, 2018. – 358 с.
2. Карагедов Г.Р., Аввакумов Е.Г. Низкотемпературный способ синтеза нанопорошка для производства плотной керамики состава  $\text{ZrO}_2$  - 8 мол. %  $\text{Y}_2\text{O}_3$  / Химия в интересах устойчивого развития. - 2011. - Т. 19, № 5. - С. 521-526.
3. Agnieszka Opalinska, Iwona Malka, Wojciech Dzwolak, Tadeusz Chudoba, Adam Presz, Witold Lojkowski Size-dependent density of zirconia nanoparticles / Beilstein J. Nanotechnol. 2015. V. 6. P. 27-35. DOI: 10.3762/bjnano.6.4
4. Patterson, A. The Scherrer Formula for X-Ray Particle Size Determination (англ.) / Phys. Rev. Journal. 1939. V. 56. №. 10. P. 978-982. doi:10.1103/PhysRev.56.978

## СОРБЦИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ НА СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДАХ Mg-Al

*К.А. Яковлев<sup>1</sup>, Д.В. Майоров<sup>1</sup>, Е.К. Копкова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ИХТРЭМС КНЦ РАН, г. Апатиты

**Аннотация:** Методом твердофазного взаимодействия  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  получен Mg-Al слоистый гидроксид состава  $\text{Mg}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  со структурой гидроталькита. Исследованы сорбционные свойства полученного образца по отношению к ионам цветных металлов –  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Cs}^+$ . Проведена обработка экспериментальных данных по уравнениям сорбции Фрейндлиха и Ленгмюра. Установлено, что процесс сорбции этих ионов адекватно описывается уравнением мономолекулярной адсорбции Ленгмюра (коэффициенты детерминации  $R^2$  линейных форм уравнений составляют 0.985-0.999). Рассчитаны емкости адсорбционного монослоя синтезированного образца Mg-Al слоистого гидроксида, составляющая 2.13, 2.21, 1.88 и 3.48 ммоль/г по отношению к ионам  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Cs}^+$ , соответственно, что хорошо согласуется с величинами, отмеченными в международной практике, и константы адсорбционного равновесия.

**Ключевые слова:** Mg-Al слоистые двойные гидроксиды, сточные воды, водоочистка, цветные металлы, сорбция.

**SORPTION OF NON-FERROUS METALS ON LAYERED Mg-Al DOUBLE  
HYDROXIDES**

*K.A. Yakovlev<sup>1</sup>, D.V. Mayorov<sup>1</sup>, E.K. Kopkova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ICT KSC RAS, Apatity

**Abstract:** By the method of solid-phase interaction of  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , Mg-Al layered hydroxide of the composition  $\text{Mg}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  with the structure of hydrotalcite was obtained. Sorption properties of the obtained sample with respect to non-ferrous metal ions -  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Cs}^+$  are investigated. Experimental data were processed using the Freundlich and Langmuir sorption equations. It is established that the sorption process of these ions is adequately described by the Langmuir monomolecular adsorption equation (the coefficients of determination  $R^2$  of the linear forms of the equations are 0.985-0.999). The capacities of the adsorption monolayer of the synthesized Mg-Al layered hydroxide sample were calculated, amounting to 2.13, 2.21, 1.88 and 3.48 mmol/g with respect to  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  and  $\text{Cs}^+$  ions, respectively, which is in good agreement with the values noted in international practice and the adsorption equilibrium constants.

**Keywords:** Mg-Al layered double hydroxides, wastewater, water treatment, non-ferrous metals, sorption.

Все возрастающее влияние человеческой деятельности на окружающую среду, наряду с большим количеством прочих отрицательных последствий, весьма обострило проблему очистки воды. Это в одинаковой мере относится как к обеспеченности населения чистой питьевой водой, так и очистке различных видов бытовых и промышленных стоков, которые являются одной из основных причин загрязнения окружающей среды. В связи с этим разработка новых методов удаления загрязняющих веществ из сточных вод является актуальной и важной задачей. На сегодняшний день для этих целей существуют различные методы: фильтрация, химическая коагуляция, ионный обмен, адсорбция и др. [1-3] или их комбинация. Вместе с тем, одним из наиболее эффективных методов очистки сточных вод от примесей является сорбционный [4]. Для удаления загрязняющих веществ из сточных вод используются многие традиционные сорбенты, такие как активированный уголь, цеолиты, глины, силикагель, оксид алюминия, синтетические неорганические и органические ионообменные смолы и др.

Ранее было установлено, что слоистые двойные гидроксиды (СДГ) являются перспективными адсорбентами, обладающими высокой адсорбционной эффективностью [5, 6]. СДГ представляют собой класс природных и синтетических слоистых материалов состава

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

$[(M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2)]^{A+}[(anion^{n-})_{A/n} mH_2O]$ , где  $M^{2+}$  – металл в степени окисления +2 ( $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и др.),  $M^{3+}$  – металл в степени окисления +3 ( $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  и др.),  $anion$  – практически любой анион, который не образует устойчивых комплексов с этими металлами ( $CO_3^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  и др.) [7]. Наличие в структуре СДГ положительно заряженных слоев, а также за счет интеркалирования в межслоевое пространство анионов, создает предпосылки для получения на их основе эффективных сорбентов для очистки природных и сточных вод от нежелательных примесей [8].

Среди прочих примесей ионы цветных металлов относятся к наиболее опасным загрязняющим веществам, а очистка природных и сточных вод от этих металлов является важной составляющей комплекса мероприятий по снижению отрицательного воздействия антропогенных и техногенных факторов на водные объекты [9]. Ранее нами было показано [10], что слоистый двойной гидроксид магния и алюминия в карбонатной форме (Mg-Al СДГ), полученный по разработанному в ИХТРЭМС КНЦ РАН способу [11], является эффективным сорбентом по отношению к комплексным ферроцианидным ионам  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  и  $[Fe(CN)_6]^{3-}$ . Целью настоящих исследований являлось изучение сорбционных свойств этого образца Mg-Al СДГ по отношению к ионам Co(II), Cu(II), Sr(II) и Cs(I). Выбор ионов был обусловлен тем, что  $Co^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  являются типичными загрязнителями, присутствующими в водах Мурманской обл., вследствие наличия в регионе предприятий горно-металлургического комплекса (Кольская ГМК), а извлечение долгоживущих и высокотоксичных радионуклидов цезия, стронция является одной из наиболее актуальной задачи при переработке жидких радиоактивных отходов.

В качестве исходных реагентов для получения слоистых двойных гидроксидов магния и алюминия (образец Mg-Al СДГ) были использованы следующие реактивы квалификации «ч.д.а.»:  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  и  $(NH_4)_2CO_3$ . Синтез СДГ осуществляли согласно запатентованной технологии [11]. Определение сорбционной емкости Mg-Al СДГ и констант адсорбционного равновесия относительно ионов  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  и  $Cs^+$  проводили методом ограниченного объема раствора. Обработку экспериментальных данных осуществляли по уравнениям сорбции Фрейндлиха и Ленгмюра в координатах их линейных уравнений (уравнения 1 и 2, соответственно):

$$\ln a_p = \ln k_p + (1/n) \cdot C_p \quad (1)$$

$$\frac{C_p}{a_p} = \frac{1}{a_\infty \cdot k_p} + \frac{C_p}{a_\infty} \quad (2)$$

где:  $a_p$  – величина адсорбции в состоянии равновесия;  $a_\infty$  – емкость адсорбционного монослоя;  $k_p$  – константа адсорбционного равновесия;  $C_p$  – равновесная концентрация вещества,  $1/n$  – константа Фрейндлиха.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ  
И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

По данным РФА, ДТА и химического анализа, полученный образец представлял собой СДГ состава  $Mg_4Al_2(OH)_{12} \cdot CO_3 \cdot 3H_2O$  с хорошо выраженной структурой и удельной поверхностью ( $S_{уд.}$ )  $43,82 \text{ м}^2/\text{г}$ . Более подробно физико-химические свойства образца представлены в работе [10].

На рисунке представлены полученные экспериментальные данные по изучению равновесных характеристик образца Mg-Al СДГ.

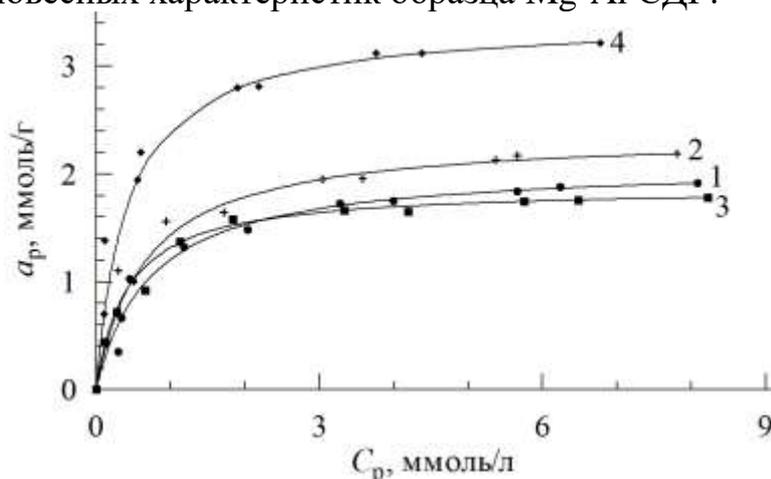


Рисунок – Изотермы сорбции ионов  $Co^{2+}$  (1),  $Cu^{2+}$  (2),  $Sr^{2+}$  (3) и  $Cs^+$  (4) из водного раствора на синтезированном образце Mg-Al СДГ

Обработка результатов экспериментов по линейным формам уравнений Фрейндлиха (1) и Ленгмюра (2) показала, что коэффициенты детерминации  $R^2$  для уравнений Ленгмюра, описывающих процесс сорбции, лежат в диапазоне от 0.985 до 0.999, в то время как для уравнений Фрейндлиха –  $0.780 \div 0.914$ . Таким образом, уравнение Ленгмюра более точно описывает процессы сорбции ионов  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  и  $Cs^+$  на синтезированном образце Mg-Al СДГ.

В таблице представлены результаты математической обработки экспериментальных данных по сорбции, на основании которых были рассчитаны емкости адсорбционного монослоя Mg-Al СДГ по отношению к ионам  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  и  $Cs^+$  и константы адсорбционного равновесия уравнения Ленгмюра.

Таблица – Емкость адсорбционного монослоя ( $a_\infty$ ) и константы адсорбционного равновесия ( $k_p$ ) Mg-Al СДГ по отношению к ионам  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  и  $Cs^+$

Ион	$a_\infty$ , ммоль/г (мг·эква/г)	$k_p$ , л/ммоль
$Co^{2+}$	2.133 (4.266)	1.149
$Cu^{2+}$	2.209 (4.418)	1.845
$Sr^{2+}$	1.883 (3,766)	2.094
$Cs^+$	3.477 (3,477)	1.965

---

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

Полученные результаты адсорбционной емкости синтезированного образца Mg-Al СДГ по ионам  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  хорошо согласуются с литературными данными для аналогичных продуктов – 0,09-0,52 и 0,03-2,50 ммоль/г соответственно [12], что дает основание предполагать о достоверности полученных результатов и в отношении ионов  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{Cs}^+$ .

### Список литературы

1. Перлов А.Г. Технологии очистки природных вод. М.: Изд-во АСВ, 2016. -600 с.
2. O'Shea K.E., Dionysiou D.D. Advanced Oxidation for Water Treatment. *Phys. Chem. Lett.*, 2012, Vol. 3, no 15, pp. 2112-2113.
3. Chee Yang Teh, Pretty Mori Budiman, KatrinaPui Yee Shak, Ta Yeong Wu. Recent Advancement of Coagulation – Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2016, V. 55, no 16, pp. 4363-4389.
4. Arami M., Limaee N.Y., Mahmoodia N.M. Evaluation of the adsorption kinetics and equilibrium for the potential removal of acid dyes using a biosorbent. *Chem. Eng. J.*, 2008, no. 139, pp. 2-10.
5. Wang S.L., Hseu R.J., Chang R.R., Chiang P.N., Chen J.H., Tzou Y.M. Adsorption and thermal desorption of Cr(VI) on Li/Al layered double hydroxide. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2006, no. 277, pp. 8-14.
6. Palmer S.J., Frost R.L. Use of Hydrotalcites from the Removal of Toxic Anions from Aqueous Solutions. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2010. Vol. 49, no 19, pp. 8969-8976.
7. Layered double hydroxides: present and future / edit.by V. Rives. – New York: Nova Publishers, 2001. 439 p.
8. Rojas R.. Layered double hydroxides applications as sorbents for environmental remediation / Hydroxides: Synthesis, types and applications. Nova Science Pub, Ic. 2012, Chapter: 2. pp. 39-71.
9. Renge V. C., Khedkar S. V., Pandey Sh. V. Removal of heavy metals from wastewater using low cost adsorbents: a review. *Sci. Rev. Chem. Commun. J.*, 2012, no. 2(4). pp. 580-584.
10. Копкова Е.К., Кондратенко Т.В., Майоров Д.В. Синтез и сорбционные свойства слоистых двойных гидроксидов магния и алюминия по отношению к цианидным комплексным ионам Fe (II, III). // *Химическая технология*. - 2020. - № 9. - С. 386-394. DOI: 10.31044/1684-5811-2020-21-9-386-394.
11. Пат. 2678007 РФ. Способ получения слоистого гидроксида магния и алюминия. 2019, Бюл. № 3.
12. Xuefeng Liang, Yunbo Zang, Yingming Xu, Xin Tan, Wanguo Hou, Lin Wangb,c, Yuebing Sun. Sorption of metal cations on layered double hydroxides. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2013, Vol. 433, pp. 122-131. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.05.006>

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## ГОРНОЕ ДЕЛО И НАУКИ О ЗЕМЛЕ

**Богданов К.В., Бекетова Е.Б.**

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
В ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКЕ ГОР. +40 М НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ОЛЕНИЙ  
РУЧЕЙ С ИЮНЯ ПО АВГУСТ 2021 г. .... 3

**Егорова Е.С.**

ЛЕДОВИТОСТЬ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И  
МЕТОД ЕЁ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА В ЗИМНИЙ СЕЗОН..... 7

**Коротаев Б.А., Субботина М.В., Никифорова Е.С.**

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СУЖЕНИЯ  
ДИАМЕТРА ГАЗОПРОВОДА НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ  
ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ГАЗА ..... 11

**Лыткин В.А.**

О ПРИРОДЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ  
НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ..... 15

**Лыткин В.А.**

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И БУРОВАЯ ПРОВЕРКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
УЧАСТКОВ НА НЕФТЬ И ГАЗ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО  
ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА..... 20

**Паливода А.А., Опалев А.С.**

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ РУДНОГО СЫРЬЯ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ROSKYDEM..... 24

**Салацкий С.В., Андреева Н.Н.**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДИСТАНЦИОННОГО, БЕСПРОВОДНОГО, НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОГО  
ИНИЦИИРОВАНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ (НА ПРИМЕРЕ АО  
«КОВДОРСКИЙ ГОК»)..... 28

**Сивцев А.И., Сивцев Н.А.**

К ВОПРОСУ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗАЯВИТЕЛЬНОГО  
ПРИНЦИПА ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ..... 31

**Яковлев Н.М.**

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЛАТО РАСВУМЧОРР ..... 36

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

**Вопиловский С.С.**  
ЗНАЧЕНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ..... 40

**Губская Е.И.**  
ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ..... 44

**Зорин А.С.**  
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННОМУ МЕТОДУ ДРОБЛЕНИЯ ТВЁРДЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ..... 48

**Зорин А.С.**  
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДРОБЛЕНИЯ. СИНХРОНИЗАЦИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОНИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ..... 52

**Лазарев Н.И.**  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 56

**Сивцев Н.А.**  
ОПТИМИЗАЦИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)..... 61

**Целищева М.А.**  
ПРИМЕНЕНИЕ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ ..... 65

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Вдовиченко Н.А.**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ..... 68

**Ворсин Д.П., Родионов В.В., Виноградов Н.К.**  
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА (ВЗРЫВ-СХЕМЫ), ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ..... 72

**Мехедова В.А., Фёдоров А.М., Датъев И.О.**  
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
РАЗВЕДОЧНОГО ПОИСКА В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ «ВКОНТАКТЕ» ..... 76

**Неупокоева Е.О., Быстров В.В.**  
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КЛАСТЕРА ..... 80

**Руденко Н.Н.**  
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПОНЕНТА В СРЕДЕ UNITY  
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПО КАРТЕ  
ВЫСОТ ..... 85

## **СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ**

**Игнатенко О.В., Егарева С.В., Мартынова А.А.**  
ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ  
СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО КОЛЛЕДЖА ..... 89

**Уткина Р.В.**  
СТРУКТУРА ДОСУГОВЫХ ЦЕННОСТЕЙ МОЛОДЕЖИ  
(НА ПРИМЕРЕ г. АПАТИТЫ) ..... 93

**Демченко П.В., Христофоров Н.С.**  
СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА МОЛОДЕЖИ СЕКСУАЛЬНОГО  
ВОСПИТАНИЯ ДЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ МОЛОДЕЖИ ГОРОДА  
АПАТИТЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ) ..... 97

## **ЭКОНОМИКА: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И НОВЫЕ ВЫЗОВЫ**

**Архипов А.С., Щеглова А.Н.**  
ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 101

**Белов С.В.**  
ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
МОРСКИХ КОММУНИКАЦИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ СВИНЦОВО-  
ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗАПАДНОМ  
СЕКТОРЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ..... 105

**Воробьёва В.П.**  
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ  
ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ..... 109

**Данилин К.П., Иванова М.В.**  
К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ДОСТИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ  
НЕЙТРАЛЬНОСТИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА . 113  
**Медведева Е.А.**  
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА  
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ ..... 117

**Тарасова К.Д.**  
ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НА  
ПРИМЕРЕ АО «МХК ЕВРОХИМ» ..... 121

**Токаренко А.А.**  
ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ  
ИННОВАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ  
НПО «НАУКА») ..... 125

**Шабалин Р.Д., Щеглова А.Н.**  
ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ..... 129

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

**Алексеева Е.В., Новоселова Ю.В., Левин О.В.**  
КИНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ  
ПРОЦЕССОВ В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ НИКЕЛЯ САЛЕНОВОГО  
ТИПА ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ..... 134

**Николаева Е.В., Николаев С.В.**  
АНАЛИЗ МИРОВЫХ ПРАКТИК ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ..... 137

**Асминг С.В.**  
РЕДКИЕ ВИДЫ ВЫСШИХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ГЕРБАРНОЙ  
КОЛЛЕКЦИИ АПАТИТСКОГО ФИЛИАЛА МУРМАНСКОГО  
АРКТИЧЕСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА..... 141

**Асминг С.В.**  
ЗАРАСТАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ В  
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 145

**Виравчева Л.Л.**  
РОЛЬ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА В  
УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ АРКТИКИ ..... 149

<b>Ефремова А.А., Урусова Е.С.</b> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ ОХТА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД .....	153
<b>Корнилова Л.Ю.</b> КОСМИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА .....	157
<b>Копцева Е.М., Сумин О.И., Кременецкая М.В.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОДЗОНЫ ГИПОАРКТИЧЕСКИХ ТУНДР ЮЖНОГО ЯМАЛА.....	161
<b>Михайлов Р.Е.</b> СОПРЯЖЕННОСТЬ ХРОНОТИПА С УРОВНЕМ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ГЕНОМА У ПОДРОСТКОВ .....	165
<b>Мохова О.Н., Мельник Р.А.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БАЙДАРАЦКОЙ ГУБЕ КАРСКОГО МОРЯ .....	169
<b>Никанова А.В., Китаева А.А., Попова З.С.</b> БАКТЕРИАЛЬНЫЙ МИКРОБИОЦЕНОЗ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ НОСА У БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКОЙ ПОЧЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ .	173
<b>Новикова Т.С.</b> ОПИСАНИЕ ТИПОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА (ВСП) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЦИАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ .....	177
<b>Смирнова М.В., Денисов Д.Б., Петрашова Д.А.</b> ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ ВОДОЕМОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ АЛЛИУМ–ТЕСТА.....	182
<b>Чуева Н.В., Кашулина Г.М., Коробейникова Н.М.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИДЕРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ОКУЛЬТУРЕННЫХ ПОЧВ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ .....	186
<b>Яковлев К.А., Майоров Д.В.</b> СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ИТТРИЕМ .....	190
<b>Яковлев К.А., Майоров Д.В., Копкова Е.К.</b> СОРБЦИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ НА СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДАХ Mg-Al .....	194

*Научное издание*

**БУДУЩЕЕ АРКТИКИ НАЧИНАЕТСЯ ЗДЕСЬ**  
Сборник материалов  
IV Региональной научно-практической конференции  
(19-20 апреля 2022 г.)

Ответственный редактор Вицентий И.В.

Филиал МАГУ в г. Апатиты  
184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Лесная, д. 29  
<http://www.arcticsu.ru/>