

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования**

**«ЗАПОЛЯРНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.М. ФЕДОРОВСКОГО»**

**НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
АРКТИКИ**

№18

Норильск 2025

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК АРКТИКИ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№18

Издатель:

ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Журнал издается с 2007 года

**Включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)**

Входит в базу ВИНТИ

Адрес редакции:

663310, г. Норильск, ул. 50 лет Октября, 7
ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Тел.. 8(3919) 45-70-41, доб. 144

E-mail: rio@norvuz.ru



При оформлении обложки использовано фото *А. Харитонова*

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведение материалов, публикуемых в журнале, возможны только с письменного разрешения редакции.

При перепечатке ссылка на журнал «Научный вестник Арктики» обязательна.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Тарасевич Аркадий Викторович – кандидат химических наук, проректор по научной работе и международной деятельности Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Демченко Олег Николаевич – кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры философии, истории и иностранных языков Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Беляев Игорь Сергеевич – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой информационных систем и технологий Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

Ванюкова Наталья Дмитриевна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

Дарбинян Тигран Петросович – кандидат технических наук, директор Департамента горного производства ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»

Добжанская Оксана Эдуардовна – доктор искусствоведения, профессор кафедры искусствоведения Арктического государственного института культуры и искусства (г. Якутск)

Елесин Михаил Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и теплогазоводоснабжения Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

Крупнов Леонид Владимирович – кандидат технических наук, доцент, главный металлург – начальник управления технологического планирования и контроля Научно-технического департамента ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»

Платов Сергей Иосифович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и технологий обработки давлением и машиностроения Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова (г. Магнитогорск)

Разгон Антон Викторович – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и финансов Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, Алтайский филиал (г. Барнаул).

Федоров Андрей Аполлинарьевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

Федотова Ольга Дмитриевна – доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой «Начальное образование» Донского государственного технического университета (г. Ростов-на-Дону).

Черемисин Алексей Александрович – кандидат географических наук, доцент, декан горно-технологического факультета Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

Шигалутон Станислав Хазретович – доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физико-математических дисциплин Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

Щадов Геннадий Иванович – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых Заполярного государственного университета им. Н.М. Федоровского

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

TECHNICAL SCIENCES

Терехин С.Н., Зубаха Е.И.

Способ безотходной переработки металлургического шлака
Никелевого завода методом рентгенорадиометрической
сепарации

Terekhin S.N., Zubakha E.I.

A method of waste-free processing of metallurgical waste from a
nickel plant by x-ray radiometric separation.....6

Васильев В.О., Епифанов М.И.

Опыт реализации пилотного проекта по оснащению источников
загрязнения атмосферного воздуха предприятий ЗФ ПАО «ГМК
«Норильский никель» средствами автоматического контроля
Выбросов на примере Надеждинского металлургического
завода им. Б.И. Колесникова

Vasiliev V.O., Epifanov M.I.

The experience of implementing a pilot project to equip sources
of atmospheric air pollution at the enterprises of PJSC MMC Norilsk
Nickel with automatic emission control facilities using the example
of the Nadezhdinsky metallurgical plant named
after B.I. Kolesnikov.....12

Дидин С.В., Давтян А.В.

Реализация «Серной программы» на Надеждинском
металлургическом заводе имени Б.И. Колесникова

Didin S.V., Davtyan A.V.

Implementation of the «Sulfur program» at the Nadezhdinsky
metallurgical plant named after B.I. Kolesnikov.....19

Лавшенок В.А., Лавшенок А.В.

Влияние климатических изменений на гидротехнические
сооружения Норильского промышленного района

Lavshonok V.A., Lavshonok A.V.

The impact of climate change on the hydraulic structures
of the Norilsk industrial district.....29

Набиуллин Р.Р., Савина В.В., Таджибова А.К.

Опыт Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель»
по оптимизации поставок оборудования и материалов
для горно-металлургического производства

Nabiullin R.R., Savina V.V., Tadjibova A.K.

The experience of the Polar branch of PJSC MMC Norilsk Nickel
in optimizing the supply of equipment and materials for mining
and metallurgical production.....35

Туртыгина Н.А., Кокошка И.П., Рыженков К.А.

Рационализация способа точного ориентирования в подземных
условиях рудника

Turtygina N.A., Kokoshka I.P., Ryzhenkov K.A.

Rationalization of the method for accurate orientation
in underground mine conditions.....41

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

NATURAL SCIENCES

Дудина О.В., Иванова М.В., Рябушкин А.И., Царенко С.Б.

Большая Норильская экспедиция как источник новых
данных об экосистемах арктического региона России

Dudina O.V., Ivanova M.V., Ryabushkin A.I., Tsarenko S.B.

The great Norilsk expedition as a source of new data on
ecosystems of the Arctic region of Russia.....52

Чеботаев А.В., Артеменко В.О., Бондарев Р.В.

Принципы ESG и их внедрение в Норильском дивизионе
ПАО «ГМК «Норильский никель»

Chebotaev A.V., Artemenko V.O., Bondarev R.V.

ESG principles and their implementation in the Norilsk Division
of MMC Norilsk Nickel.....60

Дементьев Ю.И., Лушникова Г.А.

Математика финансовых рисков

Dementiev Yu.I., Lushnikova G.A.

The mathematics of financial risks.....74

СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

HUMANITIES SCIENCES

Добжанская О.Э.

Музыкальная культура коренных народов Таймыра
в трудах профессора Ю.И. Шейкина

Dobzhanskaya O.E.

Musical culture of indigenous peoples of Taimyr
in scientific works of Professor Yuri Sheikin.....80

Петров А.М., Попов А.Н., Барановская Е.Н.

Цифровая культура как новое междисциплинарное веяние.
Часть 1

Petrov A.M., Popov A.N., Baranovskaya E.N.

Digital culture as a new interdisciplinary trend. Part 1.....88

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 6–11.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):6–11.

Технические науки

Научная статья
УДК 669.243.8:669.054.82 (571.511)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_6–11

**СПОСОБ БЕЗОТХОДНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ШЛАКА НИКЕЛЕВОГО ЗАВОДА МЕТОДОМ
РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ**

Терехин Сергей Николаевич

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: TerehinSN@normik.ru

Зубаха Елена Ивановна

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: ZubahaEI@normik.ru

Аннотация. В статье рассматривается процесс образования шлака металлургического как элемент технологического процесса металлургического производства. Отмечается приверженность Компании принципам экологической и социальной ответственности, исполнению планов Стратегии в области экологии и изменения климата. Описывается способ ликвидации объекта размещения отхода методом рентгенометрической сепарации в качестве инновационной, экологически чистой и наиболее эффективной технологии, включающей в себя использование рентгеновских лучей и компьютерной диагностики результатов. Рассматриваются виды и свойства продуктов, получаемых в процессе применения технологии переработки. Освещается возможность вовлечения обогащенного продукта в производственную цепочку Заполярного филиала.

Ключевые слова: шлак отвальный металлургический, стратегия в области экологии и изменения климата, инсинераторная установка, ликвидация, рентгенометрическая сепарация, обогащение, концентрат никельсодержащий, ПАО «ГМК «Норильский никель», ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

Для цитирования: Терехин С.Н., Зубаха Е.И. Способ безотходной переработки металлургического шлака Никелевого завода методом рентгенометрической сепарации // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 6–11. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_6–11.

Technical sciences

Original article

**A METHOD OF WASTE-FREE PROCESSING OF METALLURGICAL WASTE
FROM A NICKEL PLANT BY X-RAY RADIOMETRIC SEPARATION**

Sergey N. Terekhin

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: TerekhinSN@normik.ru

Elena I. Zubakha

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: ZubakhaEI@normik.ru

Abstract. The article considers the process of metallurgical slag formation as an element of the technological process of metallurgical production. The Company's commitment to the principles of environmental and social responsibility, and the implementation of Environmental and Climate Change Strategy plans is noted. A method for eliminating a waste disposal facility by X-ray radiometric separation is described as an innovative, environmentally friendly and most effective technology, including the use of X-rays and computer diagnostics of the results. The types and properties of products

obtained during the application of processing technology are considered. The possibility of involving the enriched product in the production chain of the Polar Branch is highlighted.

Keywords: metallurgical dump slag, strategy in the field of ecology and climate change, incinerator installation, liqui-dation, X-ray radiometric separation, enrichment, nickel-containing concentrate, PJSC MMC Norilsk Nickel, ZF PJSC MMC Norilsk Nickel.

For citation: Terekhin S.N., Zubakha E.I. A method of waste-free processing of metallurgical waste from a nickel plant by x-ray radiometric separation. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):6–11. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_6-11.

История легендарного Никелевого за- вода за Северным полярным кругом, рас- положенного на полуострове Таймыр, началась в военный 1942 год, когда были выданы первые тонны никеля на маши- ностроительные заводы Урала, где выпус- кались боевые танки, броня которых была усилена норильским никелем [2].

В 2016 г. в соответствии со стратегией развития ПАО «ГМК «Норильский ни- кель», Соглашением с федеральными и региональными органами власти от 23.05.2014 г. о взаимодействии в рамках реализации целевой комплексной про- граммы закрытия устаревшего Никеле- вого производства и решением экологи- ческих и социальных задач в г. Нориль- ске производственные мощности Нике- левого завода были остановлены.

Технологический процесс металлур- гического производства на Никелевом заводе был неотъемлемо связан с образо- ванием большого количества производ- ственных отходов разного класса опасно- сти (от III до V) в твердом, пастообразном и жидком состояниях: это шлак отваль- ный металлургический, золошлаки, фу- сосмолы и железистый кек. На период остановки производственных мощностей количество отходов составляло порядка 30 млн. т. Площадки размещения отхо- дов составляют порядка 70 га со своей инфраструктурой – железные и автомо- бильные дороги, переезды, системы жиз- необеспечения и т.д. [1; 2].

Учитывая приверженность Компа- нии принципам экологической и соци- альной ответственности, исполнению планов Стратегии в области экологии и изменения климата, а также с целью со- блюдения требований природоохран-

ного законодательства Российской Феде- рации объекты размещения отходов Ни- келевого завода в ближайшем будущем ждёт полная ликвидация [14; 15].

Определены способы по ликвидации железистого кека и золошлаков, также принято решение по ликвидации фу- сосмол методом переработки (сжигания) на инсинираторной установке.

Самой сложной задачей было опреде- лить метод ликвидации шлака метал- лургического, которого за весь период работы завода накопилось несколько де- сятков миллионов тонн.

Шлак отвальный является продук- том плавки медно-никелевой сульфид- ной шихты в руднотермических печах. При электроплавке в шлак переходят компоненты пустой породы руды, агло- мерата, оборотов, флюсов (оксиды и си- ликаты). Выход шлака при электро- плавке составляет до 80% от массы твер- дой шихты.

Основными составляющими шлака являются оксид кремния и оксид железа (II), сумма которых составляет от 78% до 85%, а также оксиды кальция, магния и алюминия, сумма которых не превы- шает 5%. Кроме этого, в шлаке содер- жится незначительное количество ок- сида железа (III) (магнетита) – от 1% до 3% и цветных металлов в сульфидной и оксидной форме (от 0,3% до 0,5%). Содер- жание цветных металлов в шлаке зави- сит от состава шлака, штейна, их темпе- ратуры и условий ведения технологиче- ского процесса.

Средний химический состав отвального шлака

Массовая доля, %								
Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
0,090	0,120	0,060	31,600	1,180	35,100	5,740	5,580	7,490

Жидкий отвальный шлак руднотермических печей транспортировался в шлаковозных чашах на шлакоотвал и сливался на имеющихся сливах в отвал для охлаждения (рис. 1). Температура отвального шлака при выпуске через шпуровое отверстие руднотермических печей составляла порядка 1200 °С [3–5].



Рис. 1 Слив шлака на шлакоотвале

При выборе способа ликвидации объекта размещения отходов – шлакоотвал Никелевого завода – рассматривались разные варианты, но все сводилось к построению обогатительного/металлургического передела для переработки шлака. Было рассмотрено множество идей, даже такая, как поиск потребителей на территории и за границами РФ, вывоз шлака морским/речным флотом за счет покупателя.

С помощью специалистов проектной организации ООО «Барс» для ликвидации шлакоотвала Никелевого завода был выбран оптимальный вариант по переработке шлака методом рентгенометрической сепарации (РСС).

В основе технологии заложено современное технологическое оборудование

для покусковой сепарации – рентгенометрические сепараторы, содержащие современные вычислительные средства и программное обеспечение, лучшие рентгеновские аппараты и блоки детектирования, электротехнические и электронные устройства. К достоинствам метода (РСС) следует отнести то, что это единственный «прямой» метод оценки присутствия большинства элементов, содержащихся в руде или любом кусковом материале, по сравнению с известными «косвенными» традиционными «мокрыми» методами обогащения (флотация, гравитация). Технология предназначена для выделения из отходов горно-металлургического производства целевых продуктов, в т.ч. черных и цветных металлов, полиметаллических руд и т.д. Установка состоит из набора технологического оборудования, а также дополнительных узлов и комплектующих изделий, а именно:

- оборудования: дробление (щековая дробилка), грохочение (вибрационный грохот), сепарирование (сепараторы типа «Ангстрем»);

- комплектующих изделий: конвейерное оборудование, пробоотборники, электросиловое оборудование, шкафы управления;

- карьерная гусеничная и колесная техника.

Основные принципы, заложенные в схему обогащения (утилизации, переработки):

- дробление исходного материала на щековой дробилке с предварительным грохочением;

- классификация (сегрегация, разделение, грохочение) дроблёного материала на грохоте;

- обогащение в рентгенометрическом сепараторе с выделением концентрата и промпродукта («хвосты») [6; 7].

Дробление и грохочение. Отделение дробления на комплексе предусматривает подачу исходного материала крупностью 400 мм со склада промплощадки

погрузчиком в бункер, из которого исходный материал проходит через щековую дробилку типа СМД 109 (или аналог), далее на грохот типа ГИС 63 (или аналог), после разделения на машинный класс по конвейерному транспортеру поступает в бункер РРС. Материал классов крупности 20–40 мм, 40–70 мм, 70–120 мм является питанием двух каскадов РР-сепараторов.

РРС-сепарация. Рентгенорадиометрический метод сепарации основывается на принципе трансмиссии рентгеновских лучей, т.е. рентгеновские лучи просвечивают перерабатываемый материал, и камера, чувствительная к рентгеновским лучам, определяет интенсивность рентгена, проходящего сквозь материал. Компьютер оценивает разницу между входящим и исходящим излучением. Получающаяся при этом разница интенсивности (абсорбция) позволяет делать конкретные заключения об атомной структуре исходного материала. Абсорбция зависит от атомной плотности полезного элемента и толщины материала. Чем больше атомная масса и чем толще частица, тем больше поглощение. Для компенсации влияния толщины куска материала оценивается относительная абсорбция при двух различных степенях интенсивности рентгеновского излучения («двойная энергия»), таким образом, программой настройки учитывается размер куска при сепарации [6–13].

При использовании данной технологии образуется два продукта:

- продукт 1 – это концентрат никельсодержащий, представляющий собой вторичные металлы, предназначенные для возвращения в металлургическую цепочку;

- продукт 2 – это грунт техногенный (сертифицированный шлаковый щебень), предназначенный для дальнейшего применения в качестве дорожного материала, обратной отсыпки выработанного пространства, грунтов для ре-

культивации земель, изоляционного материала на объектах размещения отходов, отсыпки дамб и т.д.

Рентгенорадиометрическая сепарация – это инновационная, экологически чистая и наиболее эффективная технология предварительного обогащения минерального сырья и техногенных образований, которая позволяет повысить качество любых руд за счет отбраковки пустой породы, используя рентгеновское излучение (рис. 2) [8]. В перспективе данный способ также будет опробован при обогащении техногенных промпродуктов действующего производства, по результатам чего будет выполнено сравнение с существующей технологией их переработки [16–17].

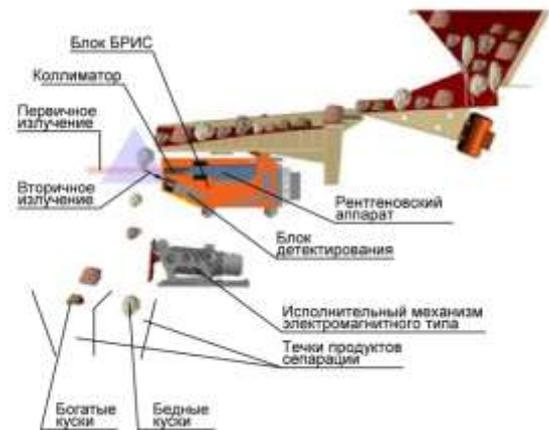


Рис. 2. Технологическая схема РРС

По результатам опытно-промышленных испытаний по переработке шлаков Никелевого завода методом кусковой сепарации (рис. 3) получены следующие выводы:

1. Установлена принципиальная возможность применения предложенной технологии для обогащения отвального шлака. В целом РРС позволила сконцентрировать в обогащенный продукт относительно поступившего на сепарацию материала с увеличенным содержанием: Ni – в 1,81–4,41 раза; Cu – в 1,51–2,33 раза; Co – в 1,53–3,24 раза, также увеличилась концентрация драгоценных металлов.

2. Вовлечение обогащенного продукта возможно в производственной це-

почке Заполярного филиала для загрузки металлургических мощностей с учетом соблюдения технологических параметров плавильных агрегатов.



Рис. 3. Общий вид площадки для проведения испытаний

Опытная партия вторичного продукта – техногенный грунт (шлаковый щебень) – была исследована в лабораторных условиях. По результатам разработаны технические условия на применение этого материала, получен сертификат соответствия на материал.

Таким образом, ликвидируя объект размещения отходов, Компания одновременно достигает несколько целей, не противоречащих общей концепции экологической стратегии и развития производства.

В настоящий момент проектная документация на ликвидацию шлакоотвала Никелевого завода проходит заключительный этап – государственную экологическую экспертизу. Проектом предусматривается полная переработка металлургического шлака, отправка потребителям полученных материалов/концентратов и полная рекультивация шлакоотвала и прилегающей к нему территории. Планируемые сроки реализации проекта 10–15 лет.

Проект ликвидации не имеет аналогов, он уникален не только своим грандиозным масштабом, сроками и не менее грандиозным объемом финансовых вложений, но и стратегическим подходом, в первую очередь, к решению экологических аспектов, первостепенной целью которых является улучшение экологической обстановки на территории Норильского промышленного района.

Список источников

1. Производство металлов за полярным кругом / под общ. ред. Н.Г. Кайтмазова. Норильск: Антейд лимитед, 2007. С. 126–173.
2. Толстов В.А. Никелевый. История одного завода. Тверь: Юнга, 2020. С. 8–21.
3. Веселовский А.А. Переработка отвальных никелевых шлаков с доизвлечением металлов. М.: Инфра-Инженерия, 2020. С. 21–28.
4. Теория пирометаллургических процессов / В.Б. Фомичев, О.В. Носова, Л.И. Рогова, Л.В. Крупнов. Норильск: НГИИ, 2020. С. 47–61.
5. Физико-химические исследования оксидов и шлаковых систем: монография / Б.Р. Гельчинский, Э.В. Дюльдина, В.Н. Селиванов, Д.К. Белашенко. М.: Физматлит, 2017. С. 5–23.
6. Мокроусов В.А., Лилеев В.А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. М.: Недра, 1979. 192 с.
7. Кобзев А.С. Направления развития и проблемы радиометрических методов обогащения минерального сырья // Обогащение руд. 2013. №1.
8. Технология обогащения медно-никелевых руд // Техноаналитприбор: [сайт]. URL: www.techade.ru.
9. Reducing mine water requirements / A.J. Gunson, B. Klein, M. Veiga, W.S. Dunbar // Journal of Cleaner Production. 2012. №21. P. 71–82.
10. Viable application of sensor-based sorting for the processing of mineral resources / H. Knapp, K. Neubert, C. Schropp, H. Wotruba. *ChemBioEng Rev.* 2014;(3):86–95.
11. Kobzev A. History of sensor-based sorting in CIS // Sensor-Based Sorting. 2014. P. 39–48.
12. Mazhary A., Klein B. Heterogeneity of low-grade ores and amenability to sensor-based sorting // Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors. Ottawa, 2015.

13. Крупнов Л.В., Мидюков Д.О., Малахов П.В. Направление поддержания сырьевой базы медно-никелевой подотрасли // Обогащение руд. 2022. №2. С. 37–41.

14. Изменение ресурсной базы производства тяжелых цветных металлов на примере меди и никеля / Л.В. Крупнов, Д.О. Мидюков, М.С. Дациев, В.Б. Ильин // Горный журнал. 2024. №3. С. 10–15.

15. Анализ металлургии кобальта в России и подходы к повышению извлечения металла в готовую продукцию / Л.В. Крупнов, П.В. Малахов, С.С. Озеров, Р.А. Пахомов // Цветные металлы. 2023. №7. С. 25–33.

16. Повышение извлечения кобальта при конвертировании на медно-никелевый файнштейн / П.В. Малахов, Л.В. Крупнов, Р.А. Пахомов [и др.] // Металлургия цветных, редких и благородных металлов: сборник докладов. Красноярск, 2023. С. 301–317.

References

1. Production of metals beyond the Arctic Circle / edited by N.G. Kaitmazov. Norilsk: An-teid Limited, 2007. Pp. 126–173.

2. Tolstov V.A. Nickel. History of one plant. Tver: Yunga, 2020. Pp. 8–21.

3. Veselovsky A.A. Processing of waste nickel slags with additional metal extraction. Moscow: Infra-Engineering, 2020. Pp. 21–28.

4. Theory of pyrometallurgical processes / V.B. Fomichev, O.V. Nosova, L.I. Rogova, L.V. Krupnov. Norilsk: NGII, 2020. Pp. 47–61.

5. Physicochemical studies of oxides and slag systems: monograph / B.R. Gelchinsky, E.V. Dyul'dina, V.N. Selivanov, D.K. Belashchenko. M.: Fizmatlit, 2017. Pp. 5–23.

6. Mokrousov V.A., Lileev V.A. Radiometric enrichment of non-radioactive ores. M.: Nedra, 1979. 192 p.

7. Kobzev A.S. Development directions and problems of radiometric methods for enrichment of mineral raw materials. *Ore enrichment*. 2013;(1).

8. Copper-nickel ore enrichment technology // *Tekhnoolitpribor*: [website]. URL: www.techade.ru.

9. Reducing mine water requirements / A.J. Gunson, B. Klein, M. Veiga, W.S. Dunbar // *Journal of Cleaner Production*. 2012;(21):71–82.

10. Viable application of sensor-based sorting for the processing of mineral resources /

H. Knapp, K. Neubert, C. Schropp, H. Wotruba // *ChemBioEng Rev*. 2014;(3):86–95. (In Russ.).

11. Kobzev A. History of sensor-based sorting in CIS. *Sensor-Based Sorting*. 2014:39–48 (In Russ.).

12. Mazhary A., Klein B. Heterogeneity of low-grade ores and amenability to sensor-based sorting // Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors. Ottawa, 2015.

13. Krupnov L.V., Midyukov D.O., Malakhov P.V. Direction of maintaining the raw material base of the copper-nickel sub-sector. *Ore enrichment*. 2022;(2):37–41. (In Russ.).

14. Changes in the resource base for the production of heavy non-ferrous metals using copper and nickel as an example / L.V. Krupnov, D.O. Midyukov, M.S. Datsiev, V.B. Ilyin. *Mining journal*. 2024;(3):10–15. (In Russ.).

15. Analysis of cobalt metallurgy in Russia and approaches to increasing metal extraction in finished products / L.V. Krupnov, P.V. Malakhov, S.S. Ozerov, R.A. Pakhomov. *Non-ferrous metals*. 2023;(7):25–33. (In Russ.).

16. Increasing cobalt recovery during conversion to copper-nickel converter matte / P.V. Malakhov, L.V. Krupnov, R.A. Pakhomov [et al.]. // *Metallurgy of non-ferrous, rare and noble metals: collection of reports*. Krasnoyarsk, 2023. P. 301–317.

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 12–18.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):12–18.

Технические науки

Научная статья
УДК 681.518.5:504.3.054 (571.511)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_12–18

**ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА ПО ОСНАЩЕНИЮ
ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
ПРЕДПРИЯТИЙ ЗФ ПАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ» СРЕДСТВАМИ
АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ НА ПРИМЕРЕ
НАДЕЖДИНСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА
ИМ. Б.И. КОЛЕСНИКОВА**

Васильев Владимир Олегович
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: VasilevVO@normik.ru

Епифанов Максим Игоревич
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: Epifanov MI@normik.ru

Аннотация. Целью работы является исследование проблемы оснащения стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха (ИЗАВ) системами автоматического контроля выбросов (САКВ) на объектах I категории, определенных в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды. ООО Научно-производственным предприятием «ГКС» г. Казань разработана система автоматического контроля выбросов на 5 источников загрязнения атмосферного воздуха, расположенных на Надеждинском металлургическом заводе имени Б.И. Колесникова Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» (НМЗ). Приводится структурная схема САКВ, описание работы системы, приведены характеристики основного оборудования, примененного в проекте. Опыт внедрения САКВ на НМЗ показывает, что система повышает эффективность работы экологической службы компании ПАО «ГМК «Норильский никель» за счет контроля в реальном времени за выбросами, презентабельности измерений и уменьшает репутационные риски Компании.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ, системы автоматического контроля выбросов, отходящие газы, газоанализаторы, пылеизмерители, расходомеры, импортозамещение.

Для цитирования: Васильев В.О., Епифанов М.И. Опыт реализации пилотного проекта по оснащению источников загрязнения атмосферного воздуха предприятий ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» средствами автоматического контроля выбросов на примере Надеждинского металлургического завода им. Б.И. Колесникова // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 12–18. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_12–18.

Technical sciences

Original article

**THE EXPERIENCE OF IMPLEMENTING A PILOT PROJECT TO EQUIP
SOURCES OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION AT THE ENTERPRISES
OF PJSC MMC NORILSK NICKEL WITH AUTOMATIC EMISSION CONTROL
FACILITIES USING THE EXAMPLE OF THE NADEZHINSKY
METALLURGICAL PLANT NAMED AFTER B.I. KOLESNIKOV**

Vladimir O. Vasiliev
MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: VasilevVO@normik.ru

Maxim I. Epifanov

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

E-mail: Epifanov MI@nornik.ru

Abstract. The aim of the work is to study the problem of equipping stationary sources of atmospheric air pollution (ISAV) with automatic emission control systems (SAKS) at category I facilities defined in accordance with legislation in the field of environmental protection. Kazan Scientific and Production Enterprise GKS LLC has developed an automatic emission control system for 5 sources of atmospheric air pollution located at the Nadezhdinsky Metallurgical Plant named after B.I. Kolesnikov of the Polar Branch of PJSC MMC Norilsk Nickel (NMZ). The structural scheme of the SAC, the description of the system operation, and the characteristics of the main equipment used in the project are given. The experience of implementing SAKS at NMZ shows that the system improves the efficiency of the environmental service of PJSC MMC Norilsk Nickel (Norilsk Nickel) by monitoring emissions in real time, making measurements presentable, and reducing the company's reputational risks.

Keywords: pollutant emissions, automatic emission control systems, exhaust gases, gas analyzers, dust meters, flow meters, import substitution.

For citation: Vasiliev V.O., Epifanov M.I. The experience of implementing a pilot project to equip sources of atmospheric air pollution at the enterprises of PJSC MMC Norilsk Nickel with automatic emission control facilities using the example of the Nadezhdinsky metallurgical plant named after B.I. Kolesnikov. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18): 12–18. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_12-18.

Введение. Как и любое промышленное предприятие, производства «Норникеля» выбрасывают загрязняющие вещества в атмосферу. «Норникель» – социально ориентированная и экологически ответственная Компания национального масштаба, активно поддерживающая инициативы в области экологии, таких как федеральный проект «Чистый воздух» национального проекта «Экология». В рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» руководством Компании решено реализовать пилотный проект по обвязке пяти ИЗАВ на НМЗ с выводом показаний загрязнения в государственные органы на сайт Росприроднадзора (РПН) [4]. Ключевым оборудованием САКВ являются газоанализаторы, пылеизмерители и расходмеры. Система автоматизирована и обеспечивает выдачу унифицированных данных в непрерывном режиме. Данные будут выводиться на общедоступный сервер с возможностью свободного доступа пользователей. Строительно-монтажные работы завершены, ведется пуско-наладка оборудования, реализация требований информационной безопасности Компании. Ожидаемый срок ввода системы в эксплуатацию – сентябрь 2024 года.

Руководством Компании последовательно решаются задачи экологического мониторинга промышленных объектов, имеющих источники выбросов загрязняющих веществ

В соответствии с пунктом 9 статьи 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7–ФЗ «Об охране окружающей среды» (далее – ФЗ), предприятия, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, обязаны оснастить источники выбросов загрязняющих веществ на объектах I категории автоматическими средствами измерения и учета показателей выбросов [1; 2].

Реализация требований ФЗ предполагается в несколько этапов. В данный момент реализуется 1 этап – пилотный проект ИТ.Р.22–33 «Оснащение источников загрязнения атмосферы средствами автоматического контроля выбросов на НМЗ». В соответствии с проектом выполняются работы по обвязке пяти источников, загрязняющих атмосферный воздух. В контур проекта попали дымовые трубы 1 и 2 плавильных цехов, «свеча», используемая на время ремонта газохода конвертерного отделения плавильного цеха №2, а также установки очистки отходящих газов сероплавильного участка Цеха производства элементарной серы №1 НМЗ.

При проведении анализа рынка в 2021 г. было найдено несколько потенциальных вендоров: ООО «ЛИТ-Инжиниринг», АО «ЭННОВА», ООО «Эмерсон», ООО НПП «ГКС», ООО «Рос Интек» и др., для реализации проекта. В запрошенных технико-коммерческие предложения, основной парк предлагаемого оборудования – импортного производства, что в существующих геополитических реалиях сложно реализуемо. Вследствие наложенных санкций на Российскую Федерацию Компании пришлось учитывать ряд вопросов, связанных с импортозамещением. После проведения тендерных процедур, в соответствии с установленными закупочными процедурами Компании, к выполнению работ приступил поставщик ООО Научно-производственное предприятие «ГКС» г. Казань.

Заполярный филиал «Норникеля» находится на территории Крайнего Севера с суровыми климатическими условиями, с температурами зимой до -50°C . В перечень ИЗАВ, попавшие под оснащение САКВ в пилотном проекте, попали две дымовые трубы (ДТ) высотой 250 м. Установка отборов САКВ непосредственно на дымовых трубах должна быть на отметке около 150 м, что в условиях Крайнего Севера, без изменения конструкции самой трубы, связана с рисками выхода из строя системы, и невозможностью обслуживания САКВ в зимний период, который длится более 8 месяцев. Проектной командой было решено устанавливать системы на газоходах, подводящие отходящие газы – непосредственно к дымовым трубам, что увеличило количество систем (на каждую ДТ подводится по два газохода).

На рис. 1 приведена структурная схема системы, создаваемой в рамках проекта, позволяющая получить комплексное экологическое разрешение [2], предназначенная для выполнения следующих основных функций:

- принудительный отбор пробы отходящих газов;

- очистка пробы от загрязнений и подготовка пробы к анализу в соответствии со спецификацией газоанализатора;

- транспортировка пробы с помощью подогреваемой линии с автоматическим контролем температуры и возможностью продувки чистым воздухом или азотом;

- измерение объемной доли (массовой концентрации) загрязняющих веществ, кислорода O_2 и паров воды H_2O ;

- измерение температуры, давления, скорости, массовой концентрации твердых (взвешенных) частиц;

- приведение результатов измерений к нормальным условиям (0°C и $101,3\text{ кПа}$);

- приведение результатов измерений к сухому газу;

- усреднение результатов измерений за 20 мин.;

- расчет объемного расхода газового потока, массового (в г/с, кг/ч) и валового (т/год) выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

- сбор, хранение и передача данных во внешнюю сеть.

Результаты измерений от всех измерительных каналов передаются на контроллер системы, который проводит преобразование, обработку и хранение результатов измерений, осуществляет передачу на удаленный сервер и персональный компьютер (ПК), установленный в шкафу системы.

ПК представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, основные функции которого:

- отображение текущих результатов измерений;

- отображение расчетных данных;

- представление на мнемосхеме состояния основных узлов системы (насосы, клапаны и т.п.);

- управление в ручном режиме элементами системы;

- отображение предаварийных и аварийных состояний, квитирование состояний;

- функция автоматической и ручной «заморозки» архивирования показаний в аварийных режимах и на время проведения сервисных работ;

- настройки установок предаварийных и аварийных состояний;
- передача данных на сервер системы мониторинга.

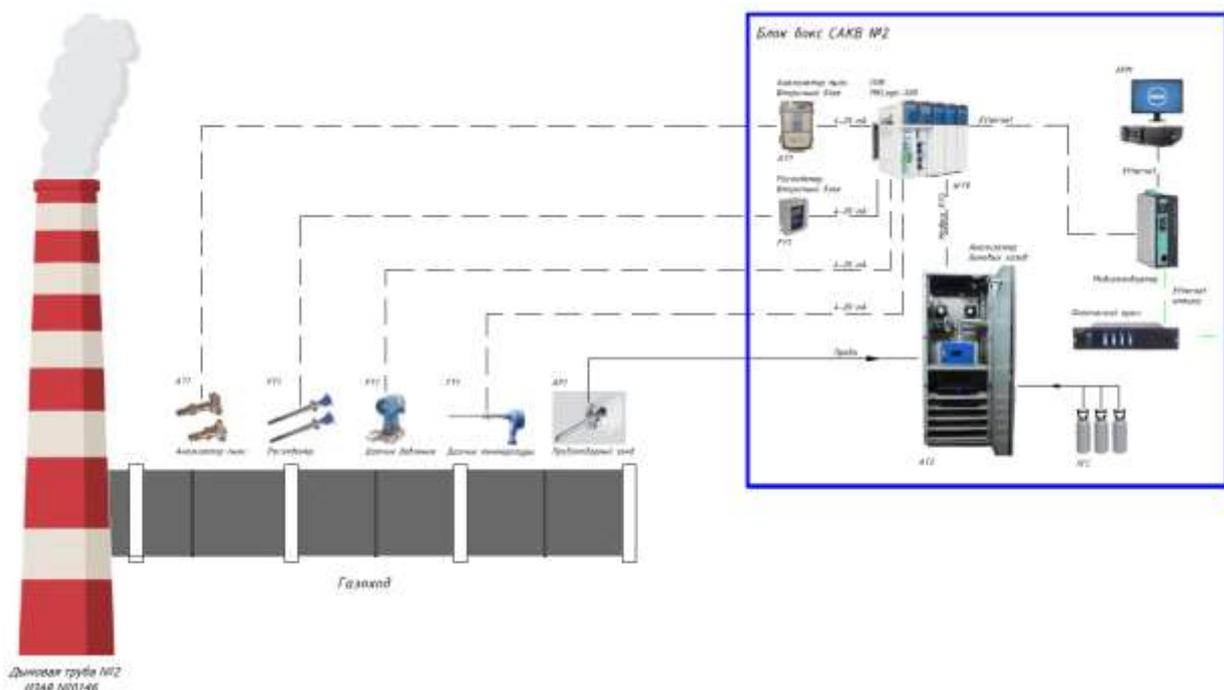


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического контроля выбросов

Система скомпонована из оборудования отечественных производителей, что было одним из основных требований Компании при подборе подрядчика на выполнение работ.

Газоанализатор инфракрасный многокомпонентный МС3002 (рис. 2) производства ООО «МС Сервис» представляет собой однолучевой инфракрасный фотометр, который использует два метода измерения: метод двойной длины волны одного луча и метод корреляции газового фильтра [3].

Газоанализатор МС3002 обеспечивает прямые непрерывные инструментальные измерения до 9 компонентов одновременно. Измерения пробы проводятся без охлаждения и осушки (горячий/влажный метод). Нормирована суммарная погрешность анализатора в рабочих условиях. Максимальная температура измеряемого газа +200 °С.



Рис. 2. Внешний вид газоанализатора МС3002

Пылеизмеритель лазерный ЛПИ-05 (рис. 3) производства ООО НТЦ «Промприбор» предназначен для определения концентрации взвешенных веществ в дымовых газах. Принцип действия прибора – опτικο-абсорбционный [4], заключающийся в измерении ослабления излучения полупроводникового лазера в газопылевых потоках, отходящих от стационарных источников загрязнения.



Рис. 3. Внешний вид пылемера ЛПИ-05

Расходомер-счетчик ультразвуковой «ВЗЛЕТ РГ» производства АО «Взлет» предназначен для измерения скорости дымовых газов и расчёта расхода, приведённого к нормальным условиям. Расходомер состоит из двух блоков – приемопередатчиков, устанавливаемых в трубопровод, и вторичного преобразователя, монтируемого в удобном для обслуживания месте (рис. 4).



Рис. 4. Внешний вид расходомера «ВЗЛЕТ РГ»

Кроме того, в состав системы входит следующее оборудование: преобразователь давления измерительный АИР-20 производства ООО НПП «Элемер», термомпреобразователь с унифицированным выходным сигналом ТПУ 0304 производства ООО НПП «Элемер», контроллер МКLogic серии 500 производства ООО «Нефтеавтоматика», обогреваемая линия транспортировки пробы производства ООО НПО «РИЗУР».

Компоненты системы находятся в блок-боксах с системами жизнеобеспечения (кондиционирование, вентиляция,

пожарная сигнализация), подготовки и производства воздуха, также установлена система подачи поверочных газовых смесей для калибровки газоанализаторов. Для обеспечения обслуживания оборудования на газоходах установлены площадки обслуживания. Первичные датчики на газоходе для устойчивой работы в северном климате установлены в подогреваемых термочехлах.

На каждой системе автоматического контроля выбросов в целях удобства обслуживания, сбора и обработки данных имеется свое автоматическое рабочее место (АРМ) с установленным антисанкционным программным обеспечением – операционной системой Астра Линукс, а для обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения, архивирования информации об объекте мониторинга и управления – master SCADA 4D. Данные отображаются на мнемосхеме (рис. 5).

Итоговым результатом реализации проекта является передача данных о количестве вредных выбросов в Росприроднадзор, что позволит решить широкий круг вопросов по анализу ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе [5]. Результаты мониторинга будут выводиться на общедоступный сервер с возможностью свободного доступа пользователей. На данный момент строительномонтажные работы по проекту завершены, ведётся пуско-наладка.

Ожидаемый срок ввода систем мониторинга пилотного проекта в промышленную эксплуатацию – июнь 2024 года.

В данный момент правительством РФ разрабатывается проект закона и методика о введении в эксплуатацию систем автоматического контроля выбросов. Компания «Норникель» согласилась участвовать в тестовой передаче данных показателей выбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (ПТО ОНВОС).

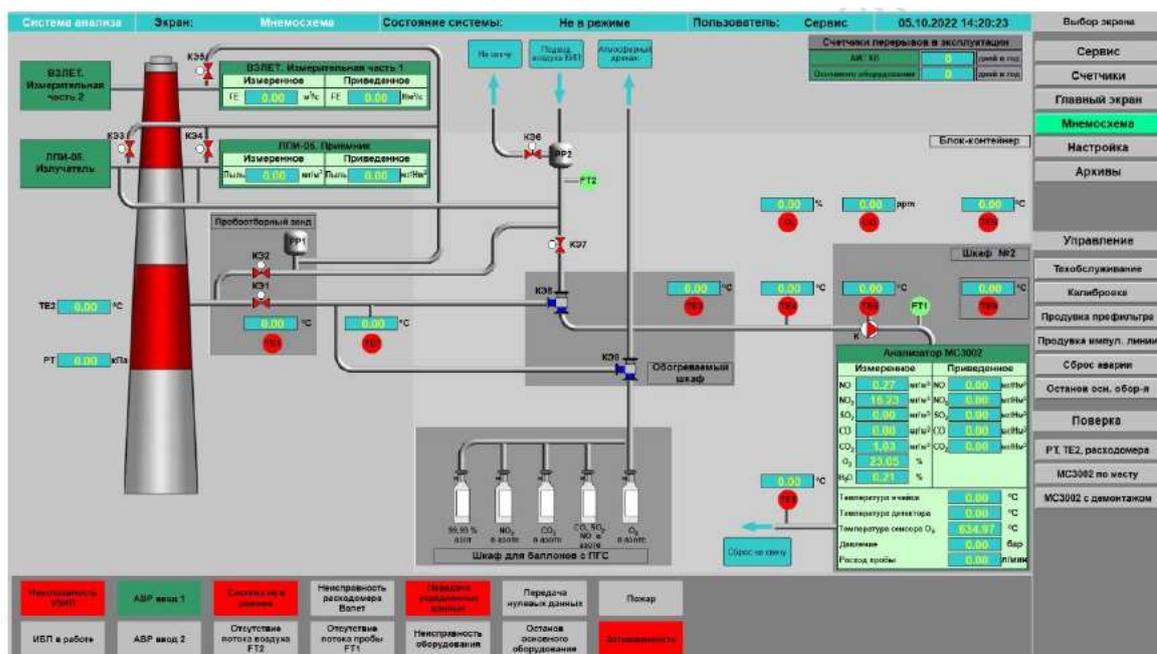


Рис. 5. Мнемосхема системы автоматического контроля выбросов

Список источников

1. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 04.05.1999 №96–ФЗ (ред. от 13.06.2023); п. 4 ст. 25.
2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 №7–ФЗ (ред. от 01.03.2024); п. 9 ст. 67.
3. Постановление правительства Российской Федерации от 13.03.2019 №262 «Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ».
4. О требованиях к автоматическим средствам измерения и учета показателей выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ, к техническим средствам фиксации и передачи информации о показателях выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду: Постановление правительства РФ от 13.03.2019 №263.
5. Установлены требования по оснащению квотируемых объектов системами автоматического контроля выбросов // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда. 2023. №5. С. 36–37.
6. Азонова Я.А. Подготовка к получению КЭР для квотируемых объектов // Экология производства. 2023. №11. С. 28–31.
7. Автоматические системы контроля для промышленных объектов: экспертные решения // Металлургический комплекс: точки роста. 2023. №10. С. 42–44.
8. Корюхов Д.В. СервисСофт Инжиниринг ООО Опыт внедрения систем автоматического контроля выбросов/сбросов на промышленных предприятиях // Автоматизация производства–2021: материалы XII Межотраслевой конференции. М.: ИНТЕХЭКО, 2021. С. 39–41.
9. Катышев Н.С. Использование в расчетах рассеивания среднесуточных и среднегодовых ПДК // Экология производства. 2023. №7. С. 60–69.
10. Кочкин В.Ф., Дрибноход В.Е., Русинова Т.С. Промышленная экология. Разработка природоохранной документации. Отчетность. Практические аспекты. СПб.: НПО «Профессионал», 2012.
11. Система автоматического контроля выбросов для дымовой трубы / В.В. Сергеечев, М.В. Панарин, О.А. Васильева, Н.А. Рыбка // Экология производства. 2021. №5. С. 96–99.
12. Оснащение стационарных источников вредных (загрязняющих) веществ автоматическими средствами контроля промышленных выбросов объектов 1-й категории / М.В. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Маслова, В.В. Сергеечев, И.Ю. Загуменнов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2019. №4. С. 12–19.

References

1. On the protection of atmospheric air: Federal Law No. 96-FZ of 05/04/1999 (as amended on 06/13/2023); paragraph 4 of art. 25.
2. On Environmental protection: Federal Law No. 7-FZ of 01/01/2002 (as amended on 03/01/2024); paragraph 9 of art. 67.
3. Resolution of the Government of the Russian Federation. No. 262 of the Russian Federation dated 13.03.2019 «On Approval of the Rules for the Creation and Operation of an Automatic Control System for Emissions of Pollutants and (or) Discharges of Pollutants».
4. On the requirements for automatic means of measuring and accounting for emissions of pollutants and (or) discharges of pollutants, for technical means of recording and transmitting information on emissions of pollutants and (or) discharges of pollutants to the state register of facilities having a negative impact on the environment: formation of the Government of the Russian Federation No. 263 dated 13.03.2019.
5. Requirements have been established for equipping quota facilities with automatic emission control systems / Industrial and environmental safety, labor protection. 2023. No. 5. pp. 36–37.
6. Azonova Ya.A. Preparation for obtaining a CER for quota facilities. *Ecology of production*. 2023;(11):28–31.
7. Automatic control systems for industrial facilities: expert solutions. *Metallurgical complex: points of growth*. 2023;(10):42–44.
8. Koryukhov D.V. ServisSoft Engineering LLC Experience in the implementation of automatic emission/discharge control systems at industrial enterprises // Automation of production-2021: proceedings of the XII Intersectoral Conference. Moscow: INTECHECO, 2021. Pp. 39–41.
9. Katyshev N.S. The use in the calculation of the dispersion of average daily and average annual MAC. *Ecology of production*. 2023;(7):60–69.
10. Kochkin V.F., Dribnokhod V.E., Rusinova T.S. Industrial ecology. Development of environmental documentation. Reporting. Practical aspects. SPb.: NGO «Professional», 2012.
11. Automatic emission control system for a chimney / V.V. Sergeevchev, M.V. Panarin, O.A. Vasilyeva, N.A. Rybka. *Ecology of production*. 2021;(5):96–99. (In Russ.).
12. Equipping stationary sources of harmful (polluting) substances with automatic means of controlling industrial emissions of objects of the 1st category / M.V. Panarin, N.A. Rybka, A.A. Maslova, V.V. Sergeevchev, I.Yu. Zagumennov. *Measurement. Monitoring. Management. Control*. 2019;(4):12–19. (In Russ.).

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 19–28.
 Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):19–28.

Технические науки

Научная статья

УДК 661.25: (628.474.76:546.224–31)

doi: 10.52978/25421220_2025_18_19–28

**РЕАЛИЗАЦИЯ «СЕРНОЙ ПРОГРАММЫ» НА НАДЕЖДИНСКОМ
 МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ ИМЕНИ Б.И. КОЛЕСНИКОВА**

Дидин Сергей Владимирович

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия

E-mail: DidinSV@nornik.ru

Давтян Артем Вардгесович

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия

E-mail: DavtyanAV@nornik.ru

Аннотация. В рамках реализации Федеральной программы «Чистый воздух» на Надеждинском металлургическом заводе им. Б.И. Колесникова (далее – НМЗ) компанией «Норникель» (далее – Компания) реализуется «Серная программа», в соответствии с которой планируется реализация системы утилизации диоксида серы из отходящих газов НМЗ со степенью очистки 99,5%. Получаемая в ходе очистки серная кислота будет направляться на нейтрализацию, получаемый гипс помещаться в гипсохранилище. Технологическая схема осаждения диоксида серы состоит из следующих операций: охлаждение и мокрая очистка технологического газа, осушка технологического газа, конверсия диоксида серы в триоксид (2 стадии), абсорбция триоксида серы серной кислотой (2 стадии), разбавление концентрированной серной кислоты избыточной промывной кислотой и производственной водой с получением готовой продукционной кислоты. Технологическая схема нейтрализации серной кислоты включает следующие основные переделы: прием и складирование известняка, дробление известняка, мокрый помол известняка, корректировка известняковой пульпы по плотности, нейтрализация концентрированной серной кислоты, откачка пульпы в гипсохранилище. Реализация «Серной программы» является основным мероприятием комплексного плана по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Норильске, утвержденного Заместителем Председателя Правительства РФ. Снижение совокупного объема выбросов загрязняющих веществ по результатам реализации мероприятий комплексного плана составит более 45%. На территории Норильского промышленного района установлено 16 автоматических станций контроля качества атмосферного воздуха, проводится опытно-промышленная эксплуатация. Реализована прогнозная динамическая модель расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ.

Ключевые слова: выбросы, диоксид серы, производство серной кислоты, нейтрализация серной кислоты, экология.

Для цитирования: Дидин С.В., Давтян А.В. Реализация «Серной программы» на Надеждинском металлургическом заводе имени Б.И. Колесникова // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 19–28. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_19–28.

Technical sciences

Original article

**IMPLEMENTATION OF THE «SULFUR PROGRAM» AT THE
 NADEZHINSKY METALLURGICAL PLANT
 NAMED AFTER B.I. KOLESNIKOV**

Sergey V. Didin

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

E-mail: DidinSV@nornik.ru

Artem V. Davtyan

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

E-mail: DavtyanAV@normik.ru

Abstract. As part of the implementation of the Federal Clean Air Program at the Nadezhdinsky Metallurgical Plant named after B.I. Kolesnikov (NMZ), Norilsk Nickel (the Company) is implementing the Sulfur Program. As part of the program, it is planned to implement a sulfur dioxide disposal system from NMZ exhaust gases with a degree of purification of 99.5%. The sulfuric acid obtained during purification will be sent for neutralization, and the resulting gypsum will be placed in a gypsum storage facility. The technological scheme of sulfur dioxide deposition consists of the following operations: cooling and wet purification of process gas, drying of process gas, conversion of sulfur dioxide into trioxide (2 stages), absorption of sulfur trioxide with sulfuric acid (2 stages), dilution of concentrated sulfuric acid with excess washing acid and production water to obtain the finished production acid. The technological scheme for the neutralization of sulfuric acid includes the following main processes: reception and storage of limestone, crushing of limestone, wet grinding of limestone, correction of limestone pulp by density, neutralization of concentrated sulfuric acid, pumping of pulp into gypsum storage. The implementation of the Sulfur Program is the main measure of the comprehensive plan to reduce emissions of pollutants into the atmospheric air in Norilsk, approved by the Deputy Chairman of the Government of the Russian Federation. The reduction of the total volume of pollutant emissions as a result of the implementation of the integrated plan measures will amount to more than 45%. 16 automatic atmospheric air quality control stations have been installed on the territory of the Norilsk Industrial District, and pilot operation is underway. A predictive dynamic model for calculating the dispersion of pollutant emissions has been implemented.

Keywords: emissions, sulfur dioxide, sulfuric acid production, sulfuric acid neutralization, ecology.

For citation: Didin S.V., Davtyan A.V. Implementation of the «Sulfur program» at the Nadezhdinsky metallurgical plant named after B.I. Kolesnikov. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):19–28. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_19–28.

Для решения вопроса кардинального снижения выбросов диоксида серы, в условиях изменяющейся структуры перерабатываемого рудного и техногенного сырья [1–4] и повышения эффективности производства [5–6], от металлургических производств в Заполярном филиале Компании был выполнен значительный объем исследовательских и научных работ, поиск готовых технологических решений, позволяющих надежно и безопасно для арктических условий утилизировать диоксид серы.

Не все имеющиеся технологии применимы в условиях Норильского промышленного района, учитывая уникальные условия производства и логистики в северных условиях [7–11].

В настоящее время для снижения выбросов диоксида серы в Заполярном филиале реализуется комплексная программа модернизации производственных мощностей Надеждинского металлургического завода (НМЗ) в г. Норильске – «Серная программа» (рис. 1).

Большие экологические изменения начались в Норильске уже в 2016 г. Тогда НМЗ стал участником уникальной экологической программы Компании, когда в результате реконфигурации производственных мощностей принял на себя значительную часть сырья с закрытого Никелевого завода. Это предприятие, работавшее с 1942 г., находилось практически в черте города Норильска и его закрытие позволило существенно снизить оказываемое воздействие в регионе.

«Серная программа» не имеет аналогов в мире по своим масштабам и является крупнейшим проектом Федеральной программы «Чистый воздух». Экологический проект Компании направлен на достижение показателей утилизации диоксида серы на уровне лучших мировых практик и кардинальное снижение выбросов диоксида серы с улучшением экологической обстановки [12].



Рис. 1. Объекты Серной программы на НМЗ

В рамках программы на Надеждинском металлургическом заводе предусмотрена утилизация богатых диоксидом серы отходящих от плавильных агрегатов газов с получением серной кислоты и последующей её нейтрализацией природным известняком с получением гипса, размещение которого будет осуществляться в специализированном гипсохранилище. Выбранная технология позволит улавливать не только диоксид серы из отходящих газов основных плавильных агрегатов, но и твердые вещества, выделяемые при плавке сульфидных концентратов. Степень утилизации диоксида серы SO_2 , направляемого на утилизацию газов, составляет около 99,5%.

Производство серной кислоты контактным способом является широко применимым в мировой практике [13]. Серная кислота – одна из самых активных неорганических кислот. Она взаимодействует почти со всеми металлами и их оксидами, вступает в реакции обменного разложения, энергично соединяется с водой, является сильным окислителем и обезвоживающим агентом. Как правило, производимая серная кислота при утилизации богатых диоксидом серы отходящих газов продается потребителям,

т.к. высокая химическая активность обуславливает её широкое применение: в химической промышленности для производства плавиковой, фосфорной, борной кислот, сульфатов, взрывчатых веществ, химических волокон, спиртов, кислот, эфиров, красителей, удобрений; в нефтяной промышленности – для очистки нефтепродуктов; в пищевой промышленности – в производстве патоки и глюкозы; в металлургии – для получения алюминия, магния, меди, ртути, кобальта, никеля, кадмия, цинка; в металлообработке – при травлении металлов; в текстильной промышленности – при окрашивании тканей и пряжи, отбеливании тканей; в кожевенной промышленности – при дублении кож.

Перспективы реализации серной кислоты в Норильском промышленном районе весьма ограничены в связи с географическим положением производства, значительной удаленностью от потребителей и сложной транспортной логистикой, а также отсутствием значимых потребителей продукции на территории.

«Серная программа» на НМЗ реализуется поэтапно. В рамках первого этапа в октябре 2023 г. состоялся запуск в комплексное опробование 1-й линии произ-

водства и нейтрализации серной кислоты (НСК) с утилизацией отходящих газов печи взвешенной плавки №1.

На втором этапе будут введены в эксплуатацию еще 2 линии производства и 3 линии нейтрализации серной кислоты с утилизацией отходящих газов 2-х печей взвешенной плавки.

Основными проектными показателями на НМЗ являются: объем производимой серной кислоты (H_2SO_4 концентрацией 94%) до 2,5 млн. т в год; объем известняка для её нейтрализации около 3,5 млн. т в год; с получением гипса (по твердому) более 5 млн. т в год.

На рис. 2 представлен участок производства серной кислоты. Технологическая схема производства серной кислоты включает следующие основные процессы:

- охлаждение и мокрая очистка технологического газа;
- осушка технологического газа;
- конверсия диоксида серы в триоксид (2 стадии);
- абсорбция триоксида серы серной кислотой (2 стадии);
- разбавление концентрированной серной кислоты избыточной промывной кислотой и производственной водой с получением готовой продукционной кислоты.

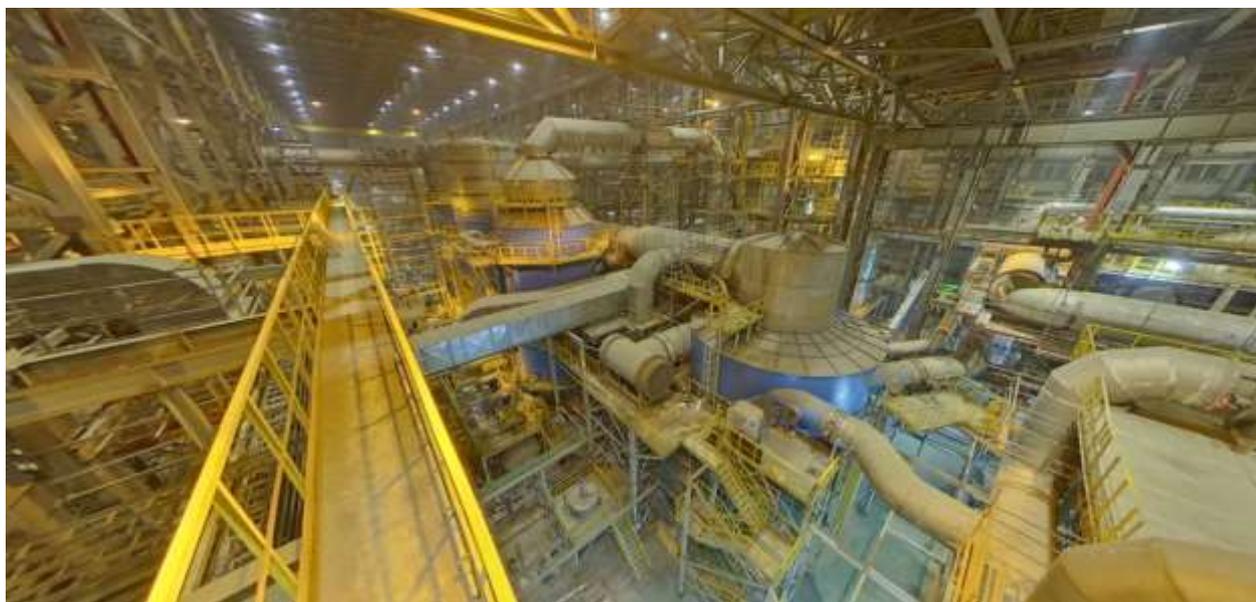


Рис. 2. Участок производства серной кислоты

Отходящие металлургические газы плавильных агрегатов НМЗ с температурой 250–400 °С и содержанием диоксида серы около 23% усредняют по составу во входном коллекторе и раздают на две параллельные технологические системы отделения мокрой очистки газа (МОГ), каждая из которых включает башню испарительного охлаждения (БИО), насадочную башню охлаждения (БО) и две ступени мокрых электрофильтров.

Башня испарительного охлаждения (БИО) – вертикальный полый аппарат

колонного типа с противоточным движением газа и жидкости. Газ поступает в башню снизу, а орошающий раствор подается через кольцевые коллекторы с центробежными форсунками распыления, расположенными в верхней части башни. Нижняя часть корпуса башни является сборником промывного раствора. На данном этапе происходит снижение температуры газа до 80 °С и удаление твердых веществ, образующихся при плавке, которые после фильтрации возвращаются в пирометаллургический процесс.

Из башни испарительного охлаждения газ, насыщенный парами воды, поступает в башню охлаждения. Данная башня идентична башне испарительного охлаждения, но для обеспечения необходимого контакта газа с орошающим раствором заполнена специальной насадкой. Насадка представляет собой изделия из электротехнической керамики различных размеров и формы: полые трубки, цилиндры с крестообразной перегородкой, полукольца и прочее. Орошающий промывной раствор поступает в распределительный коллектор, представляющий собой группу желобов, расположенную непосредственно над слоем насадки. Придонная нижняя часть корпуса башни также является сборником промывного раствора. При охлаждении газа до 40 °С, от контакта с холодным орошающим промывным раствором, часть паров воды из газа конденсируется, при этом выделяется тепло и орошающий промывной раствор нагревается.

Далее охлажденный газ поступает на первую ступень мокрых электрофильтров, состоящую из двух работающих параллельно аппаратов. По газовому коллектору с дисковым затвором поступает в нижнюю газораспределительную камеру электрофильтров, проходит по трубам осадительных электродов в верхнюю камеру и затем в выходной коллектор. При осаждении в электрическом поле тумана серной кислоты образуется конденсат, содержащий растворенные и нерастворимые примеси. Конденсат стекает в нижнюю камеру электрофильтра, а оттуда – в сборник и пресс-фильтры.

После второй ступени мокрых электрофильтров, также состоящую из двух работающих параллельно аппаратов и идентичных электрофильтрам первой ступени, очищенный от примесей и тумана серной кислоты газ поступает в башню смешения, где происходит смешивание газов обеих систем мокрой очистки с атмосферным воздухом для снижения содержания диоксида серы до

11,7% и разделение на три равных потока, поступающих в сушильные башни.

Сушильная башня представляет собой аппарат колонного типа со сферическим днищем и конусной крышкой. Газ поступает в башню снизу, проходит вверх через слой насадки для увеличения площади контакта, орошаемый серной кислотой, затем освобождается от брызг, проходя через фильтрующий слой встроенного брызгоуловителя, и выходит из башни через газоход в верхней части. Серная кислота стекает вниз тонкой плёнкой по поверхности насадки противотоком направлению движения газа. За счёт образования развитой поверхности контакта жидкой и газовой фаз происходит поглощение паров воды из газа концентрированной (96,0%) серной кислотой, при этом серная кислота нагревается, а ее концентрация снижается.

Транспортировка сернистого газа по технологической цепочке участка производства серной кислоты осуществляется четырьмя компрессорами, из которых три находятся в работе и один в резерве. Осушенный газ компрессорами через кожухотрубчатые теплообменники подает на первую стадию контактирования.

В связи с высоким содержанием диоксида серы в металлургических газах в проекте реализован процесс по схеме двойного контактирования – двойной абсорбции (ДК/ДА) на четырехслойном контактном аппарате [14], каждый слой которого заполнен ванадиевым катализатором, с промежуточным отводом тепла после каждого слоя, при этом первая стадия контактирования проводится на трех слоях катализатора, вторая стадия – на одном слое (схема 3+1). Особенность схемы ДК/ДА заключается в проведении процесса окисления диоксида серы в две стадии с промежуточной абсорбцией образовавшегося триоксида серы, что позволяет достигать высокой степени окисления (99,5% и более).

После третьего слоя газ поступает на первую абсорбцию в промежуточный абсорбер, где поглощается триоксид серы, после чего газ, содержащий непрореагировавший на первой стадии диоксид серы, проходя через теплообменник, нагревается до температуры каталитической конверсии и поступает на вторую стадию контактирования. После четвертого слоя катализатора (второй стадии контактирования) газ охлаждается и поступает на конечный абсорбер.

Оба абсорбера являются аппаратами колонного типа с загруженной насадкой для увеличения площади контакта [15]. В верхней камере абсорбера над слоем насадки и устройством подачи и распределения кислоты располагается встроенный туманоуловитель, представляющий собой группу вертикальных цилиндров, стенки которых являются фильтрующим слоем из стекловолокна и тефлона. Орошение производится серной кислотой с концентрацией 98,5% H_2SO_4 , которая, стекая тонкой пленкой вниз по поверхности насадки, абсорбирует (поглощает) триоксид серы из поступающего противотоком газа.

Полученную серную кислоту направляют на склад временного хранения с последующей передачей на нейтрализа-

цию. Технологическая схема нейтрализации серной кислоты включает следующие основные переделы:

- прием и складирование известняка;
- дробление известняка;
- мокрый помол известняка;
- корректировка известняковой пульпы по плотности;
- нейтрализация концентрированной серной кислоты;
- откачка пульпы в гипсохранилище.

Известняк с Мокулаевского месторождения крупностью 0–60 мм доставляется железнодорожным транспортом в вагонах-самосвалах (думпкарах), грузоподъемностью 105 т и разгружается в приемные бункеры отделения приема известняка. Далее по четырем линиям подается на грохочение и дробление до крупности от 0 до 20 мм, конечный продукт конвейерным транспортом направляется на мельничный комплекс для последующего измельчения до крупности 0,71 мкм и приготовления известнякового молочка (рис. 3) с использованием осветленной воды из намывного гипсохранилища.

Отделение нейтрализации предназначено для нейтрализации технической серной кислоты сернокислотного производства известняковым молоком с получением двуводного гипса.



Рис. 3. Отделение приготовления известнякового молочка

В аппарат с перемешивающим устройством (агитатор) подается известняковое молочко до заданного уровня, после чего по заглубленному трубопроводу под слой известнякового молочка дозированно подается техническая серная кислота со склада серной кислоты. В аппарате при помощи мешалки происходит интенсивное вертикальное перемешивание реакционной массы без залегания твердой фазы.

В результате химической реакции полученная гипсовая пульпа откачивается насосами в гипсохранилище, где она частично отстаивается, гипс оседает на дно, а осветленная вода возвращается для повторного использования на операции приготовления пульпы известняка.

Гипсохранилище предназначено для складирования гипсовой пульпы. Протяженность напорного фронта первичной дамбы – 4,7 км (подковообразная конфигурация, расположенная на склоне горы Сидельникова). Проектная схема складирования гипсовой пульпы от дамбы к центру для возврата осветленной воды предусматривает использование 3-х плавучих насосных станций, а для минимизации попадания излишней паводковой воды со склона горы Сидельникова предусмотрен водозащитный вал.

Федеральный проект «Чистый воздух» национального проекта «Экология» направлен на улучшение экологической обстановки и снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Участники проекта – 12 крупных промышленных центров, в том числе город Норильск.

Целью федерального проекта «Чистый воздух» является кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах не менее чем на 20% [16].

Для достижения поставленных стратегических целей Компания реализует комплексный проект «Серной про-

граммы» по снижению выбросов загрязняющих веществ в Заполярном филиале ПАО «ГМК «Норильский никель».

Реализация «Серной программы» является основным мероприятием комплексного плана по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Норильске, утвержденного Заместителем Председателя Правительства РФ. Снижение совокупного объема выбросов загрязняющих веществ по результатам реализации мероприятий комплексного плана составит более 45%.

Дополнительно в рамках реализации Национального проекта «Экология», федерального проекта «Чистый воздух», в части внедрения организации мониторинга за состоянием атмосферного воздуха в жилых зонах г. Норильска, Компанией заключено соглашение о сотрудничестве с Публично-правовой компанией «Российский экологический оператор» (ППК РЭО), в том числе с согласованием заместителя Председателя Правительства Российской Федерации.

На территории г. Норильска, включая районы Кайеркан, Талнах, Оганер, установлено 16 автоматических станций контроля качества атмосферного воздуха. Автоматическими датчиками предусмотрен непрерывный контроль качества атмосферного воздуха по содержанию таких приоритетных веществ, как диоксид серы, оксид азота, углерод, сероводород. Система проходит опытно-промышленную эксплуатацию. В тестовом режиме начата передача показателей мониторинга в ППК РЭО.

Компанией реализована прогнозная динамическая модель расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ, также способная отражать прогнозные уровни концентраций загрязняющих веществ приземного слоя атмосферного воздуха в контрольной точке и в границах жилой зоны. Модель позволяет в режиме онлайн визуализировать направ-

ление выбросов от металлургических заводов на жилую зону и проводить оценку воздействия на атмосферный воздух.

Завершается подготовка информационной платформы «Город Онлайн» (web-

версия сайта), где в непрерывном режиме планируется публикация информации о качестве атмосферного воздуха, доступной каждому жителю города Норильска.

Список источников

1. Крупнов Л.В., Мидюков Д.О., Малахов П.В. Направление поддержания сырьевой базы медно-никелевой подотрасли // Обогащение руд. 2022. №2. С. 37–41.
2. Изменение ресурсной базы производства тяжелых цветных металлов на примере меди и никеля / Л.В. Крупнов, Д.О. Мидюков, М.С. Дациев, В.Б. Ильин // Горный журнал. 2024. №3. С. 10–15.
3. Технические решения по улучшению условий эксплуатации печей Ванюкова при переработке техногенного сырья / Л.В. Крупнов, Д.В. Румянцев, В.А. Попов [и др.] // Металлург. 2024. №4. С. 106–111.
4. Обоснование выбора технологии переработки низкоэнергетического сырья / Л.В. Крупнов, П.В. Малахов, С.С. Озеров, Д.О. Мидюков // Металлургия цветных, редких и благородных металлов: сборник докладов. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2022. – С. 237–242.
5. Анализ металлургии кобальта в России и подходы к повышению извлечения металла в готовую продукцию / Л.В. Крупнов, П.В. Малахов, С.С. Озеров, Р.А. Пахомов // Цветные металлы. 2023. №7. С. 25–33.
6. Повышение извлечения кобальта при конвертировании на медно-никелевый файнштейн / П.В. Малахов, Л.В. Крупнов, Р.А. Пахомов [и др.] // Металлургия цветных, редких и благородных металлов: сборник докладов. Красноярск, 2023. С. 301–317.
7. Mperiju, Thlana & Sylvain, Tome & Arowo PhD, Moses & Dhanda, Tilak & Abubakar, Abdulhalim & Goriya, Babakaumi & Abdul, Aminullah. Optimized Production of High Purity Sulphuric Acid via Contact Process. Logistic and Operation Management Research (LOMR). 2023. 2. 1–13.
8. Zaker M.R., Fauteux-Lefebvre C., Thibault J. Modeling and multi-objective optimization of the sulphur dioxide oxidation process. *Processes*. 2021;(9(1072)):1–22.
9. Leiva C., Flores V., Aguilar C. A computer simulator model for generating sulphuric acid and improving the operational results using operational data from a chemical plant. *Journal of Sensors*. 2020. 8873039. 1–10.
10. UniSim-Design simulation and analysis of a sulphuric acid manufacturing plant with a double absorption process / A. Mounaam, Y. Harmen, Y. Chhiti, A. Souissi, M. Salouhi // Proceedings of the 10th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH 2020). 2020. 91–100.
11. Субботинская В.А. Оснащение объектов ГОУ: несостоявшееся смягчение требования // Центр правовой экологии. 2023. №8. С. 10–13.
12. Султангареева З.В. Производство серной кислоты // Аллея науки. 2022. №3 (66). С. 193–196.
13. Изучение процессов плавления и сжигания серы в производстве серной кислоты А.И. Калыбеков, Б.Е. Тлеубеков, Р.Р. Якубова, Ж.М. Алтыбаев // Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. 2018. №1 (45). С. 75–78.
14. Евгращенко В.В., Орлов М.А. Применение абсорберов АПС в химической технологии // Химическая промышленность сегодня. 2006. №9. С. 34–36.
15. Цитцер О.Ю., Подгурская О.А. Национальный проект «Экология» – Федеральный проект «Чистый воздух»: планы, реализация и перспективы // Горизонты цивилизации. 2020. №1(11). С. 315–327.
16. Малин К.М. Справочник сернокислотчика. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Химия, 1971. С. 67–86.
17. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1967. С. 590–608.
18. Ветошкин А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов. М.: ИНФРА-Инженерия, 2019. С. 126–200.
19. Касиков А.Г., Арешина Н.С. Утилизация и комплексная переработка продуктов и отходов газоочистки медно-никелевого производства. Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2019. С. 105–126.

20. Зозуля П.В., Зозуля А.В. Оценка воздействия на окружающую среду. М.: КНО-РУС, 2021. С. 86–146.

21. Губина Н.А., Вакуленко Т.И., Рагимова Р.К. Новые тенденции утилизации диоксида серы в Норильском промышленном районе // Научный вестник Арктики. 2022. №13. С. 83–88.

22. King R.P. Modeling and simulation of mineral processing systems. 2001. P. 403

23. Chester A., Rowland Jr. Selection of rod mills, ball mills and regrinding mills. Mineral

Processing Plant // Design, Practice and Control Proceedings. 2002. P. 710–754.

24. Douglas K. Louie. Handbook of Sulfuric Acid Manufacturing. Second Edition. DKL Engineering, Inc. Richmond Hill, Ontario, Canada. 2008. P. 25.

25. Pestriak I., Morozov V. Erdenetuya O. Modelling and development of recycled water conditioning of copper-molybdenum ores processing. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2019;(29):313–317.

References

1. Krupnov L.V., Midyukov D.O., Malakhov P.V. Direction of maintaining the raw material base of the copper-nickel sub-industry. *Ore enrichment*. 2022;(2):37–41. (In Russ.).

2. Changes in the resource base for the production of heavy non-ferrous metals using copper and nickel as an example / L.V. Krupnov, D.O. Midyukov, M.S. Datsiev, V.B. Ilyin. *Mining journal*. 2024;(3):10–15. (In Russ.).

3. Technical solutions to improve the operating conditions of Vanyukov furnaces in the processing of technogenic raw materials / L.V. Krupnov, D.V. Rummyantsev, V.A. Popov [et al.]. *Metallurgist*. 2024;(4):106–111. (In Russ.).

4. Justification of the choice of technology for processing low-energy raw materials / L.V. Krupnov, P.V. Malakhov, S.S. Ozerov, D.O. Midyukov // Metallurgy of non-ferrous, rare and noble metals: collection of reports. Krasnoyarsk: Research and Innovation Center, 2022. Pp. 237–242.

5. Analysis of cobalt metallurgy in Russia and approaches to increasing metal recovery in finished products / L.V. Krupnov, P.V. Malakhov, S.S. Ozerov, R.A. Pakhomov. *Non-ferrous metals*. 2023;(7):25–33. (In Russ.).

6. Increasing cobalt recovery during conversion to copper-nickel converter matte / P.V. Malakhov, L.V. Krupnov, R.A. Pakhomov [et al.] // Metallurgy of non-ferrous, rare and noble metals: collection of reports. Krasnoyarsk, 2023. Pp. 301–317.

7. Mperiju, Thlama & Sylvain, Tome & Arowo PhD, Moses & Dhanda, Tilak & Abubakar, Abdulhalim & Goriya, Babakaumi & Abdul, Aminullah. Optimized Production of High

Purity Sulfuric Acid via Contact Process. Logistic and Operation Management Research (LOMR). 2023. 2. 1–13.

8. Zaker M.R., Fauteux-Lefebvre C., Thibault J. Modeling and multi-objective optimization of the sulphur dioxide oxidation process. *Processes*. 2021;(9(1072)):1–22.

9. Leiva C., Flores V., Aguilar C. A computer simulator model for generating sulfuric acid and improving the operational results using operational data from a chemical plant. *Journal of Sensors*. 2020. 8873039. 1–10.

10. UniSim-Design simulation and analysis of a sulphuric acid manufacturing plant with a double absorption process / A. Mounaam, Y. Harmen, Y. Chhiti, A. Souissi, M. Salouhi // Proceedings of the 10th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH 2020). 2020. 91–100.

11. Subbotinskaya V.A. Equipment of public educational institutions' facilities: the failed relaxation of requirements. *Center for Legal Ecology*. 2023;(8):10–13. (In Russ.).

12. Sultangareeva Z.V. Production of sulfuric acid. *Alley of Science*. 2022;3(66):193–196. (In Russ.).

13. Study of the processes of melting and combustion of sulfur in the production of sulfuric acid by A.I. Kalybekov, B.E. Tleubekov, R.R. Yakubova, Zh.M. Altybaev. *Scientific works of M. Auezov South Kazakhstan State University*. 2018;1(45):75–78. (In Russ.).

14. Evgrashchenko V.V., Orlov M.A. Application of APS absorbers in chemical technology. *Chemical industry today*. 2006;(9):34–36. (In Russ.).

15. Tsitser O.Yu., Podgurskaya O.A. National Project «Ecology» – Federal Project

«Clean Air»: Plans, Implementation, and Prospects. *Horizons of Civilization*. 2020;1(11): 315–327. (In Russ.).

16. Malin K.M. Sulfuric Acid Producer's Handbook. 2nd ed., suppl. and revised. M.: Chemistry, 1971. P. 67–86.

17. Planovsky A.N., Ramm V.M., Kagan S.Z. Processes and Apparatus of Chemical Technology. M.: Chemistry, 1967. P. 590–608.

18. Vetoshkin A.G. Engineering Protection of the Atmosphere from Harmful Emissions: M.: INFRA-Engineering, 2019. Pp. 126–200.

19. Kasikov A.G., Areshina N.S. Utilization and complex processing of products and waste from gas cleaning of copper-nickel production. Apatity: FRC KSC RAS, 2019. Pp. 105–126.

20. Zozulya P.V., Zozulya A.V. Environmental impact assessment. M.: KNO-RUS, 2021. Pp. 86–146.

21. Gubina N.A., Vakulenko T.I., Ragimova R.K. New trends in sulfur dioxide utilization in the Norilsk industrial region. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2022;(13): 83–88. (In Russ.).

22. King R.P. Modeling of Mineral Processing Systems. 2001. P. 403.

23. Chester A., Rowland J. Selection of Rod, Ball, and Grinding Mills. Mineral Processing Plant // Works on Design, Practice and Control. 2002. P. 710-754.

24. Douglas K. Louis. Sulfuric Acid Production Handbook. Second Edition. DKL Engineering, Inc. Richmond Hill, Ontario, Canada. 2008. P. 25.

25. Pestryak I., Morozov V., Erdenetuya O. Modeling and Development of Recycled Water Conditioning Systems for Copper-Molybdenum Ore Processing. *International Scientific and Technical Journal of Mining*. 2019;(29):313–317. (In Russ.).

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 29–34.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):29–34.

Технические науки

Научная статья
УДК 624.136:622.7:551.583(571.511)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_29–34

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ
СООРУЖЕНИЯ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**

Лавшонок Владимир Александрович
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: LavshonokVA@normik.ru

Лавшонок Анна Владимировна
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: LavshonokAV@normik.ru

Аннотация. Рассматриваются воздействия частых экстремальных погодных явлений и деградации многолетнемерзлых пород на гидротехнические сооружения ПАО «ГМК «Норильский никель» в условиях Крайнего Севера и изменения климата, таяния мерзлоты и общего глобального потепления, что представляет собой серьезные вызовы для эксплуатации хвостохранилищ. Проведен анализ влияния изменений климата на хвостохранилища ПАО «ГМК «Норильский никель» на разных этапах жизненного цикла гидротехнического сооружения.

Ключевые слова: хвостохранилище, гидротехнические сооружения, многолетнемерзлые породы, изменение климата, оценка риска, оценка устойчивости, температурное моделирование, фильтрационный режим, грунт.

Для цитирования: Лавшонок В.А., Лавшонок А.В. Влияние климатических изменений на гидротехнические сооружения Норильского промышленного района // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 29–34. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_29–34.

Technical sciences

Original article

**THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE HYDRAULIC STRUCTURES
OF THE NORILSK INDUSTRIAL DISTRICT**

Vladimir A. Lavshonok
MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: LavshonokVA@normik.ru

Anna V. Lavshonok
MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: LavshonokAV@normik.ru

Abstract. The effects of frequent extreme weather events and the degradation of permafrost as a result of climate change on the hydraulic structures of PJSC MMC Norilsk Nickel in the Far North and climate change, permafrost melting and general global warming, which pose serious challenges to the operation of tailings dumps, are considered. The analysis of the impact of climate change on the tailings dams of PJSC MMC Norilsk Nickel at different stages of the life cycle of a hydraulic structure has been carried out.

Keywords: tailings storage, hydraulic structures, permafrost, climate change, risk assessment, stability assessment, temperature modeling, filtration regime, soil.

For citation: Lavshonok V.A., Lavshonok A.V. The impact of climate change on the hydraulic structures of the Norilsk industrial district. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):29–34. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_29–34.

Введение. Одной из ключевых задач ПАО «ГМК «Норильский никель» (далее – Компания) является обеспечение безопасности и надежности гидротехнических сооружений [1], задействованных в хранении отходов производства. В числе таких сооружений – накопители жидких отходов Норильского дивизиона, известные как хвостохранилища, для ограждения которых используются дамбы из намывных и насыпных грунтов [4]. С годами эксплуатации в Норильском промышленном районе высота этих дамб достигла значительных размеров – 30–40 м и более, при протяженности на десятки километров. На сегодняшний день Заполярный филиал Компании эксплуатирует четыре хвостохранилища. Каждое из них классифицируется как объект повышенной опасности и технической сложности, включая хвостохранилища №1, «Лебяжье», Талнахской обогатительной фабрики и Надеждинского металлургического завода имени Б.И. Колесникова. Особо остро данный вопрос стоит в условиях истощения сырьевой базы и переработки более бедного рудного сырья [15–17].

Условия Крайнего Севера и изменения климата, таяние мерзлоты и общее глобальное потепление представляют собой серьезные вызовы для эксплуатации хвостохранилищ. Изменение климата особенно заметно в субарктических широтах, к которым относится и г. Норильск [5; 9; 13].

В связи с этим Компания провела исследования по оценке воздействия частых экстремальных погодных явлений и деградации многолетнемерзлых пород в результате изменения климата на гидротехнические сооружения ПАО «ГМК «Норильский никель». Исследование проводилось в несколько этапов и включало анализ и обобщение всех доступных данных о текущем состоянии хвостохранилищ, а также прогноз их состояния на ближайшие полвека после завершения эксплуатации [3].

Основной раздел. Целью данного исследования была оценка воздействия климатических изменений на прочность и устойчивость дамб хвостохранилищ Компании ПАО ГМК «Норильский Никель». На первом этапе работы авторы сотрудничали с метеорологами для разработки прогнозов климатических изменений в Красноярском крае до середины XXI века. Согласно информации Росгидромета, ожидается повышение температуры воздуха на 4–8 °С к 2080–2099 гг.

С целью уточнения данного прогноза применительно к Норильскому промышленному району, в 2021 г. Государственный гидрологический институт в Санкт-Петербурге (далее – ГГИ) разработал прогнозные климатические модели поколения CMIP5 для сценариев эмиссии парниковых газов, получивших обозначения RCP8.5 и RCP4.5. Сценарий RCP8.5, самый пессимистичный, предсказывает увеличение глобальной температуры на 4.8 °С к 2100 г., тогда как промежуточный сценарий RCP4.5 предполагает рост температуры на 2–3 °С.

Исследование включало анализ метеоданных Норильской метеостанции с 1977 по 2019 гг. и прогнозы основных климатических характеристик, включая температуру воздуха, осадки и скорость ветра. Результаты показали (таблица), что к 2064 г. ожидается увеличение среднемесячной температуры июля на 1.7–2.3 °С, января – на 2.5–4.3 °С, а также рост осадков. Было выявлено, что изменения климата не повлияют на скорость ветра, что важно для оценки эффективности охлаждающих систем. Прогнозы для каждого месяца до 2064 г. были интегрированы в теплотехнические расчеты.

ГГИ также предоставил прогноз по изменению сезонно талого слоя, указывая на потенциальное формирование таликов и переход грунта в сезоннопромерзающее состояние. Это может значительно увеличить риски для инфраструктуры, требующей сохранения мерзлых грунтов [10].

Ансамблевый прогноз среднемесячной температуры воздуха, сумм осадков и скорости ветра на середину XXI в. для Норильского промышленного района

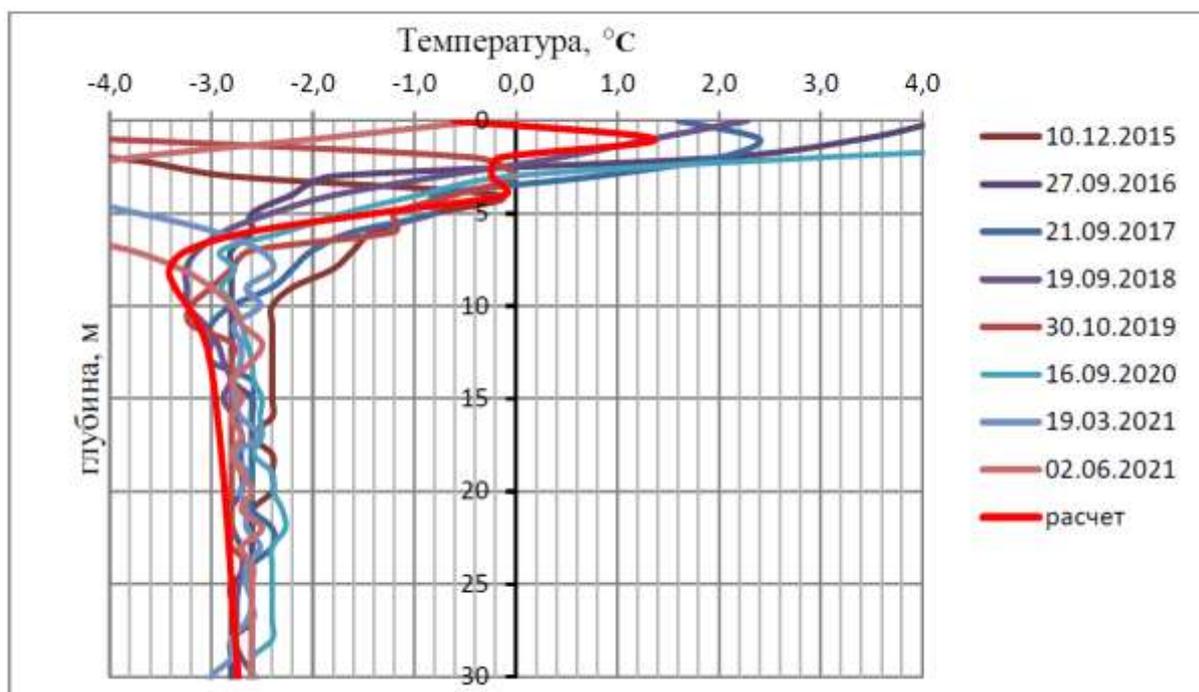
месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднемесячная температура воздуха (°C)												
1981-2005	-26,5	-25,5	-20,4	-14,5	-4,1	7,1	14,1	11,7	3,7	-8,8	-20,5	-25
1981-2019	-26,3	-25,9	-19,6	-12,9	-3,6	8	14,6	11,5	4,2	-8	-20,7	-24
2034-2064 RCP8.5	-22	-21,4	-16,9	-11,2	-1,3	10,6	16,9	14,7	6,7	-4	-14,9	-19,5
2035-2064 RCP4.5	-23,8	-22,6	-17,6	-12	-2	9,7	16,3	14,2	5,8	-5,1	-16,2	-21,1
Сумма месячных осадков (мм)												
1981-2005	27,9	24,7	31,4	30,9	36,7	47,6	51,6	54,2	40,4	48,9	37,1	35,1
1981-2019	30,8	27,9	29,1	29,1	36,3	45,6	50	59,8	44,4	44,6	35,6	36,3
2034-2064 RCP8.5	35,4	31,2	40	37	41,4	54,9	60,9	64,2	48,6	68,2	50,5	46,2
2035-2064 RCP4.5	33,6	28,5	37	35	40,6	55,1	58,7	57,8	45,8	62	48,2	43,1
Среднемесячная скорость ветра (м/с)												
1981-2005	5,6	5,2	5,3	5,4	4,9	4,5	4,2	3,9	4,1	4,9	5,1	5,6
1981-2019	5,5	5	5,3	5,2	4,7	4,4	4	3,8	4	4,7	4,8	5,5
2034-2064 RCP8.5	5,5	5,2	5,2	5,4	4,8	4,5	4,1	3,8	4,1	4,9	5	5,6
2035-2064 RCP4.5	5,6	5,2	5,3	5,4	4,8	4,5	4,1	3,9	4,1	4,9	5	5,6

Таким образом, были получены необходимые начальные данные для определения граничных условий в расчетных моделях, применимых ко всем объектам Норильского района.

Моделирование температурного режима с целью оценки влияния изменений климата на состояние дамб с учетом их перспективы эксплуатации. Последующие исследования заключались в анализе влияния климатических изменений на долговечность дамб хвостохранилищ «Норникеля» и их будущую эксплуатацию. Начальный этап работы включал создание моделей температурного режима по каждому сооружению [6]. Моделирование температурного режима дамб предоставило прогнозы их состояния под воздействием текущего климата и его будущих изменений [12]. Этапы моделирования охватывали геологическую схематизацию, определение граничных условий и теплофизических параметров, а также прогнозное моделирование, включая влияние климатических изменений и фильтрационных процес-

сов. Для расчетов использовался программный комплекс Frost 3D Universal, специализирующийся на моделировании тепломассопереноса в мерзлых грунтах [2]. Процесс моделирования включал калибровку по фактическим наблюдениям за температурой грунтов и последующие прогнозные расчеты на периоды до и после эксплуатации сооружений. Результат калибровки показал сходимость исходных и расчетных данных по всем исследуемым хвостохранилищам. На рисунке представлен один из примеров калибровочного графика.

Температурное моделирование проведено при тепловом влиянии сбрасываемой пульпы и климатических изменений с учетом возможности развития фильтрационных процессов в теле и основании сооружений. Результаты моделирования показали различия в температурном режиме дамб и основания в зависимости от сценариев климатических изменений. Особенно значительное повышение температуры ожидается в рамках сценария RCP8.5 [14].



Калибровочный график сходимости исходных и расчетных данных в верхнем бьефе русловой плотины хвостохранилища Надеждинского металлургического завода им. Б.И. Колесникова (температурная скважина 1Т-2)

Расчеты текущего и прогнозного фильтрационного режима в теле и основании ограждающих дамб с оценкой их фильтрационной прочности. Для анализа воздействия изменений климата на фильтрационное состояние ограждающих сооружений хвостохранилищ Компании ПАО «ГМК «Норильский Никель» были выполнены комплексные фильтрационные расчеты с использованием метода численного моделирования в программном комплексе Plaxis 2D. Эти расчеты предполагали детализированное моделирование в двумерной постановке для характерных поперечных сечений дамб, основываясь на данных об их конструкции и геологическом строении основания. Были построены геофильтрационные модели для оценки фильтрационной устойчивости в условиях, приближенных к наиболее неблагоприятным, с учетом различных уровней воды и потенциального растепления грунтов [7].

В процессе гидрогеологической схематизации моделей учитывались фильтрационные свойства грунтов, выраженные через коэффициент фильтрации.

Расчетные сценарии охватывали текущие условия и максимально возможные уровни воды к концу эксплуатации, а также рассматривали растепление грунтов. В результате было разработано 72 расчетные модели, позволяя оценить общую фильтрационную устойчивость грунтов дамб в различных условиях. Анализ моделей выявил, что, несмотря на увеличение удельного фильтрационного расхода воды в некоторых случаях, фильтрационная прочность остается в пределах допустимых значений.

Расчеты напряженно деформированного состояния ограждающих дамб хвостохранилищ в текущем и прогнозируемых состояниях. Параллельно были проведены расчеты напряженно-деформированного состояния (далее – НДС) дамб с оценкой устойчивости откосов и применением метода снижения прочности, реализованных в программе Plaxis. Расчетные створы были выбраны таким образом, чтобы охватить участки сооружений с наибольшей высотой и потенциально наименьшим запасом устойчивости [8]. В ходе расчетов были учтены раз-

личные этапы эксплуатации сооружений, моделируя состояние грунтового массива с максимальной точностью. Результаты расчетов коэффициента устойчивости показали соответствие нормативным требованиям как в текущем состоянии, так и в прогнозируемых условиях растепления через 50 лет после окончания эксплуатации [11]. Включены сценарии, учитывающие возможное влияние негативных условий на устойчивость дамб, и предложены меры для поддержания их фильтрационной прочности и стабильности.

Выводы. Анализ показал, как изменения климата влияют на хвостохранилища Компании на разных этапах жизненного цикла гидротехнического сооружения. Полученные расчеты и данные служат хорошей основой для разработки мероприятий по повышению

надежности хвостовых хозяйств. Уже сегодня Компания реализует стратегию и управление в области изменения климата, а для гидротехнических сооружений выполняются мероприятия:

- по расширению функционала системы мониторинга;
- поддержанию технического состояния и реконструкции гидротехнических сооружений;
- обеспечению безопасной эксплуатации хвостохранилищ и минимизации воздействия отходов на окружающую среду.

Проведена самооценка соответствия управления хвостохранилищами Компании требованиям Глобального отраслевого стандарта управления хвостохранилищами GISTM. В 2023 г. утверждена политика управления хвостохранилищами Компании.

Список источников

1. Надежность хвостовых хозяйств обогатительных фабрик / С.Н. Гузенков, Д.В. Стефаншин, О.М. Финагенов, С.Г. Шульман. Белгород, 2007.
2. Ковенькин Д.А., Насников Д.Н., Чернецкая И.С. Применение программного комплекса Frost 3D Universal для проведения прогнозных теплотехнических расчетов земляного полотна // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. №3. С. 80–90.
3. Оценка воздействия более частых экстремальных погодных явлений и деградации многолетнемерзлых пород в результате изменения климата на гидротехнические сооружения (хвостохранилища) Компании ПАО «ГМК «Норильский никель». АО «Механобр Инжиниринг». 2022.
4. Кибирев В.И. Хвостохранилище. СПб., 2022.
5. Fox K., Rohloff K., Jacobs P. NASA Analysis Confirms 2023 as Warmest Year on Record: [сайт]. URL: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-analysis-confirms-2023-as-warmest-year-on-record> / (дата обращения: 20.01.2024).
6. СП. 58.13330.2019 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Дата введения: 17.06.2020 г. (ст. 6.21).
7. СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов. Дата введения: 01.01.2013 (табл. 8 п. 9.5).
8. СП 23.13330.2018 Основания гидротехнических сооружений. Дата введения: 14.02.2019.
9. Хрусталева Л.Н., Давыдова И.В. Прогноз потепления климата и его учет при оценке надежности оснований зданий на вечномерзлых грунтах // Криосфера земли. 2007. №2. С. 68–75.
10. Хрусталева Л.Н., Пармузин С.Ю., Емельянова Л.В. Надежность инфраструктуры в условиях меняющегося климата. М., 2011.
11. Каймонов М.В. Оценка устойчивости гидротехнических сооружений горных предприятий в условиях криолитозоны // Актуальные вопросы теплофизики, энергетики и гидрогазодинамики в условиях Арктики. Якутск, 2021. С. 132–134.
12. Guy Doré, Ariane Locat. Quantitative Risk Analysis for Linear Infrastructure Supported by Permafrost: Methodology and Computer Program. Quebec. Canada, 2019.
13. Dallison Richard J.H., Patil Sopan D. Renew. Energy. 2023. 207. P. 611–628.
14. Albers B.M.C., Molson J.W., Bense V.F. Parameter Sensitivity Analysis of a Two-Dimensional Cryo-Hydrogeological Numerical

Model of Degrading Permafrost Near Umiujaq (Nunavik, Canada). *Hydrogeol.* 2020. J. 28. 905–919.

15. Крупнов Л.В., Мидюков Д.О., Малахов П.В. Направление поддержания сырьевой базы медно-никелевой подотрасли // Обогащение руд. 2022. №2. С. 37–41.

16. Изменение ресурсной базы производства тяжелых цветных металлов на примере

меди и никеля / Л.В. Крупнов, Д.О. Мидюков, М.С. Дациев, В.Б. Ильин // Горный журнал. 2024. №3. С. 10–15.

17. Анализ металлургии кобальта в России и подходы к повышению извлечения металла в готовую продукцию / Л.В. Крупнов, П.В. Малахов, С.С. Озеров, Р.А. Пахомов // Цветные металлы. 2023. №7. С. 25–33.

References

1. Reliability of tailings farms of processing plants / Guzenkov S.N., Stefanshin D.V., Finagenov O.M., Shulman S.G. Belgorod, 2007.

2. Kovenkin D.A., Nasnikov D.N., Chernetskaya I.S. Application of the Frost 3D Universal software package for predictive thermal calculations of the earth bed. *Modern technologies. System analysis. Modeling.* 2022;(3):80–90. (In Russ.).

3. Assessment of the impact of more frequent extreme weather events and permafrost degradation as a result of climate change on hydraulic structures (tailings ponds) of PJSC MMC Norilsk Nickel. JSC Mekhanobr Engineering. 2022.

4. Kibirev V.I. Tailings storage. SPb., 2022.

5. Fox K., Rohloff K., Jacobs P. NASA Analysis Confirms 2023 as the Warmest Year on Record [website]. URL: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-analysis-confirms-2023-as-warmest-year-on-record/>. (accessed: 01/20/2024).

6. SP. 58.13330.2019 Hydraulic structures. The main provisions. Date of introduction: 17.06.2020 (art. 6.21).

7. SP 39.13330.2012 Dams made of ground materials. Date of introduction: 01.01.2013 (table 8, clause 9.5)

8. SP 23.13330.2018 Foundations of hydraulic structures. Date of introduction: 02/14/2019.

9. Khrustalev L.N., Davydova I.V. Forecast of climate warming and its consideration in assessing the reliability of building foundations on permafrost soils. *The cryosphere of the earth.* 2007;(2):68–75.

10. Khrustalev L.N., Parmuzin S.Yu., Yemelyanova L.V. Reliability of infrastructure in a changing climate. M., 2011.

11. Kaimonov M.V. Assessment of the stability of hydraulic structures of mining enterprises in cryolithozone conditions. *Current issues of thermophysics, energy and hydrogas dynamics in the Arctic.* 2021:132–134. (In Russ.).

12. Guy Doré, Ariane Locat. Quantitative Risk Analysis for Linear Infrastructure Supported by Permafrost: Methodology and Computer Program. Quebec. Canada, 2019.

13. Dallison Richard J.H., Patil Sopan D. *Renew. Energy.* 2023. P. 611–628.

14. Albers B.M.C., Molson J.W., Bense V.F. Parameter Sensitivity Analysis of a Two-Dimensional Cryo-Hydrogeological Numerical Model of Degrading Permafrost Near Umiujaq (Nunavik, Canada). *Hydrogeol.* 2020. J. 28. 905–919.

15. Krupnov L.V., Midyukov D.O., Malakhov P.V. The direction of maintaining the raw material base of the copper-nickel sub-sector. *Ore processing.* 2022;(2):37–41. (In Russ.).

16. Changing the resource base of production of heavy non-ferrous metals on the example of copper and nickel / L.V. Krupnov, D.O. Midyukov, M.S. Datsiev, V.B. Ilyin *Mining Journal.* 2024;(3):10–15. (In Russ.).

17. Analysis of cobalt metallurgy in Russia and approaches to increasing metal extraction in finished products / L.V. Krupnov, P.V. Malakhov, S.S. Ozerov, R.A. Pakhomov. *Non-ferrous metals.* 2023;(7):25–33. (In Russ.).

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 35–40.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):35–40.

Технические науки

Научная статья
УДК 658.7:(622+661)(571.511)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_35–40

**ОПЫТ ЗАПОЛЯРНОГО ФИЛИАЛА ПАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»
ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПОСТАВОК ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Набиуллин Ринат Рамилевич

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: NabiullinRR@nornik.ru

Савина Виктория Валерьевна

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: SavinaVV@nornik.ru

Таджибова Анжелина Качабековна

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: TadzhibovaAK@nornik.ru

Аннотация. ПАО «ГМК «Норильский никель» использует огромный перечень оборудования: от простого до сложного и высокотехнологичного. Ранее предпочтение отдавалось европейским и североамериканским производителям горно-металлургического оборудования и подземной техники. В результате санкционной политики недружественных стран Компания, как и многие другие минерально-сырьевые предприятия нашей страны, столкнулась с нехваткой оборудования и запасных частей импортного производства. В результате проведенной работы по налаживанию кооперационных связей установлены контакты с новыми участниками рынка, укреплены связи с отечественными производителями.

Ключевые слова: рынок, форум, импортозамещение, производители, поставщики, инжиниринг, опытно-промышленные испытания, пусковой комплекс, сотрудничество.

Для цитирования: Набиуллин Р.Р., Савина В.В., Таджибова А.К. Опыт Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» по оптимизации поставок оборудования и материалов для горно-металлургического производства // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 35–40. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_35–40.

Technical sciences

Original article

**THE EXPERIENCE OF THE POLAR BRANCH OF PJSC MMC NORILSK
NICKEL IN OPTIMIZING THE SUPPLY OF EQUIPMENT AND MATERIALS
FOR MINING AND METALLURGICAL PRODUCTION**

Rinat R. Nabiullin

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: NabiullinRR@nornik.ru

Victoria V. Savina

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: SavinaVV@nornik.ru

Angelina K. Tadzhibova

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: TadzhibovaAK@nornik.ru

Abstract. MMC Norilsk Nickel uses a huge range of equipment: from simple to complex and high-tech. Previously, preference was given to European and North American manufacturers of mining and metallurgical equipment, as well as underground machinery. As a result of the sanctions policy of unfriendly countries, the company, like many other mineral resource companies in our country, faced a shortage of imported equipment and spare parts. As a result of the work carried out to establish cooperative ties, contacts were established with new market participants, and ties with domestic manufacturers were strengthened.

Keywords: market, forum, import substitution, manufacturers, suppliers, engineering, pilot industrial tests, launch complex, cooperation.

For citation: Nabiullin R.R., Savina V.V., Tadjibova A.K. The experience of the Polar branch of PJSC MMC Norilsk Nickel in optimizing the supply of equipment and materials for mining and metallurgical production. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):35–40. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_35-40.

Компания «Норникель» использует огромный перечень оборудования: от простого до сложного и высокотехнологичного. Долгое время предпочтение отдавалось европейским и североамериканским производителям горно-металлургического оборудования, а также подземной техники. Большая часть реконструкций в Заполярном филиале «Норникеля» проектировалась и строилась на оборудовании-производстве ЕС.

После объявления санкций ряд зарубежных компаний приостановили деятельность на территории Российской Федерации. В результате чего Компания «Норникель», как и многие другие минерально-сырьевые предприятия нашей страны, столкнулась с нехваткой оборудования и запасных частей импортного производства. Оперативный анализ рынка производителей, их сертифицированных представителей и поставщиков из стран ближнего зарубежья, Азии и Африки, а также отечественных производителей продемонстрировал их заинтересованность к сотрудничеству [1; 11].

Руководители «Норникеля» в кратчайшие сроки решали вопросы импортозамещения насосного, обогатительного, дробильно-размольного оборудования, горюче-смазочных и огнеупорных материалов, подшипников и т.д.

Темп работы задал проведенный в 2022 г. форум «Норникель. Импортозамещение – новые возможности», в котором приняли участие несколько десятков крупнейших производителей и поставщиков. На форуме налажены кон-

такты с новыми участниками рынка, активизированы связи с традиционными производителями и поставщиками. С рядом фирм заключены Меморандумы о намерениях, закрепляющие положения о стратегическом партнерстве и взаимовыгодном сотрудничестве [4; 5; 7].

Примером успешного сотрудничества может служить АО «Север Минералс» (РФ). На сегодня большая часть запасных частей основного технологического оборудования Надеждинского металлургического завода имени Б.И. Колесникова (НМЗ) и Талнахской обогатительной фабрики (ТОФ) поставляется надежным партнером. При этом значительное количество запасных частей требовали проведения глубокого технического анализа с целью идентификации, последующей разработкой и выпуском конструкторской документации. Проведя совместные рабочие встречи, поставщик модернизировал свою структуру и расширил возможности в сфере инжиниринговых работ. Это позволило в кратчайшие сроки успешно начать разработку проектной и конструкторской документации, производить и контролировать их качество, а также поставлять важные запасные части для ключевого оборудования из таких стран, как Китай, ЮАР, Турция. Сегодня успешно поставляется полный спектр запасных частей альтернативных производителей на все типы мельничного, флотационного оборудования ТОФ, на дробильно-размольное и насосное оборудование, произведена замена большей

части позиций запорной и запорно-регулирующей арматуры [2].

Показательным примером работы в рамках импортозамещения является разработка АО «Тяжмаш» (РФ) унифицированного дробильного комплекса, позволяющего заменить импортное дробильное оборудование производствен-

ных подразделений минерально-сырьевого комплекса ЗФ (рис. 1). Организована работа по закупке и проведению опытно-промышленных испытаний данного комплекса в условиях действующего производства с последующей заменой всего импортного дробильного оборудования на рудниках.

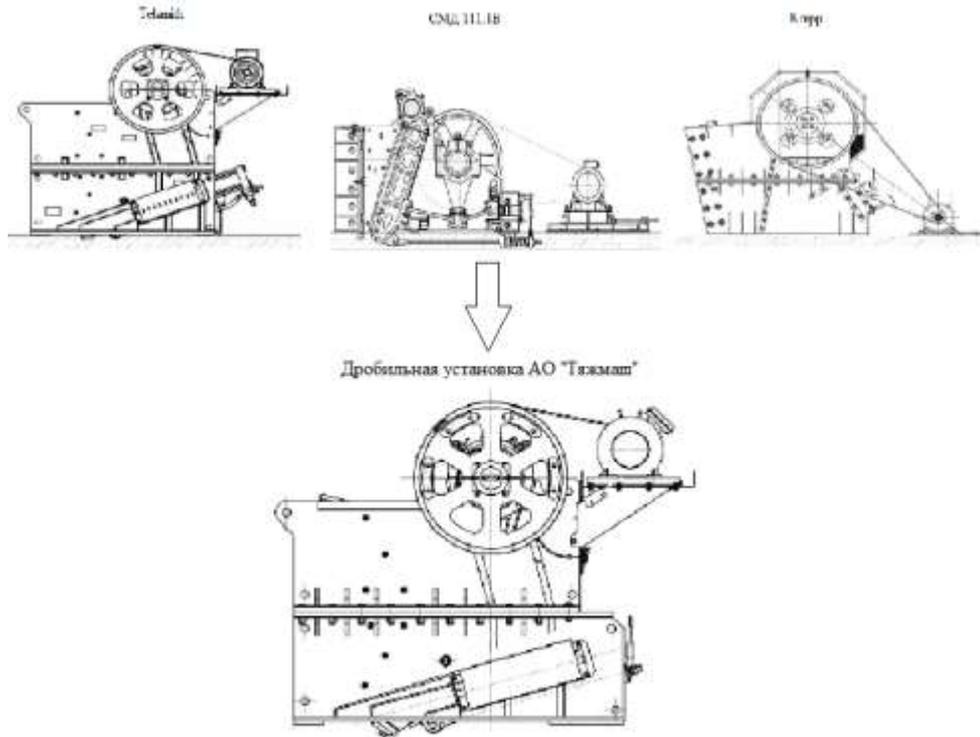


Рис. 1. Эскиз унифицированного дробильного комплекса АО «Тяжмаш»

В Норильске открыт филиал АО «Тяжмаш», в состав которого включена и проектная составляющая, что значительно сократило время взаимодействия между непосредственными потребителями продукции и ее производителями. Так, Компания получила возможность оперативной работы с одним из лидеров отечественного машиностроения, что уже положительно сказывается и на других производственных подразделениях. Специалисты НМЗ и ТОФ в тесном сотрудничестве с АО «Тяжмаш» ведут интенсивную работу по импортозамещению другого, значимого оборудования своих переделов. АО «Тяжмаш» является одним из основных производителей конвейерного оборудования, которое рассматривается как альтернатива кон-

вейерам Durmeier (ФРГ) [14] для строительства стратегически важного для «Норникеля» третьего пускового комплекса ТОФ, позволяющего увеличить объем перерабатываемых руд до 18 млн. т в год [6].

С АО «АМЗ «Вентпром» (РФ), ПАО «Уралмашзавод» (РФ), ООО «УЗТМ-КАРТЭКС» (РФ) активно ведется работа и по импортозамещению оборудования, комплектующих и запасных частей к основному технологическому оборудованию шахтных подъемных комплексов и главных вентиляторных установок производственных подразделений минерально-сырьевого комплекса. Значительным опытом производства такого оборудования обладает компания АО «АМЗ «Вентпром». С ними уже совместно разработаны рабочие чертежи

узлов и деталей импортного вентиляторного оборудования с последующим изготовлением.

В декабре 2023 г. АО «АМЗ «Вентпром» на территории своего завода (г. Артемовский) провел выездную научно-практическую конференцию «Вентиляция шахтных стволов горных предприятий ЗФ». В мероприятии приняли участие представители профильных институтов, предприятий-изготовителей и поставщиков оборудования и комплектующих. Конференция позволила обсудить актуальные темы, выработать рекомендации и пути решения насущных вопросов.

Отдельно необходимо отметить сотрудничество с АО «Северсталь-метиз» (РФ) по разработке и внедрению новых конструкций специальных шахтных канатов для подъемных установок. Ранее данное оборудование не изготавливалось на территории России. В компании использовали шахтные канаты фирмы BRIDON. Сегодня же АО «Северсталь-метиз» – основной поставщик ЗФ.

С 2023 г. начаты поставки запасных частей, совместно с Ассоциацией «Воронежский насосостроительный кластер», работы по реверс-инжинирингу узлов и агрегатов, в том числе основных насосных агрегатов импортного производства гидротранспортного передела ЗФ.

В 2024 г. планируется разработка конструкторской документации на ремонт оборудования первой технологической линии НМЗ с заменой огнеупоров на аналоги производства компании ОАО «Группа Магнезит» (РФ).

С целью укрепления и развития кооперационных связей между производителями Красноярского края закуплены вентиляционные сплит-системы марки Бирюса В-18AIR/В-18AIQ производства ОАО «КЗХ «Бирюса» (РФ). Оборудование, не уступающее зарубежным аналогам, уже установлено в Спорт-холле «Айка».

Особо стоит отметить взаимодействие с Китайской народной республикой. В

целях изучения и подбора аналогов оборудования, используемого в электроустановках Компании, представители Норильского дивизиона посетили в КНР заводы по производству преобразователей частоты (ПЧ), электродвигателей (ЭД) и другого электротехнического оборудования таких компаний, как Hopewind [15], Inovance [16], Nanca, ХМЕС, также планируется посетить заводы производителя электродвигателей – Shanghai Electrical Machinery Group [17–19], частотных электроприводов – CISDI Electric Technology CO.

В рамках капитального строительства рассматривается покупка ПЧ производства Inovance и ЭД Shanghai Electrical Machinery Group на объекты рудников «Таймырский» и «Октябрьский», а также ТОФ [2].

Компании КНР демонстрируют высокую степень готовности к производству электрооборудования для предприятий Норильского дивизиона, а также устойчивость в существующих сетях электропитания, надежность и техническое/сервисное обслуживание.

Отдельно стоит отметить работу по замене импортных масел и смазок на отечественные аналоги. Данная продукция жизненно необходима для функционирования любого механизма на производстве, будь то промышленное оборудование, автомобильная либо подземная техника. В прошлые годы, имея неограниченный доступ к западным технологиям и разработкам, нефтяная промышленность не уделяла должного внимания разработке специальных присадок, при добавлении которых стандартные масла и смазки получают уникальные характеристики, приводящие к существенной экономии при их применении. Купировать проблему обеспечения компании смазочными материалами удалось благодаря инициированной работе по подбору и разработке уникальных присадок с такими гигантами отечественной нефтяной отрасли, как АО

«Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Газпром» и производителем полиальфаолефиновых масел ТАИФ-СМ. В настоящее время доля закупок смазочных материалов для Норильского дивизиона у российских производителей – более 40% от общей потребности. В будущем эта цифра будет только расти [2; 13].

«Достигнутые результаты, интерес и очевидное желание всех участников процесса к сотрудничеству позволяет прогнозировать стабильное будущее «Норникеля». Положительным фактором

преодоления настоящих вызовов является консолидация мнений, обмен опытом и информацией между компаниями. Все это дает уверенность в положительном результате усилий по импортозамещению как в Компании, так и по стране в целом», – отметил заместитель Директора Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» по управлению промышленными активами Максим Котельников [1].

Список источников

1. Решения, принятые ПАО «ГМК «Норильский никель» по итогам проведенного в 2022 году форума «Норникель. Импортозамещение – новые возможности».
2. Справочно-информационные документы, применяемые при осуществлении текущей деятельности ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» // ПАО «ГМК «Норильский никель».
3. «Норникель» одним из первых в России продемонстрировал новые возможности импортозамещения: [сайт]. URL: <https://rg.ru/2022/06/30/reg-sibfo/delaem-sami.html>.
4. «Норникель» договорился с российскими производителями об импортозамещении: [сайт]. URL: <https://krasnoyarsk.dk.ru/news/237169274>.
5. «Сделано в России»: предприятия готовы к выпуску оборудования для горняков: [сайт]. URL: <https://dela.ru/articles/274669/>.
6. «ТЯЖМАШ» принял участие в форуме «Норникель. Импортозамещение – новые возможности»: [сайт]. URL: <https://www.tyazhmash.com/company-group/news/tyazhmash-prinyal-uchastie-v-forume-nornikel-impor/>.
7. Федеральная и краевая власть поддерживали импортозамещение в «Норникеле»: [сайт]. URL: <https://1line.info/news/economic/promyshlennost/federalnaya-i-kraevaya-vlast-podderzhali-importozameshchenie-v-nornikele.html>.
8. Субботина Т.Н., Абубакаров М.У. Российская промышленность в условиях санкционных ограничений: проблемы и новые возможности // Экономика и бизнес: теория и практика. 2024. №107. Т. 1–2. С. 143–146.
9. Заполярная правда: [сайт]. URL: <https://gazetazp.ru/news/gorod/tretij--ne-lishnij.html>.
10. Добыть и обогатить по-русски: [сайт]. URL: <https://kiozk.ru/article/ekspert/dobyt-i-obogatit-po-russki>.
11. Карлова Н., Пузанова Е. Российская обрабатывающая промышленность в условиях санкций: Результаты опроса предприятий. Аналитическая записка, Банк России, сентябрь 2023. Разд. 3. Обеспеченность импортными запчастями для оборудования. Разд. 4. Закупки импортных машин и оборудования. С. 13–18.
12. Импортозамещение в России: [сайт]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>.
13. «Какие российские смазки успешно заменяют импортные аналоги?» [сайт]. URL: https://atf.ru/articles/materialy_dlya_tipovykh_uzlov_treniya/kakie-rossiyskie-smazki-uspeshno-zamenyayut-importnye-analogi/.
14. Product overview Durmeier: [сайт]. URL: https://www.duermeier.de/images/pdf/broschuere/broschuere_en_2019.pdf.
15. Brochure about Hewang Electric Company: [сайт]. URL: <https://www.hopewind.com/bocupload/2024/04/25/1714030406297815ara.pdf> (дата обращения: 20.04.2024).
16. Inovance Company Overview Your partner for industrial automation solutions: [сайт]. URL: https://www.inovance.eu/fileadmin/downloads/Brochures/EN/Inovance_Company_Profile_EN_Singles.pdf (дата обращения: 15.03.2024).
17. Brochure SHANGHAI ELECTRICAL MACHINERY GROUP., Ltd: [сайт]. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/shanghai-electric-heavy-machinery-co-ltd/shanghai->

electrical-machinery-group-ltd/230196-1008594.html (дата обращения: 25.04.2024).

18. SEMC Motor catalog: [сайт]. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/shanghai-electric-heavy-machinery-co-ltd/semc-motor-catalog/230196-1008596.html> (дата обращения: 25.04.2024).

19. Big motor in factory: [сайт]. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/shanghai-electric-heavy-machinery-co-ltd/big-motor-factory/230196-1008595.html> (дата обращения: 25.04.2024).

References

1. Decisions taken by PJSC MMC Norilsk Nickel following the results of the Norilsk Nickel Forum held in 2022. Import substitution – new opportunities.

2. Reference and information documents used in the implementation of the current activities of the MMC Norilsk Nickel // PJSC MMC Norilsk Nickel.

3. Norilsk Nickel was one of the first companies in Russia to demonstrate new import substitution opportunities [website]. URL: <https://rg.ru/2022/06/30/reg-sibfo/delaem-sami.html>.

4. Norilsk Nickel has agreed with Russian manufacturers on import substitution [website]. URL: <https://krasnoyarsk.dk.ru/news/237169274>.

5. «Made in Russia»: enterprises are ready to produce equipment for miners [website]. URL: <https://dela.ru/articles/274669/>.

6. TYAZHMASH took part in the Norilsk Nickel Forum. «Import substitution – new opportunities»: [website]. URL: <https://www.tyazhmash.com/company-group/news/tyazhmash-prinyal-uchastie-v-forume-nornikel-import/>.

7. The federal and regional authorities supported import substitution at Norilsk Nickel: [website]. URL: <https://1line.info/news/economic/promyshlennost/federalnaya-i-kraevaya-vlast-podderzhali-importozameshchenie-v-nornikele.html>.

8. Subbotina T.N., Abubakarov M.U. Russian industry in the context of sanctions restrictions: problems and new opportunities. *Economics and Business: theory and practice*. 2024;(107),1-2:143–146.

9. Zapolyarnaya pravda: [website]. URL: <https://gazetazp.ru/news/gorod/tretij-nelishnij.html>.

10. To mine and enrich in Russian: [website]. URL: <https://kiozk.ru/article/ekspert/dobyt-i-obogatit-po-russki>.

11. Karlova N., Puzanova E. The Russian manufacturing industry in the context of sanctions: The results of a survey of enterprises. Analytical Note, Bank of Russia, September 2023 Section 3. Availability of imported spare parts for equipment, section 4. Purchases of imported machinery and equipment. Pp. 13–18.

12. Import substitution in Russia [website]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>

13. «Which Russian lubricants successfully replace imported analogues?»: [website]. URL: https://atf.ru/articles/materialy_dlya_tipovykh_uzlov_treniya/kakie-rossiyskie-smazki-uspeshno-zamenyayut-importnye-analogi/.

14. Durmeier product overview: [website]. URL: https://www.duermeier.de/images/pdf/broschuere/broschuere_en_2019.pdf.

15. Brochure about Hewang Electric company: [website]. URL: <https://www.hopewind.com/bocupload/2024/04/25/1714030406297815ara.pdf> (date of publication: 04/20/2024).

16. Overview of Inovance, your partner in the field of industrial automation solutions: [website]. URL: https://www.inovance.eu/fileadmin/downloads/Brochures/EN/Inovance_Company_Profile_EN_Singles.pdf (date of request: 03/15/2024).

17. Brochure of shanghai electrical machinery Group, Ltd: [website]. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/shanghai-electric-heavy-machinery-co-ltd/shanghai-electrical-machinery-group-ltd/230196-1008594.html> (date of publication: 04/25/2024).

18. SEMC engine catalog: [website]. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/shanghai-electric-heavy-machinery-co-ltd/semc-motor-catalog/230196-1008596.html> (date of access: 04/25/2024).

19. Big engine at the factory: [website]. URL: <https://pdf.directindustry.com/pdf/shanghai-electric-heavy-machinery-co-ltd/big-motor-factory/230196-1008595.html> (date of access: 04/25/2024).

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 41–51.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):41–51.

Технические науки

Научная статья
УДК 622.27:(622.1:528)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_41–51

**РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА ТОЧНОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ
В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ РУДНИКА**

Туртыгина Наталья Александровна

Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, Норильск, Россия
E-mail: natyrtigina@mail.ru.

Кокошка Иван Павлович

Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, Норильск, Россия
E-mail: ikokoshka99@mail.ru

Рыженков Кирилл Андреевич

Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, Норильск, Россия
E-mail: Ryzhenkovka@nornik.ru

Аннотация. В статье рассматривается важный вопрос оперативного и надежного маркшейдерского обеспечения при разработке рудных месторождений подземным способом. Описан практический опыт применения способа быстрого ориентирования при подготовке к съемке и обеспечения условий необходимой точности в реальных производственных условиях рудника. Установлено, что способ точного ориентирования с применением электронных тахеометров при подземной добыче медно-никелевых руд является наиболее рациональным относительно повышения оперативности, полноты и точности данных маркшейдерских съёмок. Применение способа быстрого ориентирования сокращает время съёмочных работ на 30–40% и, как следствие, улучшает качество горных работ.

Ключевые слова: подземный рудник, бортовая точка, производства съёмочных работ, рационализация, способ точного ориентирования.

Для цитирования: Туртыгина Н.А., Кокошка И.П., Рыженков К.А. Рационализация способа точного ориентирования в подземных условиях рудника // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 41–51. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_41–51.

Technical sciences

Original article

**RATIONALIZATION OF THE METHOD FOR ACCURATE ORIENTATION
IN UNDERGROUND MINE CONDITIONS**

Natalia A. Turtygina

Fedorovsky Polar State University, Norilsk, Russia
E-mail: natyrtigina@mail.ru

Ivan P. Kokoshka

Fedorovsky Polar State University, Norilsk, Russia
E-mail: ikokoshka99@mail.ru

Kirill A. Ryzhenkov

Fedorovsky Polar State University, Norilsk, Russia
E-mail: Ryzhenkovka@nornik.ru

Abstract. The work examines the important issue of prompt and reliable surveying support when developing ore deposits using the underground method. The work describes practical experience in using the method of quick orientation

in preparation for surveying and ensuring the conditions of the necessary accuracy, in real production conditions of the mine. The method of precise orientation using electronic tachometers for underground mining of copper-nickel ores is the most rational in terms of increasing the efficiency, completeness and accuracy of survey data and reducing survey time by 30–40% and, as a result, improving the quality of mining work.

Key words: underground mine, side point, survey work, rationalization, methods of precise orientation.

For citation: Turtygina N.A., Kokoshka I.P., Ryzhenkov K.A. Rationalization of the method for accurate orientation in underground mine conditions. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):41–51. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_41-51.

Одним из основных требований по обеспечению безопасного ведения подземных работ, связанных с использованием недр, является обеспечение предприятия установленной геолого-маркшейдерской документацией. Маркшейдерское обеспечение основной деятельности горного предприятия включает:

- пространственно-геометрические измерения горных разработок и подземных сооружений, определение их параметров, местоположения и соответствия проектной документации;
- наблюдение за состоянием горных отводов и обоснование их границ;
- ведение горной графической документации;
- учёт и обоснование объёмов горных разработок;
- определение опасных зон и мер охраны горных разработок, зданий, сооружений и природных объектов от воздействия работ, связанных с использованием недр [1, с. 7].

Работу маркшейдерской службы горнодобывающих предприятий можно условно разделить на два аспекта – это камеральные и полевые работы. Полевые работы в большинстве случаев заключаются в проведении съёмки или координировании точек (задании направления). Точность и оперативность выполнения таких работ значительно влияет как на качество горных работ, так и собственно на качество добытого полезного ископаемого [2].

Подземная разработка месторождений в последнее время характеризуется существующими изменениями, связанными с необходимостью удержания объёмов производства на должном уровне и

обеспечением при этом безопасности производства горных работ. Все это происходит в условиях постепенного ухудшения качественных характеристик добываемого сырья. На сегодняшний день на подземных рудниках Норильска из-за высокой скорости движения фронта добычных работ одной из актуальных задач маркшейдерии является повышение эффективности работы маркшейдерской службы в полевых условиях за счет снижения времени и трудозатрат при проведении съёмки горных выработок.

В условиях цифровой трансформации на рудниках Норильска для сбора, хранения, обработки, анализа и отображения пространственно-распределённых данных применяют специализированное программное обеспечение (ПО), которое помогает горным инженерам, маркшейдерам и геологам быстро и эффективно решать различные задачи горного проектирования, развития и управления горным производством [3].

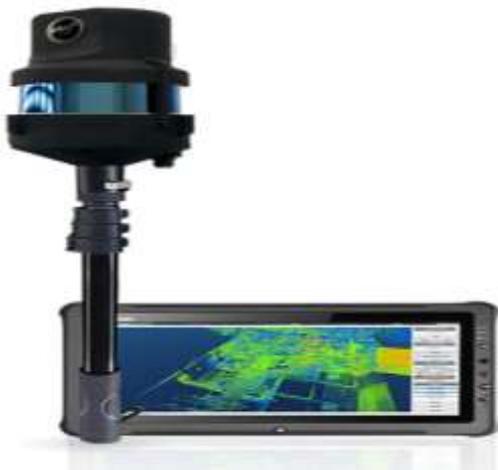
В настоящее время разработано множество методов автоматизации маркшейдерских работ. В большинстве случаев выбор метода зависит от материальных возможностей предприятия и профессионализма исполнителей. Обычно работы по автоматизации съёмки заключаются в использовании электронных тахеометров и сканеров, которые сокращают время и упрощают полевые и камеральные работы. Оба прибора имеют свои преимущества и недостатки.

Тахеометр – крайне универсальный прибор, любые работы с которым могут быть сделаны с высокой точностью, однако детализация съёмки при его сравнении со сканером невысока.

а)



б)



в)



Рис. 1. Маркшейдерские приборы для съемки горных выработок: а) Leica TS02 plus; б) Heron Lite Color; в) CMS OPTECH

Сканеры же, напротив, имеют высокую детализацию, но их точность не позволяет их задействовать при некоторых работах. Каждый из этих приборов занял свою нишу, в которой его преимущества значительно превалируют над недостатками. К примеру, сканер незаменим при съемке очистных камер и рудоспусков, а тахеометр – при съемке капитальных выработок.

При производстве съёмочных работ электронными тахеометрами допускается определять координаты точки стояния прибора методом обратной засечки.

Применение этого метода допустимо при наличии в месте стояния прибора видимости как минимум на три исходных точки [4; 6]. Исходными точками для засечки могут быть пункты опорной или съёмочной сети с установленными под ними отражателями или закреплёнными на них визирными целями. Для определения координат съёмочных точек электронным тахеометром возможно выполнение как угловой, так и линейно-угловой засечки [4]. Угловая засечка выполняется в случае, если геометрическое расположение исходных точек позволяет получить ее благоприятную форму, а именно углы между линиями при определяемом пункте должны быть не менее 30° и не более 150° . Линейно-угловая засечка выполняется во всех случаях, когда благоприятной формы засечки добиться не удается [5; 7].

В целом процесс проведения съемки горной выработки складывается из последовательности выполнения определенных операций. В свою очередь время на каждую операцию при подготовке к съемке может значительно отличаться в зависимости от параметров и местонахождения горной выработки. Например, при подготовке самые большие временные затраты возникают из-за необходимости установки переходных точек. Так, в ходе производственных наблюдений установлено, что съемка 30–50 точек в среднем составляет 10–15 минут, при этом 70% времени уходит на подготовку к самой съемке.

Одним из рациональных способов решения проблемы оперативного и надежного маркшейдерского обеспечения является метод точного ориентирования, который повышает эффективность производства съёмочных работ в подземном пространстве. В этой связи с целью проведения быстрого ориентирования при подготовке к съемке и обеспечения условия необходимой точности в реальных производственных условиях рудника «Октябрьский» были проведены произ-

водственные испытания по определению количества бортовых точек и их расположения относительно горной выработки большой протяженности, с учетом регламентирующей погрешности определения координат съемочного обоснования ($\leq 0,010$ м для подготовительных выработок).

Медно-никелевые руды рудника «Октябрьский» добываются подземным способом методом сплошной выемки с заполнением выработанного пространства твердеющей закладкой, обеспечивая их практически полную выемку. Однако с позиции обеспечения стабильности вещественного состава рудной массы норильские месторождения полиметаллических руд относятся к сложным по геологическому строению, т.к. в них имеют место высокие значения геологической изменчивости показателей качества руд в недрах, для достижения чего требуется применение наиболее эффективных технологий формирования стабильного качества руд [3; 8].

Для обоснования рационального способа быстрого ориентирования при подготовке к съемке в работе была выполнена предварительная оценка по нескольким вариантам схем для определения оптимальной схемы установки бортовых точек, количества и их взаиморасположения. В ходе производственных наблюдений принимали следующие условия: элементы горной выработки пройдены идеально; ошибка от расположения реперов на одной окружности не учитывается; длина и ширина выработки равны 50 и 5 м соответственно; крайняя станция устанавливается на расстоянии 7 м от забоя; горная выработка – транспортный штрек на горизонте -500 м.

Для оценки точности ориентирования способом обратной линейно-угловой засечки пользовались формулами [1–3]:

– для ориентирования на две точки:

$$m = \frac{m_{\beta} D_A}{\rho \sin \beta} \sqrt{\left(\frac{D_B}{d_{AB}}\right)^2}, \quad (1)$$

где m – погрешность обратной линейно-угловой засечки, м; m_{β} – средняя квадратическая ошибка измерения углов прибором, ″; D_A – расстояние от станции до точки A , мм; ρ – количество секунд в радиане, ″; β – угол APB , °; D_B – расстояние от станции до точки B , мм; d_{AB} – расстояние между точками A и B , мм;

– для ориентирования на три точки:

$$m = \frac{m_{\beta} D_A}{\rho \sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{BAC})} \times \sqrt{\left(\frac{D_B}{d_{AB}}\right)^2 + \left(\frac{D_C}{d_{AC}}\right)^2}, \quad (2)$$

где β_1 – угол BPA , °; β_2 – угол APC , °; ω_{BAC} – угол BAC , °; D_C – расстояние от станции до точки C , мм; d_{AC} – расстояние между точками A и C , мм.

– для ориентирования на пять точек:

$$m = \frac{m_{\beta} D_A}{\rho \sin(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \omega_{DBA} + \omega_{ACE})} \sqrt{\left(\frac{D_B}{d_{AB}}\right)^2 + \left(\frac{D_C}{d_{AC}}\right)^2 + \left(\frac{D_D}{d_{DB}}\right)^2 + \left(\frac{D_E}{d_{CE}}\right)^2}, \quad (3)$$

где β_3 – угол DPB , °; β_4 – угол CPE , °; ω_{DBA} – угол DBA , °; ω_{ACE} – угол ACE , °; D_D – расстояние от станции до точки D , мм; d_{DB} – расстояние между точками D и B , мм; D_E – расстояние от станции до точки E , мм; d_{CE} – расстояние между точками D и B , мм.

Расположение углов и длин сторон при различном количестве точек ориентирования показано на рис. 2.

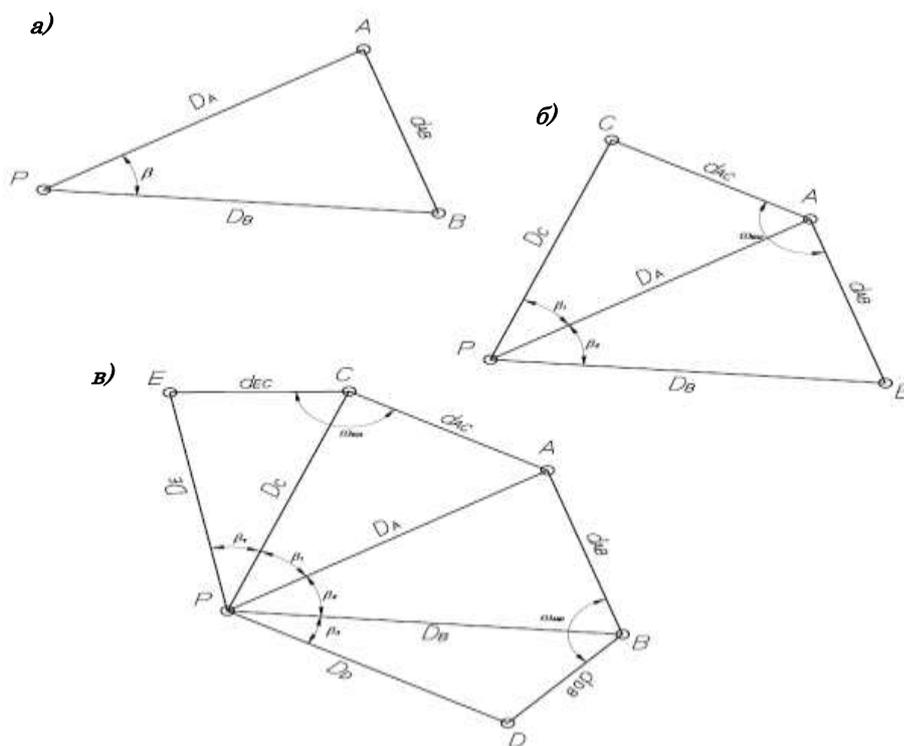


Рис. 2. Схемы обозначения элементов треугольников: а) – для двух точек ориентирования; б) – для трех точек ориентирования; в) – для пяти точек ориентирования

Расположения бортовых реперов в ходе эксперимента вели по различным вариантам схем, представленным на рис. 3–4. Метод съемки во всех случаях являлся тахеометрический. В табл. 1–5 представлены результаты геометрических параметров засечки, полученные в

ПО AutoCAD (значения длин и углов), и значение ошибки засечки при рассмотрении различных вариантов схем размещения бортовых реперов по транспортному штреку на горизонте -500 м рудника «Октябрьский».

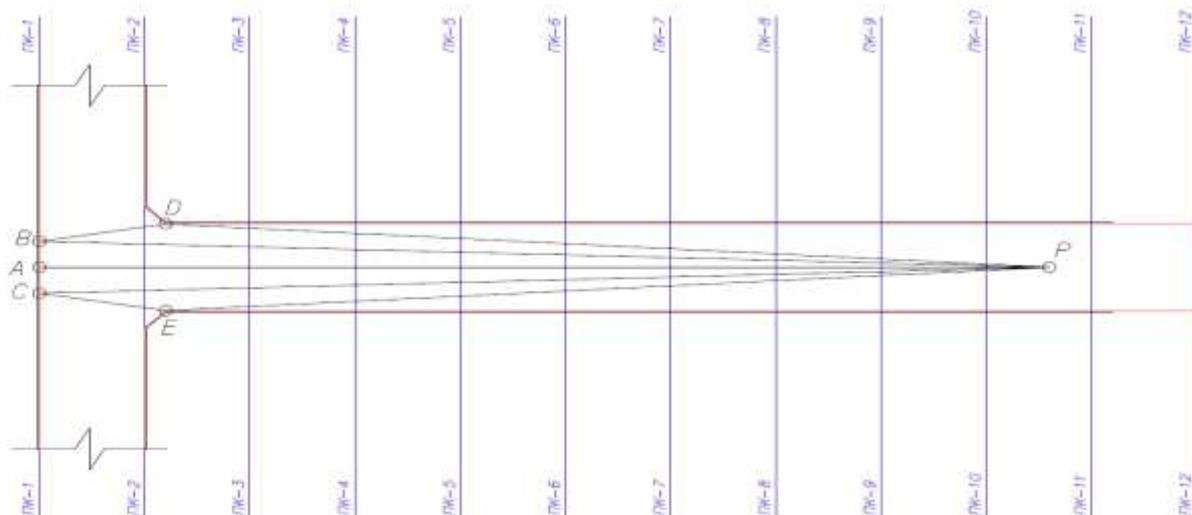


Рис. 3. Схема расположения реперов по первому варианту

Для определения ошибки засечки заносили исходные данные в ПО AutoCAD, а значения длин и углов – в табл. 1.

Таблица 1

Геометрические параметры засечки первого варианта

Линейные величины, м		Угловые величины, °	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
D_A	48	$\beta_1 = \beta_2$	1,790
$D_B = D_C$	48,023	$\beta_3 = \beta_4$	1,617
$D_D = D_E$	42,074	$\omega_{DBA} = \omega_{ACE}$	99,462
$d_{AB} = d_{AC}$	1,5		
$d_{DB} = d_{CE}$	6,083		

По формуле (3) определяли ошибку засечки:

$$m = \frac{5 \times 48}{206265 \times \sin(2 \times (1,790) + 2 \times (1,617) + 2 \times (99,462))} \times \sqrt{\left(\frac{48,023}{1,5}\right)^2 + \left(\frac{48,023}{1,5}\right)^2 + \left(\frac{42,074}{6,083}\right)^2 + \left(\frac{42,074}{6,083}\right)^2} = -0,124 \text{ м.}$$

Из решения видно, что наибольший вклад в ошибку вносит недостаточное расстояние между реперами $B-A$ и $A-C$, в результате формируется вывод, что чем больше расстояние между реперами по отношению к расстоянию от точки стояния, тем точнее засечка. Далее в ходе наблюдений рассчитывали две схемы расположения реперов с двумя точками. Первый из этих вариантов включал расположение точек на крайнем пикете, который обеспечивает целе-

сообразность применения системы бортовых точек [9]. Другими словами, это такой пикет, при котором и до него, и после не нужно использовать переходные точки. В этой связи принимали его за ПК3+1,0 м, и в этом случае его расстояние от начала выработки составляло не более 6 м. Следующая схема имела расположение первого репера на ПК3+1,0 м. В свою очередь расположение второго репера рассматривали при условии расположения его на месте пикетов ПК1 и ПК2+1,0 м.

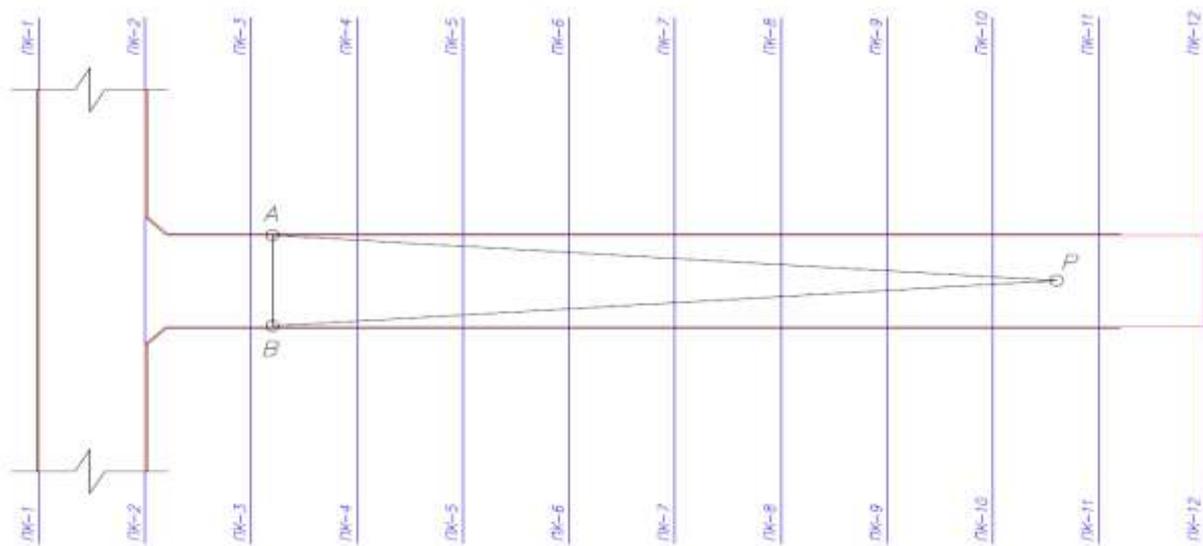


Рис. 4. Схема расположения реперов по второму варианту

Полученные значения заносим в табл. 2.

Таблица 2
Геометрические параметры засечки
второго варианта

Линейные величины, м		Угловые величины, °	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
$D_A = D_B$	37,084	β	7,731
d_{AB}	5		

По формуле (1) определяли ошибку засечки:

$$m = \frac{5 \times 37,084}{206265 \sin 7,731} \sqrt{\left(\frac{37,084}{5}\right)^2} = 0,049 \text{ м.}$$

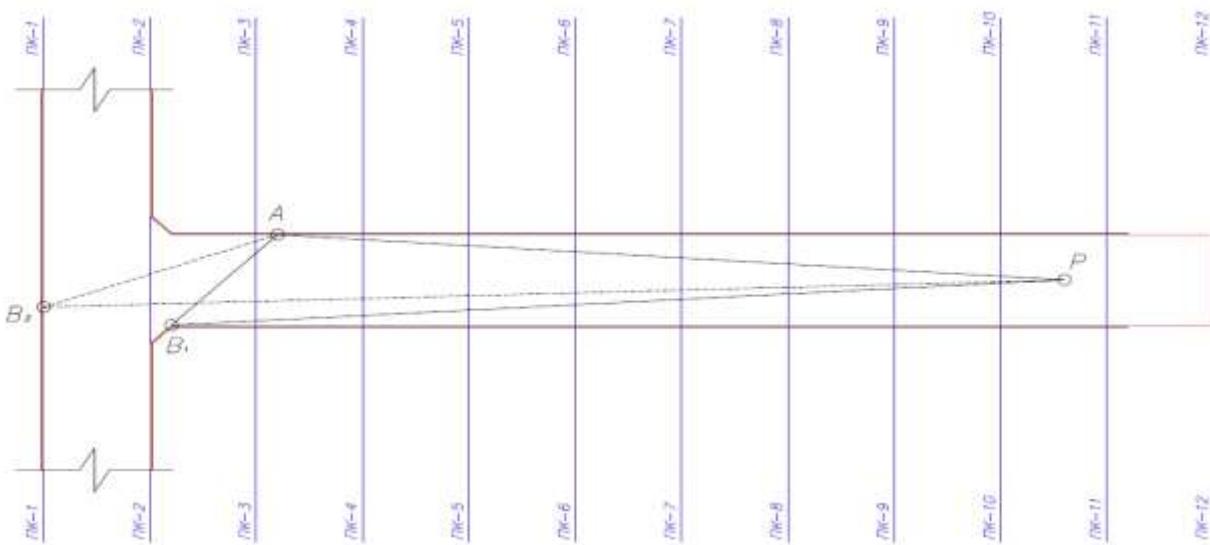


Рис. 5. Схема расположения реперов по третьему варианту

Результаты вычислений представлены в табл. 3.

Таблица 3
Геометрические параметры
засечки третьего варианта

Линейные величины, м		Угловые величины, °	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
D_A	37,084	β_1	7,272
D_{B1}	42,074	β_2	5,655
D_{B2}	48,023		
d_{AB1}	7,071		
d_{AB2}	11,705		

$$m_1 = \frac{5 \times 37,084}{206265 \sin 7,272} \sqrt{\left(\frac{42,074}{7,071}\right)^2} = 0,042 \text{ м;}$$

$$m_2 = \frac{5 \times 37,084}{206265 \sin 5,655} \sqrt{\left(\frac{48,023}{11,705}\right)^2} = 0,037 \text{ м.}$$

Затем по формуле (1) определяли ошибки засечек:

По результатам вычислений видно, что при схеме с двумя точками повысить точность больше не представляется возможным, в этой связи целесообразно рассмотреть вариант с тремя точками (рис. 6).

Полученные значения длин и углов заносим в табл. 4.

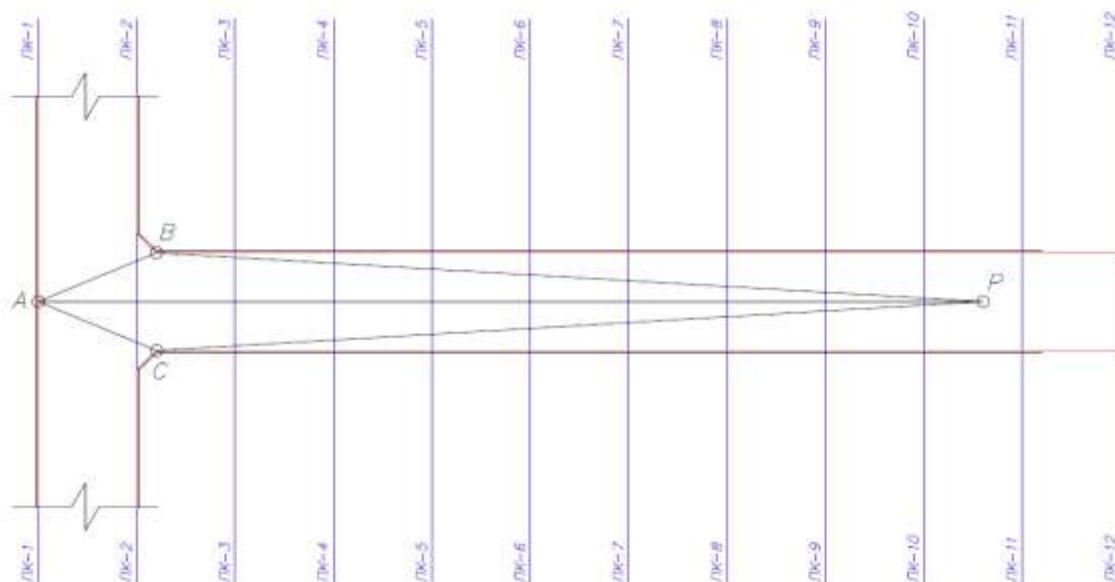


Рис. 6. Схема расположения реперов по четвертому варианту

Таблица 4
Геометрические параметры засечки четвертого варианта

Линейные величины, м		Угловые величины, °	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
D_A	48	$\beta_1 = \beta_2$	3,406
$D_{B=C}$	42,074	ω_{BAC}	45,240
$d_{AB} = d_{AC}$	6,5		

Значение ошибки засечки по формуле (2) в этом случае составляет:

$$m = \frac{5 \times 48}{206265 \sin(2 \times 3,406 + 45,240)} \times \sqrt{2 \times \left(\frac{42,074}{6,5}\right)^2} = 0,013 \text{ м.}$$

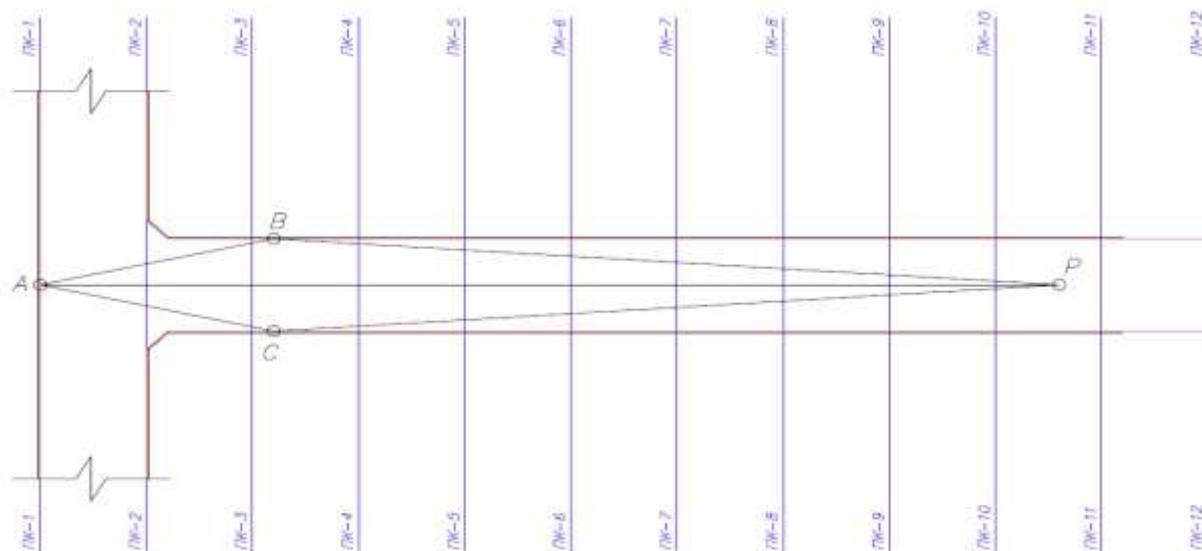


Рис. 7. Схема расположения реперов по пятому варианту

В табл. 5 сведены полученные в ходе производственных наблюдений значения для определения ошибки засечки.

Таблица 5
Геометрические параметры засечки пятого варианта

Линейные величины, м		Угловые величины, °	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
D_A	48	$\beta_1 = \beta_2$	3,865
$D_B = D_C$	37,084	ω_{BAC}	25,609
$d_{AB} = d_{AC}$	11,280		

По формуле (2) определяли ошибку засечки:

$$m = \frac{5 \times 48}{206265 \sin(2 \times 3,865 + 25,609)} \times \sqrt{2 \times \left(\frac{37,084}{11,280}\right)^2} = 0,009 \text{ м.}$$

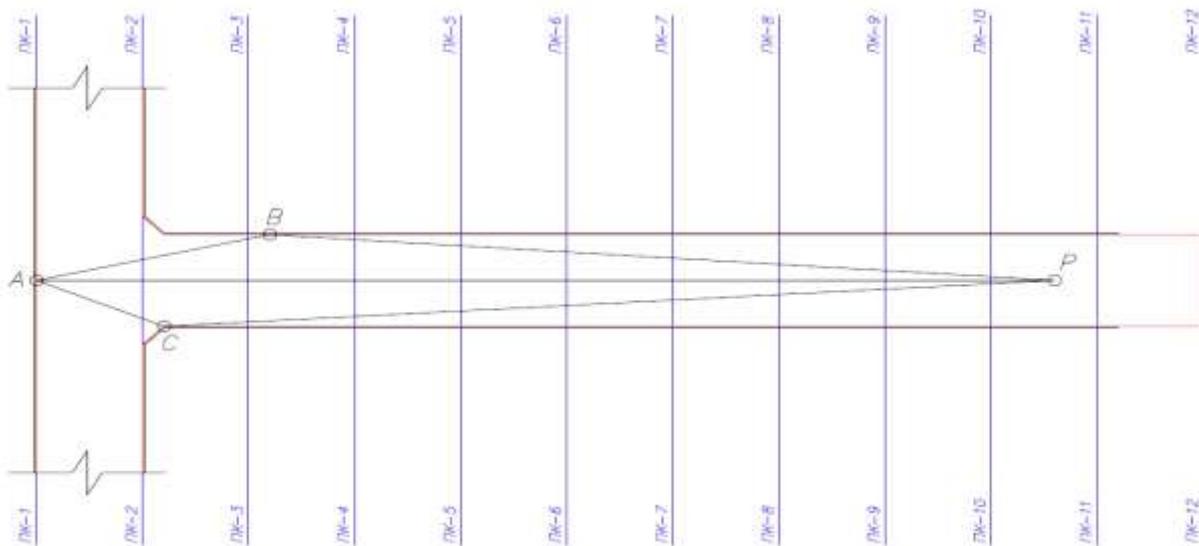


Рис. 7. Схема расположения реперов по шестому варианту

Значения длин и углов представлены в табл. 6.

Таблица 6
Геометрические параметры засечки шестого варианта

Линейные величины, м		Угловые величины, °	
Параметр	Значение	Параметр	Значение
D_A	48	β_1	3,865
D_B	37,084	β_2	3,406
D_C	42,074	ω_{BAC}	35,424
d_{AB}	11,280		
d_{AC}	6,5		

там схем относительно полученных значений ошибок засечки. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 7.

Таблица 7

Количество бортовых реперов

Вариант	Количество реперов	Ошибка засечки, мм
1	5	124
2	2	47
3	2	37
4	3	13
5	3	9
6	3	12

Значение ошибки засечки в этом случае составляет:

$$m = \frac{5 \times 48}{206265 \sin(3,865 + 3,406 + 35,424)} \times \sqrt{\left(\frac{37,084}{11,280}\right)^2 + \left(\frac{42,074}{6,5}\right)^2} = 0,012 \text{ м.}$$

Далее по результатам выполненных производственных наблюдений в работе был сделан сравнительный анализ по определению оптимального количества бортовых реперов по различным вариан-

Анализ производственных испытаний показал, что схемы с пятью и двумя реперами, при заданных условиях (интервал установки составляет 11 м), имеют значения чрезмерной ошибки ориентирования. В этой связи оптимальной схемой расположения реперов для проведения быстрого ориентирования при подготовке к тахеометрической съемке является схема под номером 5.

Количество бортовых точек в этом случае составляет три, а значение ошибки засечки не более 9 м.

В целом, как показывает опыт практического применения, рассмотренный способ точного ориентирования с применением электронных тахеометров в подземных условиях рудника является наиболее рациональным по времени производства измерений и точности [10; 11]. К достоинствам этого способа можно

отнести улучшение оперативности, полноты, точности данных маркшейдерских съёмок и сокращение времени съёмочных работ на 30–40% и, как следствие, повышение качества горных работ. С точки зрения маркшейдерского обеспечения, внедрение и применение предложенной технологии быстрого ориентирования в подземных условиях вполне оправдано.

Список источников

1. Сравнительный анализ программного обеспечения для обработки полученных данных в системе «Heron» / Н.А. Туртыгина, Н.З. Прокофьева, И.П. Кокошка, П.Н. Бородин // Научный вестник Арктики. 2024. №17. С. 6–15.

2. Положение о маркшейдерской службе Общества с ограниченной ответственностью «Заполярная строительная компания». Норильск, 2018.

3. Туртыгина Н.А., Охрименко А.В., Фролов Н.А. Классификация способов стабилизации качества рудопотока при подземной добыче // Рациональное освоение недр. 2023. №4. С. 32–40.

4. Положение о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах горных выработок рудников ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», проходимых ООО «ЗСК». Норильск, 2020.

5. Оценка точности результатов измерений: [сайт]. URL: https://studref.com/403252/geografiya/otsenka_tochnosti_rezultatov_izmereniy. Дата обращения: 22.10.2024.

6. Оценка точности способа прямой угловой засечки: [сайт]. URL: <https://studref.com>

/551815/geografiya/primer_otsenka_tochnosti_sposoba_pryamoj_uglovoi_zasechki. Дата обращения: 22.10.2024.

7. Курбатова В.В. Валидность сканирующей тахеометрии в решении комплекса маркшейдерских задач // Вектор ГеоНаук. 2018. Т. 1. №1. С. 8–23.

8. Blischenko A.A., Gusev V.N. Anovar of Errors in Surveying Photogram-metric Measurements of Mountain Objects with the Help of Unmanned Aerial Vehicles // International science and technology conference «Earth science» IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. №720.

9. Ehrhart M., Lienhart W. Accurate Measurements with Image-Assisted Total Stations and Their Prerequisites // Journal of Surveying Engineering. 2017. №143. P. 04016024.

10. Рациональное освоение недр: [сайт]. URL: <https://roninfo.ru/kontakty/>. Дата обращения: 22.10.2024.

11. Горный журнал: [сайт]. URL: <http://www.rudmet.ru/catalog/journals/1/>. Дата обращения: 01.11.2024.

References

1. Comparative analysis of software for processing received data in the Heron system / N.A. Turtygina, N.Z. Prokofieva, I.P. Kokoshka, P.N. Borodin. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2024;(17):6–15. (In Russ.).

2. Regulations on the surveying service of the Limited Liability Company «Polar Construction Company». Norilsk, 2018.

3. Turtygina N.A., Okhrimenko A.V., Frolov N.A. Classification of methods for sta-

bilizing the quality of ore flow during underground mining. *Rational development of sub-soil*. 2023;(4):32–40. (In Russ.).

4. Regulations on the procedure and control of safe mining operations in hazardous areas of mine workings of the Polar Division of PJSC MMC Norilsk Nickel passable by ZSK LLC. Norilsk, 2020.

5. Assessment of the accuracy of measurement results: [website]. URL: https://studref.com/403252/geografiya/otsenka_tochnosti_rezultatov_izmereniy. Access date: 10/22/2024.

6. Assessment of the accuracy of the direct angular notching method: [website]. URL: https://studref.com/551815/geografiya/primer_otsenka_tochnosti_sposoba_pryamoi_uglovoi_zasechki. Access date: 10.22.2024.
7. Kurbatova V.V. Validity of scanning tacheometry in solving a complex of surveying tasks. *Vector GeoScience*. 2018;1(1):8–23. (In Russ.).
8. Blischenko A.A., Gusev V.N. Anovar of Errors in Surveying Photogram-metric Measurements of Mountain Objects with the Help of Unmanned Aerial Vehicles. *International science and technology conference «Earth science» IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;(720). (In Russ.).
9. Ehrhart, M., Lienhart W. Accurate Measurements with Image-Assisted Total Stations and Their Prerequisites. *Journal of Surveying Engineering*. 2017;(143): 04016024.
10. Rational development of subsoil: [website]. URL: <https://roninfo.ru/kontaktyi/>. Access date: 10.22.2024.
11. Mining Journal: [website]. URL: <http://www.rudmet.ru/catalog/journals/1/>. Date of access: 01.11.2024.

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 52–59.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):52–59.

Естественно-научные дисциплины

Научная статья
УДК 502:504.064.001.5(571.511)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_52–59

**БОЛЬШАЯ НОРИЛЬСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ КАК ИСТОЧНИК НОВЫХ
ДАННЫХ ОБ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА РОССИИ**

Дудина Оксана Владимировна
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: DudinaOKV@normik.ru

Иванова Мария Валерьевна
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: IvanovaMV@normik.ru

Рябушкин Антон Игоревич
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: RyabushkinAI@normik.ru

Царенко Станислав Борисович
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: TsarenkoSB@normik.ru

Аннотация. Вопросы природопользования Арктической зоны являются ключевыми для стабильного развития России. После разлива нефтепродуктов, допущенного на ТЭЦ-3, АО «Норильская топливно-энергетическая компания» (АО «НТЭК») совместными усилиями компании «Норникель» (Компания) и Сибирского отделения Российской академии наук (СО РАН) в 2020 г. была организована Большая Норильская экспедиция (БНЭ). Цели и задачи экспедиции были значительно шире, чем вопрос разлива нефтепродуктов. Маршрут экспедиции включал речную и озерную систему Таймыра, в ней участвовали специалисты в области гидробиологии, геохронологии, био- и зооразнообразия. Исследования показали, что Норильский промышленный район является крупной геохимической аномалией, т.к. в его экосистемах мигрируют и накапливаются большие количества химических веществ и элементов, связанных как с рудопроявлением, так и с добычей и переработкой руд. Установлена высокая способность микробиологической системы к самоочищению вод от органического загрязнения. В 2021 г. деятельность БНЭ был продолжена, исследования носили мониторинговый характер, был составлен прогноз на долгосрочную перспективу состояния региона, а также рекомендуемые направления его реабилитации. По результатам работы БНЭ в 2022–2023 гг. установлено, что экосистема очищена от нефтепродуктов, попавших в среду в результате разлива в мае 2020 г. За три года работы экспедиции получены новые данные о состоянии экосистем Арктики, их устойчивости к загрязнениям и способности к самоочищению. Выданы научные рекомендации по минимизации воздействия при осуществлении производственной деятельности на окружающую среду в Арктике.

Ключевые слова: окружающая среда, почвоведение, гидробиология, нефтепродукты, Арктика, экосистемы.

Для цитирования: Большая Норильская экспедиция как источник новых данных об экосистемах Арктического региона России / О.В. Дудина, М.В. Иванова, А.И. Рябушкин, С.Б. Царенко // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 52–59. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_52–59.

Natural sciences

Original article

THE GREAT NORILSK EXPEDITION AS A SOURCE OF NEW DATA ON ECOSYSTEMS OF THE ARCTIC REGION OF RUSSIA

Oksana V. Dudina

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

E-mail: DudinaOkV@nornik.ru

Maria V. Ivanova

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

E-mail: IvanovaMV@nornik.ru

Anton I. Ryabushkin

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

E-mail: RyabushkinAI@nornik.ru

Stanislav B. Tsarenko

MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

E-mail: TsarenkoSB@nornik.ru

Abstract. Environmental management issues in the Arctic zone are key to Russia's stable development. After the oil spill at the CHPP-3 of JSC Norilsk Fuel and Energy Company (JSC NTEK), Norilsk Nickel (the Company) and the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (SB RAS) jointly organized the Large Norilsk Expedition (BNE) in 2020. The goals and objectives of the expedition were much broader than the issue of the oil spill. The expedition route included the river and lake system of Taimyr, and experts in the fields of hydrobiology, geochronology, bio- and zoological diversity participated in it. Studies have shown that the Norilsk industrial area is a major geochemical anomaly, as large amounts of chemicals and elements associated with both ore occurrence and ore mining and processing migrate and accumulate in its ecosystems. A high ability of the microbiological system to self-purify waters from organic pollution has been established. In 2021 the activities of the BNE were continued, the research was of a monitoring nature, a long-term forecast of the state of the region was made, as well as recommended directions for its rehabilitation. According to the results of the BOE's work in 2022-2023, it was established that the ecosystem was cleared of petroleum products released into the environment as a result of the spill in May 2020. Over the three years of the expedition's work, new data was obtained on the state of Arctic ecosystems, their resistance to pollution and their ability to self-purify. Scientific recommendations have been issued on minimizing the environmental impact of industrial activities in the Arctic.

Keywords: environment, soil science, hydrobiology, petroleum products, Arctic, ecosystems.

For citation: The great Norilsk expedition as a source of new data on ecosystems of the Arctic region of Russia / O.V. Dudina, M.V. Ivanova, A.I. Ryabushkin, S.B. Tsarenko. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):52–59. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_52-59.

Разливы нефти являются острым и хроническим фактором стресса для окружающей среды, животных и людей Арктики. Окружающая среда Арктики обеспечивает необходимую и быстро меняющуюся среду обитания для охраняемых диких животных и уязвимых экосистем, которые, в свою очередь, обеспечивают необходимыми ресурсами сообщества, живущие за счет натурального хозяйства. Кроме того, разработка месторождений нефти и газа на суше в Арк-

тике приводит к увеличению риска разливов на суше с производственных объектов, трубопроводов, топливных танков и транспортных средств. Нефть и ее составные части могут быть токсичны для растений, животных и людей, а крупномасштабные разливы могут привести к серьезным долгосрочным последствиям для уникальной арктической среды. На основе изучения реакции экосистем, методологий управления, социальных и экономических последствий, а также анализа таких известных инцидентов,

как Exxon Valdez и Deepwater Horizon, выявляются недостатки в существующих стратегиях и предлагаются более эффективные и устойчивые подходы к восстановлению. Понимание последствий разливов нефти, реализация стратегий, направленных на минимизацию вероятности воздействия разлитой нефти, а также планирование мер по ликвидации последствий разливов нефти и их ликвидации помогут снизить тяжесть последствий разливов нефти в Арктике [1; 2].

Освоение Арктической зоны России, считающейся кладовой природных богатств, является одним из приоритетных направлений развития страны, а с учетом протекающих процессов глобальных климатических изменений вопросы охраны окружающей среды региона требуют пристального внимания.

Для разработки и реализации эффективных и устойчивых решений, направленных на оценку экологических последствий и восстановление территорий после аварийного разлива нефтепродуктов, а также для выработки рекомендаций по минимизации воздействия при осуществлении производственной деятельности на окружающую среду в Арктике, по приглашению Компании учеными СО РАН была организована и проведена БНЭ [3]. «Норникель» и Сибирское отделение Российской академии наук подписали соглашение о комплексном исследовании Арктики 15 сентября 2020 г.

Работа Большой Норильской экспедиции началась практически через 100 лет после знаменитой геологической экспедиции под руководством ученого и первооткрывателя Николая Николаевича Урванцева, участники которой размещались в первом построенном жилом доме будущего Норильска. Нынешняя экспедиция организована в весьма короткие сроки по следам разлива нефтепродуктов на ТЭЦ-3 АО «НТЭК», но ее цели и задачи, а также охват научных

тем вышли далеко за рамки установленной причин и последствий происшествия [4].

Маршрут БНЭ пролегал в бассейнах таймырских рек Пясины, Норильская и Амбарная, а также озер Пясино и Лама. Полевые исследования экспедиции проводились с июля по сентябрь 2020 г. [5]. Учеными было отобрано около двух тысяч проб воды, почв, донных отложений, образцов живых организмов, а также проведены исследования состояния многолетнемерзлых грунтов [6].

Научным руководителем экспедиции выступил вице-президент РАН, председатель Сибирского отделения РАН, академик Валентин Николаевич Пармон. Руководителем полевого этапа был назначен Николай Викторович Юркевич – заведующий лабораторией эколого-экономического моделирования техногенных систем Института нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука СО РАН.

В состав экспедиции входили специалисты в области гидробиологии, геохронологии, био- и зооразнообразия. Учеными проводились гидрохимические, гидрологические, геохимические, геофизические, геохронологические, геокриологические, ботанические, зоологические и другие исследования [7].

Всего участники преодолели маршрутами наблюдений более 1000 км, обследовали десятки природных объектов, отобрали почти 2000 проб общим весом около 500 кг.

Экспедиция проводилась на 6 реках – Пясины, Далдыкан, Амбарная, Тарей, Дудышта, Боганида – и озерах Мелкое и Пясино, а также на побережье Карского моря.

Согласно основным выводам ученых, Норильский промышленный район является крупной геохимической аномалией, т.к. в его экосистемах мигрируют и накапливаются большие количества химических веществ и элементов, связанных как с рудопроявлением, так и с добычей и переработкой руд [8].

Исследованиями установлена высокая способность микробиологической системы к самоочищению вод от органического загрязнения. Специалисты выявили, что микрофлора исследуемых вод является адаптированной к нефтепродуктам и способна участвовать в их деградации, однако в водах р. Амбарной из-за высоких содержаний нефтепродуктов наблюдалось снижение не только численности нефтеокисляющих бактерий, но и их способность к окислению летучих соединений нефти, бензола, толуола и нафталина [9].

В ходе полевых исследований были изучены наземные пойменные экосистемы, состояние почвенного покрова пойм ручья Безымянного, рек Далдыкан, Амбарная, Пясины, Дудышта и Тарея, а также южного и северного берегов озера Пясино и отдельные участки по берегам р. Пясины вплоть до Карского моря.

Задачи БНЭ 2020 г. были не только в том, чтобы исследовать последствия разлива на ТЭЦ-3 АО «НТЭК», но и в том, чтобы провести масштабное и комплексное изучение экосистем Таймыра, оценить происходящие климатические изменения последних десятилетий, поэтому в 2021 г. сотрудничество Компании с фундаментальной наукой было продолжено с целью внедрения новых подходов к ведению хозяйственной деятельности в Арктике в условиях усиления экологических требований государства, запроса общества на чистые производства [10].

В рамках работы БНЭ в 2021 г. с июня по октябрь проводились полевые работы, в ноябре лабораторные исследования, а в декабре были подведены предварительные итоги. Работы были выполнены силами 11 научных организаций СО РАН, таких как Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Институт почвоведения и агрохимии, Институт геологии и минерало-

гии им. В.С. Соболева и др., междисциплинарным научным коллективом в составе 34 человек.

В течение четырех месяцев специалисты наблюдали динамику изменения валового содержания и компонентного состава углерода в водных образцах [11]. Было проведено детальное изучение состояния всех водотоков на данной территории: ручья Безымянный (Надеждинский), рек Норильская, Далдыкан и Амбарная, озера Пясино, реки Пясины, а также фоновых территорий – озера Мелкое и Лама, реки Боганида и прилегающего плато. Кроме того, проведены исследования почв и грунтов на всех пойменных территориях, а также изучение состояния биоразнообразия. В общей сложности в рамках полевых работ было отобрано более 1400 проб, общим весом более 700 кг.

Одним из важных направлений работы БНЭ 2021 г. стали ихтиологические исследования. Они проводились при активном участии представителей коренных малочисленных народов Севера, которые содействовали ученым СО РАН в решении задач пробоотбора на удаленных территориях [12].

Комплексные исследования экосистемного разнообразия, проведенные в 2021 г., носят мониторинговый характер и дают прогноз на долгосрочную перспективу состояния региона, а также рекомендуемые направления его реабилитации. По итогам двухлетних исследований было принято решение о продолжении мониторинга экологического состояния систем Таймыра в 2022–2023 гг.

В 2022 г. Компания завершила в полном объеме колоссальную двухлетнюю работу по рекультивации земель после разлива топлива на ТЭЦ-3. Выполнена рекультивация загрязненных земель и восстановлены нарушенные участки территории в районе реки Амбарной, озеленены земли семенами многолетних трав.

На пострадавших участках Центром лабораторного анализа и технических измерений по Сибирскому федеральному округу проведен мониторинг окружающей среды и отбор проб воды и почвы. Результаты позитивные: нефтепродуктов не выявлено, наоборот, зафиксирована устойчивая нормализация всех показателей.

Также в 2022 г. все лето сбором уникальных данных о животном и растительном мире, динамике очищения водоемов и земель занимались сразу несколько экспедиций ученых из Сибирского отделения Российской академии наук. Исследователи отмечают, что природовосстановительные работы принесли значительный эффект. Состояние рекультивированных земель, водных объектов характеризуется ими как хорошее. Есть даже неожиданные наблюдения у орнитологов. В НПП обнаружено сразу несколько видов птиц, занесенных в различные Красные книги: орлан-белохвост, сапсан, кречет и лебедь-кликун.

В 2022–2023 гг. в рамках БНЭ продолжилась реализация мероприятий, направленных на оценку восстановления окружающей среды, рисков потенциального повторного загрязнения, связанных с таянием снегов и весенним паводком, исследования ихтиофауны, биоразнообразия, мерзлоты.

В 2023 г. было уделено пристальное внимание экологическому состоянию водоемов Таймыра. Результаты анализа проб показали, что в реках и озерах Норильского промышленного района не обнаружено следов разлива топлива, случившегося в мае 2020 г. Водоемы полностью очистились от загрязнений. По данным ученых, в озере Пясино и истоке реки Пясино отсутствует влияние нефтяных загрязнений на живые организмы (биоту) этих водных объектов [13]. Сравнение экосистем озер Пясино, Мелкое и Лама показало отсутствие различий в структуре планктона и зообентоса. Ученые не выявили негативного влияния на экосистему озера Пясино и реки

Пясины. Также экспедиция зафиксировала отсутствие отклонений от нормы рыбных запасов в верховьях реки Пясины.

Для управления охраной окружающей среды в случае разливов нефти на речных водных объектах могут быть использованы работы по моделированию траекторий потока нефтяных частиц в различных условиях на водных путях на основе расчетного поля течения и разными сценариями разлива нефти в зависимости от форм каналов и их поперечных сечений [14]. По результатам комплексных трехлетних научных исследований и мониторинга, проведенных БНЭ СО РАН в период с 2020 по 2023 гг., были получены новые данные о состоянии экосистем Арктики, их устойчивости к загрязнениям и способности к самоочищению. Выданы научные рекомендации по минимизации воздействия при осуществлении производственной деятельности на окружающую среду в Арктике [15].

В исследованиях по смягчению воздействия разливов нефти на экологию почв рассматривается несколько стратегий рекультивации, таких как использование методов биоремедиации, внесение изменений в почву и фиторемедиация. Эти подходы направлены на усиление естественной деградации нефтяных загрязнителей, восстановление плодородия почв и содействие восстановлению пострадавших экосистем [16].

В рамках заключенного договора с СО РАН Компания продолжает проведение комплекса научных исследований с изучением динамики очищения загрязненных нефтепродуктами водных и наземных природных объектов (донные осадки, проточные и стоячие воды, различные виды почв) путем выполнения научно-исследовательской работы по теме: «Изучение количественных и качественных показателей очищения загрязненных нефтепродуктами водных и наземных природных объектов за двух-

летний период, а также оценка эффективности рекультивационных мероприятий на территории, подвергшейся воздействию в результате аварийного разлива нефтепродуктов ТЭЦ-3 АО «НТЭК».

На основе полученных БНЭ данных и выводов Компания приступила к практической реализации мероприятий, направленных на улучшение состояния биоразнообразия водных экосистем Норильского района, а также дополнительных компенсационных мер, стимулирующих биоразнообразие в Красноярском крае.

Так, по результатам проведенной в период с сентября 2021 г. по май 2022 г. совместной работы АО «НТЭК», Енисейским территориальным управлением Росрыболовства и Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» заключено соглашение, по условиям которого АО «НТЭК»:

1) произведет досрочные выпуски молоди сибирского осетра в реку Енисей в период с 2023 года по 2032 год;

2) произведет выпуски молоди различных ценных видов рыб (осетра, муксуна, чира, сига и нельмы) в пострадавшие в результате аварии водоемы Норило-Пясинской озерно-речной системы в период с 2033 г. по 2050 г.;

3) в целях научного сопровождения восстановительных мероприятий осуществит финансирование научных исследований ФГБНУ «ВНИРО» по оценке состояния водных биоресурсов, запланированных на период с 2023 г. по 2051 г.

В 2023 г. в реку Енисей выпущено 3 млн. шт. мальков осетра сибирского енисейской популяции.

В целом можно отметить, что за прошедший период 2020–2023 гг. учеными СО РАН, при непосредственной поддержке Компании в ходе проведенных комплексных и мультидисциплинарных исследований, получен огромный массив новых данных о состоянии экосистем этой части Арктического региона России, сформирована единая картина, позволяющая расширить представления о закономерностях и взаимосвязях сложных биологических объектов, сделать новые открытия, предложить практические рекомендации по улучшению биоразнообразия Таймыра.

Список источников

1. Oil Spills in the Arctic / S.K. Wright, S. Allan, S.M. Wilkin, M. Ziccardi: [сайт]. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-87853-5_7.
2. Zhang, Zhigang & Sun, Hongdong & Guo, Yajie. The Impact of Marine Oil Spills on the Ecosystem. *International Journal of Engineering Sciences and Technologies*. 2024.
3. Юркевич Н.В. НИЦ «Экология»: Решение задач в масштабах страны // *Наука в Сибири*. 2022. №24. С. 4–5.
4. Колесова О.В. Черное на белом. Большая Норильская экспедиция оценит последствия катастрофы в Арктике // *Поиск*. 2020. №38. С. 5.
5. Глязнецова Ю.С., Немировская И.А., Флинт М.В. Изучение последствий аварийного разлива дизельного топлива в Норильске // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2021. Т. 501. №1. С. 113–118.

6. Дубовская О.П., Елгина О.Е., Морозова И.И. Зоопланктон оз. Пясино и впадающих в него рек после разлива дизельного топлива в 2020 г. // *Сибирский экологический журнал*. 2021. Т. 28. №4. С. 476–487.
7. Оценка влияния аварийного разлива нефтепродуктов на поверхностные воды бассейна реки Пясины // И.С. Иванова А.В. Еделев, Н.В. Юркевич, И.Н. Ельцов // *Экология и промышленность России*. 2022. Т. 26. №7. С. 48–55.
8. Гидрохимические показатели качества воды Норило-Пясинской озерно-речной системы после разлива дизельного топлива на ТЭЦ-3 г. Норильска в 2020 г. / Д.М. Безматерных, А.В. Пузанов, А.В. Котовщиков, А.В. Дроботов // *Сибирский экологический журнал*. 2021 Т. 28. №4. С. 408–422.
9. Бактерии оз. Пясино и прилегающих рек после аварийного разлива дизельного

топлива в 2020 г. / О.В. Колмакова, М.Ю. Трусова, О.А. Батурина, М.Р. Кабилов // Сибирский экологический журнал. 2021. Т. 28. №4. С. 450–461.

10. Коптев Д.П. Норильский разлив: уроки и последствия // Бурение и нефть. 2020. №7/8. С. 3–9.

11. Таран О.П., Скрипников А.М., Ионин В.А. Состав и концентрация углеводородов донных отложений в зоне разлива дизельного топлива ТЭЦ-3 АО «НТЭК» (г. Норильск, Арктическая Сибирь) // Сибирский экологический журнал. 2021. Т. 28. №4. С. 423–449.

12. Этноэкспертиза на Таймыре: коренные народы и техногенные вызовы / А.В. Головнев, В.Н. Давыдов, Е.В. Перевалова, Т.С. Киссер. СПб.: МАЭ РАН, 2021. 283 с.

13. Телятников М.Ю. Изменение фито-разнообразия природных экосистем, испыты-

вающих влияние нефтепродуктов в Норильском промышленном районе // Сибирский экологический журнал. 2022. Т. 29. №2. С. 202–221.

14. Kang, Chenyang & Yang, Haining & Yu, Guyi & Deng, Jian & Shu, Yaqing. Simulation of Oil Spills in Inland Rivers. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2023. 11.1294.

15. Меры по предотвращению кризисных ситуаций техногенного характера на примере аварии на ТЭЦ в Норильске 20 мая 2020 года / Р.А. Рызванов, Д.А. Шапран, Н.В. Кондрашов, В.А. Сосновцев // Экология и безопасность жизнедеятельности: сборник статей. Пенза, 2022. С. 342–349.

16. Kumar Yadav, Kapil & Singh, Krishna & Singh, Abhishek & Kumar, Dheerendra. The Ecological Impact of Oil Spills on Soil Health. 2023:93–96.

References

1. Oil Spills in the Arctic / S.K. Wright, S. Allan, S.M. Wilkin, M. Ziccardi: [website]. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-878-53-5_7.

2. Zhang, Zhigang & Sun, Hongdong & Guo, Yajie. The Impact of Marine Oil Spills on the Ecosystem. *International Journal of Engineering Sciences and Technologies*. 2024.

3. Yurkevich N.V. Research Center «Ecology»: Solving problems on a national scale. *Science in Siberia*. 2022;(24):4–5. (In Russ.).

4. Kolesova O.V. Black on white. The Great Norilsk expedition will assess the consequences of the disaster in the Arctic. *Search*. 2020;(38):5. (In Russ.).

5. Gyanetsova Yu.S., Nemirovskaya I.A., Flint M.V. Studying the consequences of an accidental diesel fuel spill in Norilsk. *Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences*. 2021;501(1):113–118. (In Russ.).

6. Dubovskaya O.P., Elgina O.E., Morozova I.I. Zooplankton of the lake. Pyasino and the rivers flowing into it after the diesel fuel spill in 2020. *Siberian Ecological Journal*. 2021;28. (4):476–487. (In Russ.).

7. Assessment of the impact of an emergency oil spill on the surface waters of the Pyasina river basin / I.S. Ivanova, A.V. Edelev, N.V. Yurkevich, I.N. Yeltsov. *Ecology and industry of Russia*. 2022;26(7):48–55. (In Russ.).

8. Hydrochemical indicators of water quality of the Noril-Pyasinsk lake-river system after a diesel fuel spill at CHPP-3 in Norilsk in 2020 / D.M. Bezmaternykh, A.V. Puzanov, A.V. Kotovshchikov, A.V. Drobotov. *Siberian ecological journal*. 2021;28(4):408–422. (In Russ.).

9. Bacteria of Lake Baikal Pyasino and adjacent rivers after an emergency diesel fuel spill in 2020 / O.V. Kolmakova, M.Y. Trusova, O.A. Baturina, M.R. Kabilov. *Siberian Ecological Journal*. 2021;28(4):450–461. (In Russ.).

10. Koptev D.P. The Norilsk spill: lessons and consequences. *Drilling and oil*. 2020;(7/8): 3–9. (In Russ.).

11. Taran O.P., Skripnikov A.M., Ionin V.A. Composition and concentration of bottom sediment hydrocarbons in the diesel fuel spill zone of CHPP-3 JSC NTEK (Norilsk, Arctic Siberia). *Siberian Ecological Journal*. 2021;28(4):423–449. (In Russ.).

12. Ethnoexpertiza in Taimyr: indigenous peoples and man-made challenges / A.V. Golovnev, V.N. Davydov, E.V. Perevalova, T.S. Kisser. SPb.: MAE RAS, 2021. 283 p.

13. Telyatnikov M.Y. Changes in the phyto-diversity of natural ecosystems affected by petroleum products in the Norilsk industrial region. *Siberian Ecological Journal*. 2022;29(2):202–221. (In Russ.).

14. Kang, Chenyang & Yang, Haining & Yu, Guyi & Deng, Jian & Shu, Yaqing. Simulation of Oil Spills in Inland Rivers. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2023. 11.1294.

15. Measures to prevent man-made crisis situations on the example of the accident at the CHPP in Norilsk on May 20, 2020 /

R.A. Ryzvanov, D.A. Shapran, N.V. Kondrashov, V.A. Sosnovtsev // *Ecology and Life Safety: Collection of articles Penza*, 2022. Pp. 342–349.

16. Kumar Yadav, Kapil & Singh, Krishna & Singh, Abhishek & Kumar, Dheerendra. The Ecological Impact of Oil Spills on Soil Health. 2023:93–96.

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 60–73.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):60–73.

Естественно-научные дисциплины

Научная статья
УДК 502.131.1:(551.583+504+574+658.567.1)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_60–73

**ПРИНЦИПЫ ESG И ИХ ВНЕДРЕНИЕ В НОРИЛЬСКОМ ДИВИЗИОНЕ
ПАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»**

Чеботаев Андрей Викторович
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: ChebotaevAV@normik.ru

Артеменко Василий Олегович
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: ArtemenkoVO@normik.ru

Бондарев Роман Витальевич
ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия
E-mail: BondarevRV@normik.ru

Аннотация. В условиях всеобщего внимания к проблемам климата и экологическим рискам компания «Норникель» активно внедряет принципы устойчивого развития, подтверждая свою приверженность Целям устойчивого развития ООН и Парижскому соглашению. Ее стратегия в области экологии и изменения климата охватывает несколько основных направлений, таких как сокращение выбросов SO₂ и внедрение принципов «Глобального стандарта хвостохранилищ». Программа Норильского дивизиона успешно демонстрирует результаты в сокращении потребления воды, утилизации отходов и снижении выбросов парниковых газов, включая использование инновационных технологий. Компания также сосредоточена на снижении выбросов парниковых газов и адаптации к изменению климата, в том числе через строительство газовой котельной и переход на компримированный газ для промышленной техники. Сотрудничество с научными институтами направлено на определение потенциала поглощения углекислого газа горной породой, что открывает перспективы использования естественной и искусственной минерализации для снижения уровня выбросов парниковых газов.

Компания «Норникель» не только активно принимает меры по снижению выбросов парниковых газов, но и регулярно оценивает свой углеродный след, используя разработанные корпоративные методики расчета. Сохранение биоразнообразия в условиях Арктической зоны России становится приоритетом для Компании, которая проводит научные исследования и сотрудничает с организациями по изучению и защите редких видов. Кроме того, Компания разрабатывает и реализует комплекс мероприятий для адаптации к изменению климата, включая создание климатической модели и контроль за состоянием активов в условиях экстремальных погодных условий. Стратегия компании (https://www.nornickel.ru/upload/iblock/1cd/Norilsk_Nickel_Environmental_Strategy_2021_ru.pdf) нацелена на устойчивое развитие и включает разработку новых проектов по переработке отходов с целью снижения негативного влияния на окружающую среду и создания экономической выгоды.

Ключевые слова: климат, экологические риски, устойчивое развитие, стратегия, экология, изменение климата, выбросы SO₂, Глобальный стандарт хвостохранилищ, Норильский дивизион, вода, утилизация отходов, парниковые газы, инновационные технологии, адаптация, газовая котельная, компримированный газ, углеродный след, биоразнообразие, арктическая зона, научные исследования, климатическая модель, экстремальные погодные условия, переработка отходов, экономическая выгода.

Для цитирования: Чеботаев А.В., Артеменко В.А., Бондарев Р.В. Принципы ESG и их внедрение в Норильском дивизионе ПАО «ГМК «Норильский никель» // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 60–73. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_60–73.

Natural sciences

Original article

**ESG PRINCIPLES AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE NORILSK
DIVISION OF MMC NORILSK NICKEL****Andrey V. Chebotaev**MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: ChebotaevAV@normik.ru**Vasily O. Artemenko**MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: ArtemenkoVO@normik.ru**Roman V. Bondarev**MMC Norilsk Nickel, Norilsk, Russia
E-mail: BondarevRV@normik.ru

Abstract. In the context of heightened global attention to climate issues and environmental risks, Norilsk Nickel actively implements principles of sustainable development, reaffirming its commitment to the UN Sustainable Development Goals and the Paris Agreement. Its strategy in the field of ecology and climate change encompasses six main directions and includes 21 goals, such as reducing SO₂ emissions and implementing principles of the Global Tailings Standard. The Norilsk Division program effectively demonstrates results in reducing water consumption, waste utilization, and lowering greenhouse gas emissions, including the use of innovative technologies. The company is also focused on reducing greenhouse gas emissions and adapting to climate change, including through the construction of a gas boiler plant and transitioning to compressed gas for industrial machinery. Collaboration with scientific institutes is aimed at assessing the potential of mountain rock to absorb carbon dioxide, opening up prospects for natural and artificial mineralization to reduce the level of greenhouse gas emissions. Norilsk Nickel not only actively takes measures to reduce greenhouse gas emissions but also regularly assesses its carbon footprint using developed corporate calculation methodologies. Preserving biodiversity in the conditions of the Arctic zone of Russia becomes a priority for the company, which conducts scientific research and collaborates with organizations studying and protecting rare species. Additionally, the company develops and implements a complex of measures to adapt to climate change, including the creation of a climate model and monitoring the condition of assets in extreme weather conditions. The company's strategy is focused on sustainable development and includes the development of new projects for waste processing with the aim of reducing negative environmental impact and creating economic benefits.

Keywords: climate, environmental risks, sustainable development, strategy, ecology, climate change, SO₂ emissions, Global Tailings Standard, Norilsk Division, water, waste utilization, greenhouse gases, innovative technologies, adaptation, gas boiler plant, compressed gas, carbon footprint, biodiversity, Arctic zone, scientific research, climate model, extreme weather conditions, waste recycling, economic benefit.

For citation: Chebotaev A.V., Artemenko V.A., Bondarev R.V. ESG principles and their implementation in the Norilsk division of MMC Norilsk nickel. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):60–73. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_60-73.

Устойчивое развитие

Проблемы климата, экологические риски и следование принципам устойчивого развития с каждым годом привлекают к себе всё большее внимание мирового сообщества [1; 2]. Устойчивое развитие – это развитие, отвечающее потребностям настоящего времени без ущерба для благополучия будущих поколений [3; 4]. Следование принципам устойчивого развития и корпоративной социаль-

ной ответственности является неотъемлемой частью эффективного ведения операционной деятельности и развития бизнеса [5]. Компания постоянно совершенствует свою деятельность в области охраны окружающей среды, защиты прав человека, промышленной безопасности и охраны труда, оценки воздействия на окружающую среду, сохранения биоразнообразия.

В ноябре 2016 г. «Норникель» присоединился к Глобальному договору Организации Объединенных Наций (ООН) [6], в котором прописаны основополагающие принципы в сфере прав человека, трудовых отношений, защиты окружающей среды и противодействия коррупции. Подписав договор, «Норникель» в полной мере сохраняет свою приверженность этим принципам. С начала 2018 г. Компания активно интегрирует эти принципы в свою стратегию, и в 2021 г. Советом директоров утверждена Стратегия в области экологии и изменения климата.

Новая стратегия охватывает шесть основных областей воздействия на окружающую среду: изменение климата, воздух, вода, управление хвостохранилищами и отходами, почва и биоразнообразие, а также затрагивает взаимодействие со всеми заинтересованными сторонами. Это главные направления, находящиеся в центре природоохранной деятельности «Норникеля».

Всего стратегия определяет 21 цель в области экологии и охраны труда, включая сокращение выбросов SO₂, соответствие принципам TCFD (Task force on climate-related financial disclosures – международная инициатива, способствующая раскрытию организациями финансовой информации, связанной с климатом) и внедрение принципов «Глобального стандарта хвостохранилищ» (Global Tailings Standard) [7].

Для достижения целей Стратегии были разработаны мероприятия, объединенные в программы по экологии и изменению климата для каждого дивизиона Компании. Для каждого мероприятия разработаны паспорта, содержащие информацию о сроках реализации мероприятия, экологическом эффекте, операционных и инвестиционных затратах, текущем статусе и оценке рисков. Ежемесячно эта информация актуализируется и обновленные паспорта загружаются в единую информационную систему для визуализации результатов, оперативного контроля за реализацией Стратегии (рис. 1).

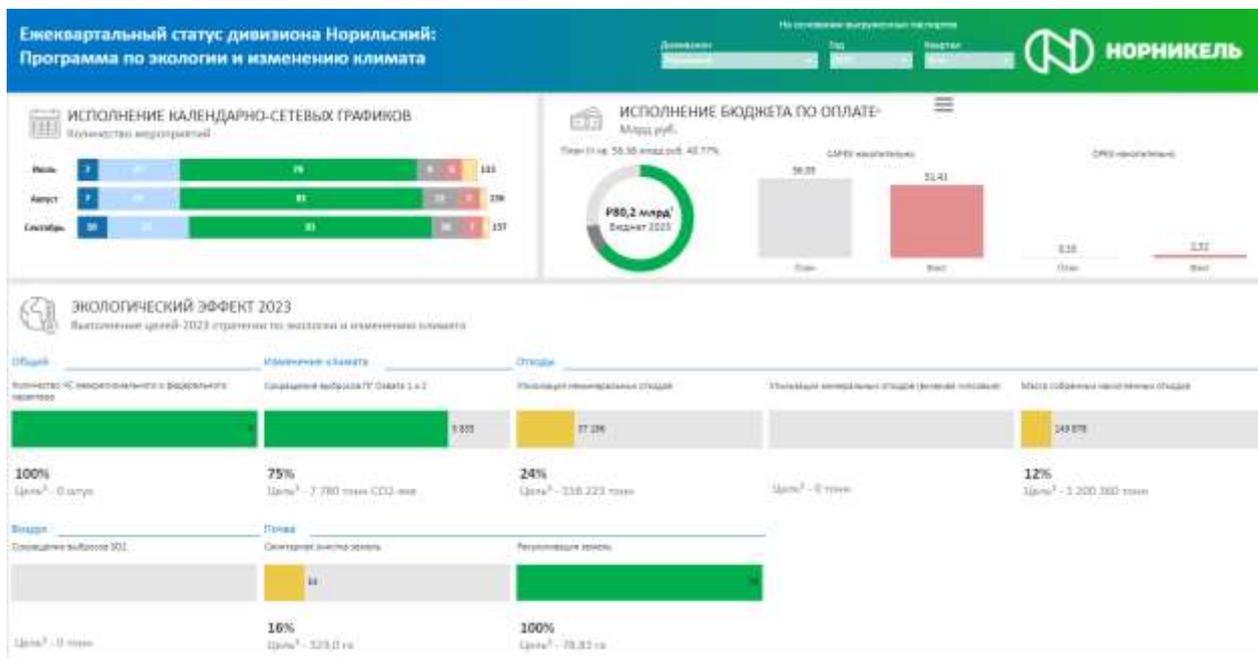


Рис. 1. Единая информационная система

Программа Норильского дивизиона изначально включала в себя 102 мероприятия по 8 основным направлениям, с

перспективой реализации до 2031 г. Реестр мероприятий постоянно обновляется, данные актуализируются, и сейчас

в Программе насчитывается 136 мероприятий (+34 за 2022–2023 гг.), из которых 27 уже реализованы.

На реализацию Программы по экологии и изменению климата Норильского дивизиона в 2024 г. запланировано порядка 150 млрд руб. Оценочный бюджет Программы на период с 2023 по 2031 гг. составляет свыше 500 млрд руб.

В ходе реализации Программы удалось сократить годовое потребление воды на 5 млн м³, утилизировать более 160 тыс. т неминеральных отходов. Проведена санитарная очистка 70 га, рекультивировано 78 га земель, собрано около 315 тыс. т отходов. В части влияния на климат реализация мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности, позволила сократить выбросы парниковых газов на 23 тыс. т СО₂ эквивалента.

В рамках реализации Программы ведутся исследования по возможности оснащения источников загрязнения атмосферного воздуха системами автоматического контроля; оценке эффективности применения инфракрасных фурье-спектрометров для решения задач оперативного дистанционного мониторинга состояния воздушной среды и контроля выбросов промышленных предприятий в Норильском промышленном районе; применению элементной и модифицированной серы для изготовления сероасфальтобетона, а также в качестве компонентов закладочной смеси на рудниках.

«Зеленое» будущее

Основной причиной изменения климата считается использование ископаемого топлива, такого как нефть, уголь и газ, сжигание которого приводит к выбросам парниковых газов в атмосферу.

Компания подтверждает необходимость достижения Цели 13 устойчивого развития ООН «Борьба с изменением климата» и цели Парижского соглашения по удержанию роста глобальной средней температуры ниже 2 °С и приложения усилий для ограничения роста

до 1,5 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем во второй половине XXI в.

«Норникель» активно осуществляет меры по снижению выбросов парниковых газов и адаптации к изменению климата. В соответствии со Стратегией в области экологии и изменения климата «Норникель» принял на себя ряд целей и обязательств, направленных на повышение контроля за управлением рисками, связанными с изменением климата, и улучшение показателей эффективности в этой области. Одна из таких целей – удержать абсолютный объем производственных выбросов парниковых газов охвата 1 и 2 на уровне ~10 млн т СО₂ эквивалента до 2030 года.

По направлению «изменение климата» в Программу Норильского дивизиона включены 42 мероприятия, из которых на сегодняшний день 15 уже реализованы, в 2024–2025 гг. запланировано реализовать ещё 13.

Одно из наиболее эффективных мероприятий в данном направлении – строительство автономной блочно-модульной газовой котельной на Медном заводе. Проект реализуется в соответствии с планом мероприятий по децентрализации системы пароснабжения от ТЭЦ-1 АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания». Предполагается строительство двух независимых блочно-модульных котельных установок – на основной площадке Медного завода на газовом топливе (природный газ) и на площадке Metallургического цеха с использованием электрических парогенераторов.

Традиционные системы пароснабжения сталкиваются с серьезными проблемами, включая значительные потери тепла. Эти потери возникают в основном из-за длинных трубопроводов, используемых для транспортировки тепла от теплоэлектроцентралей к конечным потребителям. Большие дистанции между производителем и потребителями пара

приводят к тепловым потерям в процессе передачи, что увеличивает энергопотребление и экологический след.

Блочно-модульные системы, сокращая теплопотери, вносят свой вклад в снижение энергозатрат и, как следствие, в уменьшение выбросов парниковых газов. Это оказывает положительное воздействие на борьбу с изменением климата, снижая воздействие теплоснабжения на окружающую среду.

Эффект от реализации данного мероприятия ожидается с 2026 г. и приведет к сокращению выбросов парниковых газов на 17,7 тыс. т CO₂ эквивалента.

Перевод промышленной среднетяжелой техники на 100%-ный компримированный газ также позволит сократить выбросы парниковых газов. Целью проекта является снабжение жителей НПП, муниципального автотранспорта и автотранспорта «Норникеля» доступным и экономичным газомоторным топливом в условиях существенного роста цен на бензин и дизельное топливо, повышение надежности топливообеспечения региона, создание в нем инфраструктуры, необходимой для развития профильного рынка (рис. 2).



Рис. 2. Газонаполнительная компрессорная станция

Также это позволит значительно сократить расходы «Норникеля» на закупку, транспортировку и хранение дизельного топлива, оптимизировать затраты на эксплуатацию резервуарного парка.

В рамках данного проекта в октябре 2023 г. в Норильске была открыта пилотная автомобильная газонаполнительная компрессорная станция. Год она проработает в тестовом режиме, а в дальнейшем сможет заправлять тяжелую технику и городской транспорт Норильска. Стоимость проекта составила около 1 млрд руб.

Наука и экология

Изменение климата – это глобальный вызов, поэтому для поиска новых направлений снижения выбросов углекислого газа, а также его улавливания «Норникель» приглашает к сотрудничеству российских ученых и профильные научно-исследовательские институты.

Так, ученые установили, что горная масса, в состав которой входит руда и пустая порода, при извлечении на поверхность, взаимодействует с атмосферным воздухом, и сама становится естественным поглотителем углекислого газа.

В процессе добычи горная порода извлекается из земли и поступает на обогатительные фабрики, где происходит измельчение руды и отделение полезных элементов от пустой породы. Пустая порода является отходом обогащения (хвостами). Затем хвосты проходят специальную подготовку и поступают в хвостохранилища, где распределяются по их поверхности.

При выветривании – продолжительном контакте с атмосферным воздухом – минералы, входящие в руды «Норникеля», взаимодействуют с углекислым газом, образуя вторичные карбонаты. Таким образом, добыча руды и доставка ее на поверхность создают условия для протекания процесса улавливания углекислого газа – минерализации.

В 2022 г. Департамент реализации программ по устойчивому развитию совместно с Департаментом технологических инноваций «Норникеля» и другими профильными подразделениями Компании начал оценку потенциала поглощения углекислого газа пустой породой,

извлеченной из месторождений Компании. Для исследования процессов естественной минерализации пустой породы специалисты отобрали около 200 проб и направили их в профильный исследовательский институт с целью анализа минералогического и элементного состава проб и последующей оценки потенциала поглощения углекислого газа.

Совместно с учеными «Норникель» также прорабатывает возможность искусственной минерализации хвостов и интенсификации поглотительного процесса пустой породой. Внедрение такой технологии может в перспективе позволить значительно увеличить объем поглощения парниковых газов в ходе технологического цикла производства.

Углеродный след

Для получения полной и объективной информации об углеродном следе Компании и валовых выбросах парниковых газов «Норникель» регулярно оценивает их объемы. Базируясь на мировых стандартах и учитывая специфику «Норникеля», специалистами Департамента реализации программ по устойчивому развитию Заполярного филиала (далее – ЗФ) совместно с Департаментом экологии Главного офиса (далее – ГО) разработаны корпоративные методики расчета выбросов парниковых газов, учитывающие специфику производства, расход продуктов и материалов на каждый производственный цикл и операцию в Компании, влияющих на выбросы парниковых газов. Методики устанавливают единый подход к количественной оценке выбросов парниковых газов в Группе компаний «Норильский никель», обеспечивая единство данных отчетности по ним.

Методика расчета выбросов парниковых газов охвата 1 включает в себя количественную оценку прямых выбросов парниковых газов в результате стационарного и мобильного сжигания топлива, промышленных процессов, fugitive выбросов (выбросы метана при

разработке полезных ископаемых), очистки и сброса сточных вод, сжигания и захоронения твердых отходов. Методика расчета выбросов парниковых газов охвата 2 включает в себя количественную оценку косвенных энергетических выбросов парниковых газов от производства поставляемой со стороны электрической и тепловой энергии.

В результате имеется возможность получать оперативные данные по углеродному следу продукции Компании в разрезе конкретных подразделений и в различных временных периодах.

По итогам 2022 года прямые и косвенные фактические выбросы парниковых газов (охват 1 и 2) по Норильскому дивизиону составили порядка 4 млн т CO₂ эквивалента. Достоверность представленных отчетов подтверждена заключениями независимых аудиторских компаний TUV AUSTRIA, Kept, Bureau Veritas, получены сертификаты соответствия (рис. 3).



Рис. 3. Заключение о верификации Исследование биоразнообразия

Сохранение биоразнообразия, как сохранение разнообразия жизни во всех её проявлениях, представляет собой один

из главных показателей жизнеспособности экосистемы, тем более в жестких условиях Арктической зоны Российской Федерации, и в связи с этим является одним из направлений достижения целей Стратегии в области экологии и изменения климата «Норникеля».

В 2022–2023 гг. проведены научно-исследовательские работы по углубленному изучению биоразнообразия в пределах зоны размещения производственных объектов Компании, с целью определения масштабов и оценки степени воздействия на состояние биологических экосистем региона. Проект по базовым исследованиям биоразнообразия, названный «Большая научная экспедиция», стал отправной точкой для разработки системы управления воздействием Компании на биоразнообразие. В Экспедиции в разных формах было задействовано свыше 100 специалистов из

семи исследовательских организаций Сибирского отделения Российской академии наук (СО РАН), привлечены специалисты из исследовательских организаций других институтов и заповедников, а также студенты-волонтеры из различных вузов Красноярского края, оказавшие неоценимую помощь в ходе проведения работ. В рамках проекта, проводимого также и на площадках АО «Кольская горно-металлургическая компания» и ГРК «Быстринское», были обследованы участки на территориях, превышающих 71 тыс. км². По результатам исследований было определено, что зона воздействия объектов НПП не превышает 11 км. Предполагаемые границы поясов воздействия (значительное, среднее, незначительное) составили: для наземных экосистем – 2/5/11 км от санитарно-защитной зоны; для водных – 7/16/40 км (рис. 4).

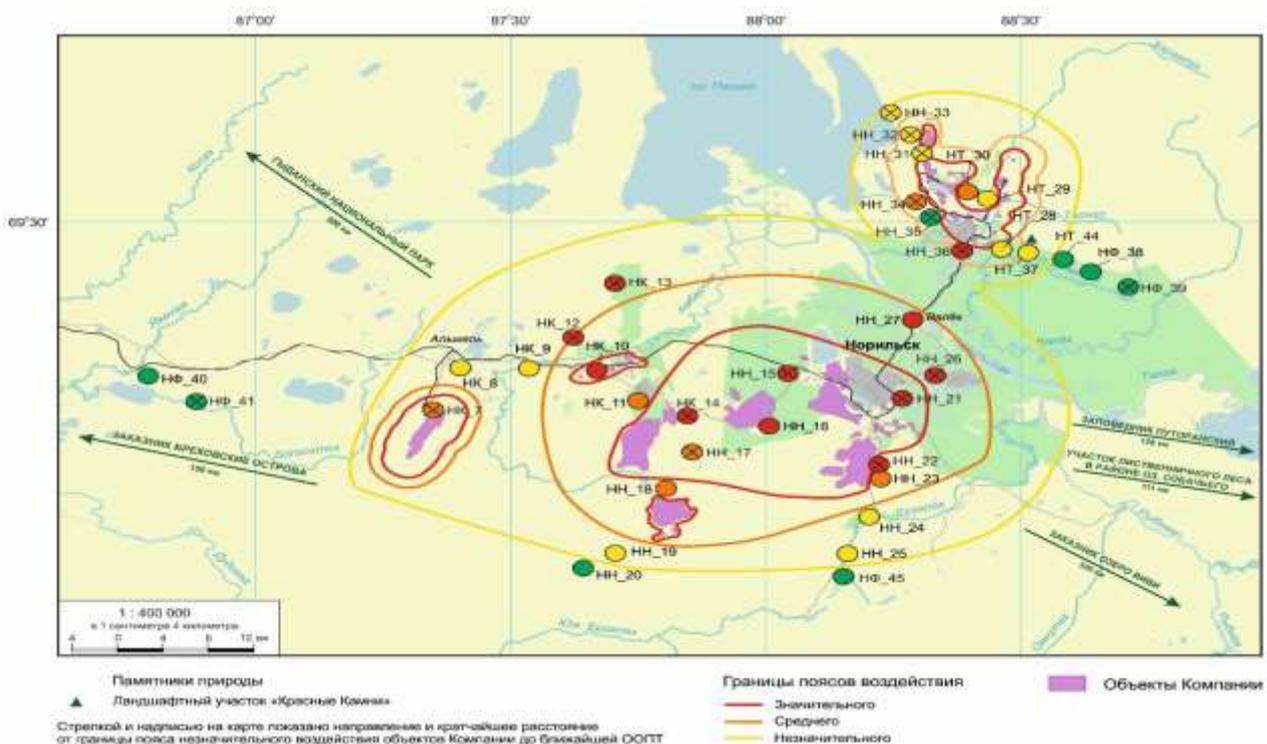


Рис. 4. Положение участков исследования биоразнообразия и предполагаемые границы поясов воздействия в районе НПП по результатам исследований биоразнообразия наземных экосистем

Также с помощью ученых из СО РАН была разработана методика расчета интегрального показателя состояния экосистемы (ИПСЭ), с помощью регуляр-

ного определения которого можно оценивать динамику изменения состояния биоразнообразия в НПП. В ходе проведения исследований учеными разрабатываются новые методы и подходы к

оценке масштабов негативного воздействия промышленных предприятий на биоразнообразие. Например, изучая динамику изменения вторичных метаболитов в листе растений, можно оперативно оценивать степень воздействия на природу при изменениях технологических процессов на предприятиях, или, применяя технологию ДНК-метабаркодинга, можно быстро идентифицировать организмы по коротким генетическим маркерам ДНК, что позволит вместо долгого и затратного отлова рыбы или насекомых определять вид и численность фауны по остаткам его жизнедеятельности в обычных пробах воды или грунта на интересующих полигонах.

На основании текущих результатов исследований, для удовлетворения растущего интереса широкой общественности к познанию природы и её сохранению, достоверная информация о состоянии экосистем и их биологическом разнообразии представлена в доступной и интерактивной форме на Интернет-ресурсе Компании life.nornickel.ru.

Полученные результаты исследований являются хорошей основой для разработки долгосрочной программы мониторинга биоразнообразия в районе размещения объектов Компании, что обуславливает необходимость продолжения работ по инвентаризации биологического разнообразия регионов Арктической зоны Российской Федерации, обобщению полученных данных, содержащих сведения о флоре, фауне, растительности, почвенном покрове и ландшафтах.

В рамках благотворительной деятельности Компании продолжается сотрудничество с ФГБУ «Заповедники Таймыра». В 2022 г. была разработана совместная Программа по изучению редкого путоранского подвида снежного барана с изолированным участком обитания, занесенного в Красную книгу РФ (рис. 5).



Рис. 5. Путоранский снежный баран

В соответствии с Программой в 2022–2023 гг., благодаря пожертвованиям Компании на общую сумму 30 млн руб., Заповедниками Таймыра проводились полномасштабные исследования по изучению этого эндемичного животного на плато Путорана – объекте Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. В задачи проекта входят оценка численности, выявление демографических показателей, генетические исследования, изучение территориального размещения снежных баранов с определением границ ареала и отдельных очагов его обитания, в том числе в самых труднодоступных районах этой уникальной горной системы.

В процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов производственной инфраструктуры неизбежно оказывается определенное негативное воздействие на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания (засыпано озерцо, временно перекрыто русло ручья и т.п.). Хотя на первый взгляд водные объекты и не являются крупными, но в них, как правило, размножаются и развиваются планктонные организмы, которыми впоследствии питаются рыбы и птицы на более крупных водоемах, куда до этого впадали нарушенные водные объекты. В целях сохранения биоразнообразия в качестве компенсационного мероприятия для восстановления состояния водных биологических ресурсов Компания осуществляет искусственное воспроизводство молоди рыб с последующим вы-

пуском в водные объекты Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна. Только в 2023 г. предприятиями Норильского дивизиона в рамках компенсационных мероприятий выращено и выпущено около 330 000 мальков сибирского осетра и хариуса (рис. 6).



Рис. 6. Малек сибирского осетра

Человеческая деятельность изменяет естественные процессы формирования и развития природных экосистем. Ученые оценивают, что в настоящее время виды вымирают в сотни раз быстрее, чем того требует эволюция. Сохранение биоразнообразия является неотъемлемой частью устойчивого развития и благополучия человечества. Компания признает важность биоразнообразия и принимает активные меры для его сохранения, чтобы обеспечить будущим поколениям естественный объем природных биоресурсов и сохранить красоту и богатство нашей планеты.

Комплексы мероприятий, направленных на минимизацию потенциального негативного влияния, выраженного в преждевременном выводе из эксплуатации активов Компании «Норникель»

Наблюдаемые климатические изменения представляют значительный вызов для регионов с суровым климатом, таких как северная климатическая зона. Важность подхода к снижению рисков и адаптации к этим изменениям становится ключевой повесткой, особенно в контексте территорий, где промышленная деятельность сосредоточена в условиях экстремальных погодных условий.

Одним из регионов, столкнувшихся с такими вызовами, является Норильский промышленный район.

Для противостояния риску растепления многолетнемерзлых грунтов – были разработаны два комплекса мероприятий, направленных на минимизацию потенциального негативного влияния, выраженного в преждевременном выводе из эксплуатации активов Компании «Норникель»:

- 1) мероприятия по выявлению климатических риск-факторов;
- 2) мероприятия по контролю за состоянием активов Компании «Норникель» в НПР.

Комплекс мероприятий по выявлению климатических риск-факторов для территории ответственности Компании «Норникель» в НПР включает в себя:

1. Создание региональной климатической модели. Мероприятие находится на стадии сбора и статистического анализа данных, полученных с метеостанций начиная с 1950 г. В дальнейшем планируется создать массив данных на основе проекта СМР6 и получить прогнозные данные высокого разрешения (построение региональной климатической модели).

2. Проведение научно-исследовательских работ по изучению свойств многолетнемерзлых пород. Мероприятие реализовано и в том числе позволило в дальнейшем разработать концепцию сети фонового мониторинга за состоянием многолетнемерзлых грунтов.

3. Создание сети фонового мониторинга за состоянием многолетнемерзлых грунтов. Мероприятие реализовано. Всего было пробурено 8 скважин глубиной 200 м, из которых 5 скважин необходимы для сопоставления данных о температуре многолетнемерзлых грунтов с данными скважин, которые были пробурены рядом с подконтрольными зданиями и сооружениями и 3 скважины пробурены на мерзлотных полигонах для возможности изучения многолетнемерзлых грунтов.

Комплекс мероприятий по контролю за состоянием активов Компании «Норникель» в НПР:

1. Оснащение зданий и сооружений Компании «Норникель», находящихся в НПР, средствами измерений. Мероприятие реализовано на 14%. Всего до конца 2030 г. планируется оснастить 1555 зданий и сооружений средствами, датчиками измерений, из которых 218 оснащено на сегодняшний день.

2. Спутниковая съемка земной поверхности возле активов Компании «Норникель» с целью дальнейшего определения необходимости натурных наблюдений за зданиями и сооружениями. Мероприятие реализовано. В 2020 и 2021 гг. проводилась интерферометрическая обработка радарных космических снимков с целью выявления вертикальных и горизонтальных (в направлении

запад-восток) смещений земной поверхности и объектов инфраструктуры. Исследования показали, что в целом территории участков стабильны, и смещения находятся в пределах нормы.

3. Создание информационно-диагностической системы, предназначенной для сбора и консолидации данных о состоянии конструкций и оснований зданий и сооружений. Мероприятие в реализации. В настоящее время создан диспетчерский центр, куда стекаются данные с датчиков и средств измерений, установленных на здания и сооружения, а также со скважин, пробуренных для реализации концепции сети фонового мониторинга многолетнемерзлых грунтов. Функционал системы дорабатывается по мере оборудования новых зданий и сооружений датчиками и средствами измерений (рис. 7).

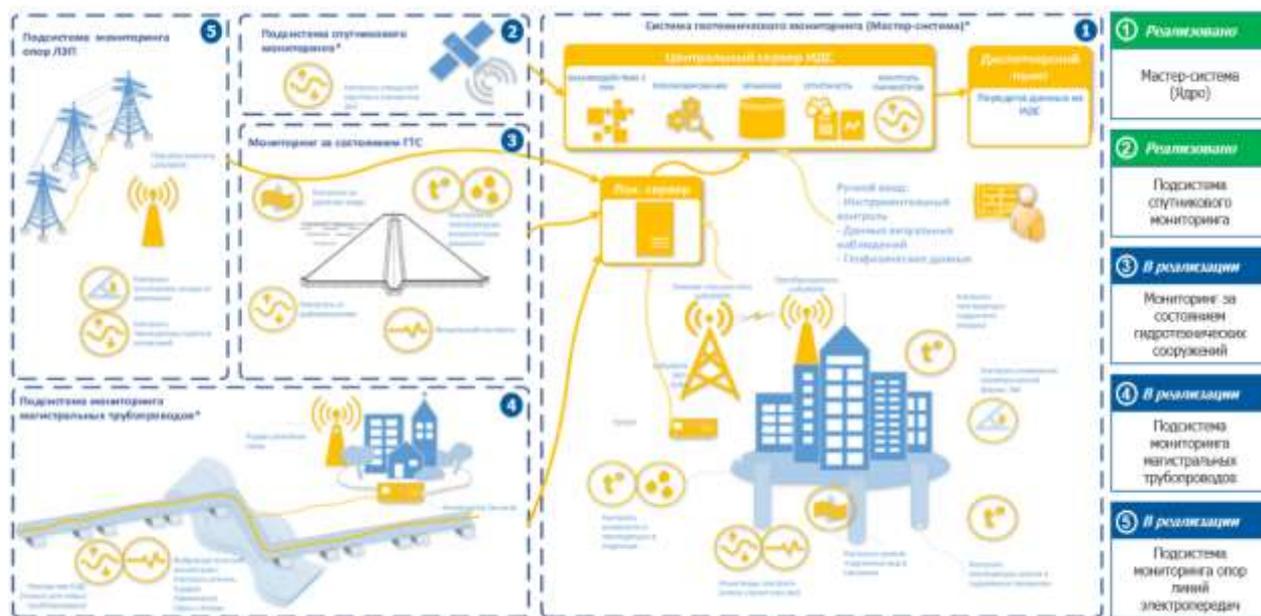


Рис. 7. Информационно-диагностическая система

Перспективные направления. Цели, принятые Компанией в своей Стратегии в области экологии и изменения климата в 2021 г., – амбициозные, поэтому кроме реализации уже существующих мероприятий, включенных в дивизиональные программы по экологии, сотрудники «Норникеля» также разрабатывают новые перспективные мероприя-

тия, направленные на снижение негативного влияния техногенных факторов на хрупкую природу Крайнего Севера.

Учитывая обособленное географическое положение предприятий Норильского дивизиона, поиск решений для, казалось бы, стандартных задач, превращается как минимум в небольшое научно-техническое и опытно-промышленное исследование, типовые решения не работают.

Рассмотрим такую комплексную задачу на примере организации переработки отработанных автомобильных шин и отходов резинотехнических изделий (РТИ). На «большой земле» существуют различные специализированные подрядные организации, которые готовы предложить широкий спектр услуг по переработке РТИ – можно восстанавливать отработанные автомобильные шины, можно получить резиновую крошку, и она сама становится сырьем с устойчивым спросом, можно использовать технологию низкотемпературного пиролиза и т.д. В условиях Норильского промышленного района такого выбора нет, а воспользоваться услугой по переработке РТИ в другом регионе экономически нецелесообразно из-за высокой стоимости логистической составляющей.

В настоящее время прорабатываются комбинированные варианты переработки отработанных шин частично с получением резиновой крошки и изделий из них для собственных нужд Большого Норильска, а также продуктов пиролиза, таких как углеродный остаток, пиролизное масло и металлический корд.

Каждый из продуктов переработки автомобильных шин должен найти свое применение в технологической цепочке Заполярного филиала для получения максимального синергетического эффекта с действующим Производством ЗФ и минимизации объема отходов.

Так, углеродный остаток, он же технический углерод, может быть использован в качестве восстановителя в пирометаллургическом производстве ЗФ, а также в качестве компонента при производстве цементных смесей, повышая их прочность и устойчивость к агрессивным средам. Пиролизное масло может быть использовано в качестве топлива как для производственных нужд, так и для получения тепло- и электроэнергии.

Еще одной важной задачей является переработка отходов различного вида пластика, образующегося в результате

хозяйственной деятельности на предприятиях Норильского дивизиона. Подрядные организации осуществляют утилизацию этого вида отходов методом сжигания, однако такой подход не отвечает принципам экономики замкнутого цикла. Поэтому в настоящее время реализуется проект по организации производства полимерных композитных шпал из отходов пластика (рис. 8).



Рис. 8. Установка композитных шпал

Композитные шпалы должны прийти на смену существующим деревянным шпалам, в первую очередь, в подземных горных выработках на откаточных горизонтах рудников минерально-сырьевого комплекса Заполярного филиала. Высокая обводненность, агрессивная среда и интенсивность эксплуатации приводит к разрушению привычной деревянной шпалы за три-пять лет, а часто и еще раньше, что требует выполнения внеплановых ремонтов и отрицательно влияет на безопасность ведения работ.

Композитные шпалы характеризуются увеличенным сроком службы, высокой ремонтпригодностью и минимизацией текущего обслуживания, низкой электропроводностью и полной переработкой при низких эксплуатационных расходах, способностью сохранять физико-механические свойства при жестких климатических условиях и агрессивности среды, повышенным сопротивлением ударной нагрузке и прогибу, шумовиброподавлением (что снижает разрушение железнодорожного полотна).

Вовлечение отходов металлургического производства Заполярного филиала в составе закладочных смесей для

закладки отработанных полостей рудников минерально-сырьевого комплекса развивается в качестве самостоятельного направления, включающего в себя подготовку и проведение лабораторных, опытно-промышленных и промышленных испытаний различных составов.

Вовлекаются металлургический шлак и сера Медного завода с ликвидированного Никелевого завода, хвосты серо-сульфидной флотации Надеждинского металлургического завода.

Эффектом от реализации ожидается снижение объемов размещения отходов, а также снижение операционных затрат за счет полного замещения щебня, частичного замещения цемента и ангидрида в составе закладочных смесей. При этом полученные закладочные смеси по своим физико-реологическим свойствам соответствуют и даже превышают действующие отраслевые стандарты.

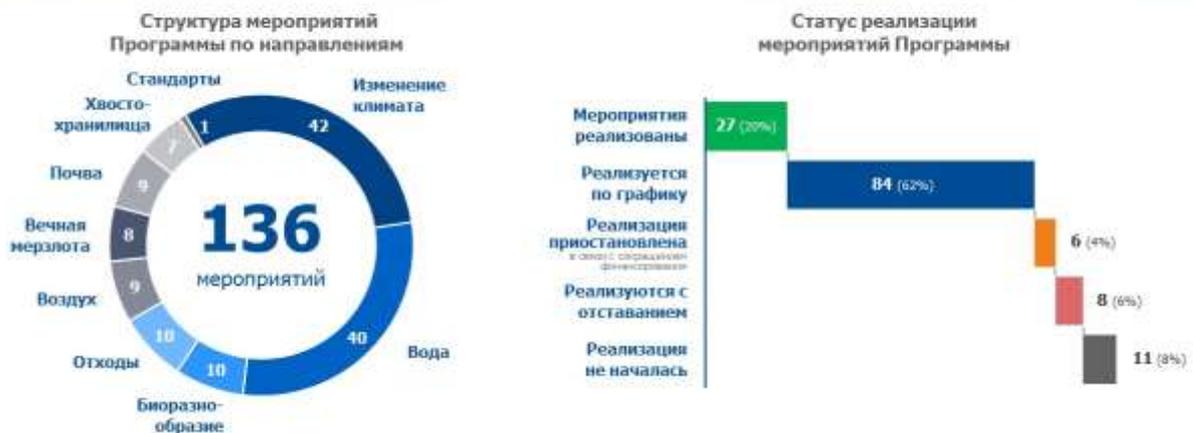
Компания осознает, что без комплексного подхода к разработке природных ресурсов [20–21], который бы учитывал интересы всех заинтересованных сторон,

устойчивый рост невозможен. В частности, покупатели продукции «Норникеля» предъявляют к ней высокие требования на соответствие принципам устойчивого развития. Успех определяется также эффективностью взаимодействия с акционерами, общественными организациями, местными сообществами и другими заинтересованными сторонами. Соответственно, устойчивое развитие неизбежно становится ключевым движущим фактором и требованием при планировании стратегических инициатив и инвестиционных проектов Компании.

Утвержденные в Компании стратегические приоритеты до 2031 г. включают кардинальное улучшение экологической ситуации в регионах присутствия, модернизацию действующих и строительство новых мощностей с целью роста объемов производства основных металлов, а также сохранение финансовой стабильности. Несмотря на текущие условия, связанные с геополитической обстановкой и санкционными ограничениями, «Норникель» продолжает следовать принципам устойчивого развития.

Приложение

Программа по экологии и изменению климата Норильского дивизиона (далее – Программа) является частью разработанной в 2021 году Стратегии Компании в области экологии и изменения климата, изначально включала в себя 102 мероприятия по 8 основным направлениям, с перспективой реализации мероприятий до 2031 года. В настоящий момент в реестре Программы насчитывается 136 мероприятий (+34 за 2022-2023 гг.), из них реализовано 27 мероприятий. Индикативный бюджет на 2023–2031 годы составляет около 566,8 млрд руб.



Список источников

1. Liu J. Dilemma of ESG Development: Investors Perspectives. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2024;(74):210–216.

2. Grewal J., Serafeim G. Research on Corporate Sustainability: Review and Directions for Future Research. *Foundations and Trends® in Accounting*. 2020;(14):73–127.

3. Bowley T., Hill J. The Global ESG Stewardship Ecosystem. *European Business Organization Law Review*. 2024. 10.1007/s40804-024-00316-7.

4. Guo Z., He Yi. ESG and Urban Sustainable Development. *Transactions on Economics, Business and Management Research*. 2024;(5)250–265. 10.62051/xhvk2482.

5. Mao Zh., Wang S., Lin Yu-En. ESG, ESG rating divergence and earnings management: Evidence from China. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 2024. 10.1002/csr.2748.

6. [сайт]. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> Дата обращения: 20.02.2024.

7. [сайт]. URL: <https://globaltailingsreview.org/global-industry-standard/> Дата обращения: 20.02.2024.

8. Боссель Х. Показатели устойчивого развития. Теория, метод, практическое использование. Тюмень, 2001. С. 123.

9. Ерофеев П.Ю. Особенности концепции устойчивого развития // Экономическое возрождение России. 2007. С. 20–29.

10. Шелехов А.М. Основные положения стратегии устойчивого развития России. М., 2002. С. 161.

11. Марков Ю.Г. Природопользование в интересах устойчивого развития. Новосибирск: НО ПАНИ, 2006. С. 216.

12. Мархинин В.В. Концепция устойчивого развития и социальный строй: позиция

академика В.А. Коптюга // Вестник НГУ. Сер. Философия. 2015. С. 67–76.

13. Артюхов В.В. Концепция перехода РФ на модель устойчивого развития. М., 1994. С. 55.

14. Глазьев С.Ю. Управление развитием – фактор устойчивого экономического роста. Проблемы теории и практики упр. 1999. С. 26–31.

15. Государственная политика в области устойчивого развития: проблемы и перспективы // Вестник Института экономики РАН. 2019. С. 49–58.

16. Роль бизнеса в достижении целей устойчивого развития // Вопросы экономики. №2. 2019. С. 3–12.

17. Устойчивое развитие Арктического региона: проблемы и перспективы. 2020. №4. С. 5–10.

18. Роль образования в достижении целей устойчивого развития // Образование и общество. 2020. №6. С. 5–17.

19. Инвестиции в устойчивое развитие: возможности и риски для бизнеса // Вопросы экономики. 2021. №2. С. 3–11.

20. Крупнов Л.В., Малахов П.В., Озеров С.С. Зелёная металлургия, или аспекты эмиссии парниковых газов для различных головных плавильных агрегатов // Культура. Наука. Производство. 2022. №9. С. 94–100.

21. Анализ металлургии кобальта в России и подходы к повышению извлечения металла в готовую продукцию / Л.В. Крупнов, П.В. Малахов, С.С. Озеров, Р.А. Пахомов // Цветные металлы. 2023. №7. С. 25–33.

References

1. Liu J. Dilemma of ESG Development: Investors Perspectives. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2024;(74):210–216.

2. Grewal J., Serafeim G. Research on Corporate Sustainability: Review and Directions for Future Research. *Foundations and Trends® in Accounting*. 2020;(14):73–127. 10.1561/14000000061.

3. Bowley T., Hill J. The Global ESG Stewardship Ecosystem. *European Business Organization Law Review*. 2024. 10.1007/s40804-024-00316-7.

4. Guo Z., He Yi. ESG and Urban Sustainable Development. *Transactions on Economics, Business and Management Research*. 2024;(5)250–265. 10.62051/xhvk2482.

5. Mao Zh., Wang S., Lin Yu-En. ESG, ESG rating divergence and earnings management: Evidence from China. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 2024. 10.1002/csr.2748.

6. [website]. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> / Date of access: 02/20/2024.

7. [website]. URL: <https://globaltailingsreview.org/global-industry-standard/> / Date of notification: 02/20/2024.

8. Bossel H. Indicators of sustainable development. Theory, method, and practical use. Tyumen: 2001. P. 123.

9. Erofeev P.Y. Features of the concept of sustainable development. *The economic revival of Russia*. 2007:20–29. (In Russ.).

10. Shelekhov A.M. The main provisions of the strategy of sustainable development of Russia. M., 2002. Pp. 161.
11. Markov Yu.G. Environmental management in the interests of sustainable development. Novosibirsk: NO PANI, 2006. P. 216.
12. Markhinin V.V. The concept of sustainable development and the social system: the position of academician V.A. Koptug. *Bulletin of NSU. Ser. Philosophy*. 2015;67–76. (In Russ.).
13. Artyukhov V.V. The concept of transition of the Russian Federation to the model of sustainable development. M., 1994. P. 55.
14. Glazyev S.Yu. Development management is a factor of sustainable economic growth. Problems of theory and practice, upr. 1999. Pp. 26–31.
15. State policy in the field of sustainable development: problems and prospects. *Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2019. Pp. 49–58. (In Russ.).
16. The role of business in achieving sustainable development goals. *Economic issues*. 2019;(2):3–12. (In Russ.).
17. Sustainable development of the Arctic region: problems and prospects. 2020;(4):5–10.
18. The role of education in achieving the goals of sustainable development. *Education and society*. 2020;(6):5–17. (In Russ.).
19. Investments in sustainable development: opportunities and risks for business in economic matters. 2021;(2):3–11.
20. Krupnov L.V., Malakhov P.V., Ozerov S.S. Green metallurgy, or aspects of greenhouse gas emissions for various head melting units. *Culture. Science. Production*. 2022;(9):94–100. (In Russ.).
21. Analysis of cobalt metallurgy in Russia and approaches to increasing metal extraction in finished products / L.V. Krupnov, P.V. Malakhov, S.S. Ozerov, R.A. Pakhomov. *Non-ferrous metals*. 2023;(7):25–33. (In Russ.).

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 74–79.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):74–79.

Естественно-научные дисциплины

Научная статья
УДК 519.21:33.06
doi: 10.52978/25421220_2025_18_74–79

МАТЕМАТИКА ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ

Дементьев Юрий Игоревич

Московский государственный технический университет гражданской авиации, Москва, Россия
E-mail: yidem@mail.ru

Лушникова Галина Анатольевна

Московский государственный технический университет гражданской авиации, Москва, Россия
E-mail: lulev55@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрено исследование финансовых рисков, описан результат в математических терминах. Используются понятия случайной величины, владение финансовой математикой, понимание закономерностей и тонкостей финансовых операций. Изучены основные числовые характеристики случайных величин и примеры их использования для анализа финансовых операций.

Ключевые слова: финансовая операция, основные числовые характеристики случайных величин, математическое ожидание и дисперсия, страховой тариф, стратегия хеджирования, вероятность наступления страхового случая.

Для цитирования: Дементьев Ю.И., Лушникова Г.А. Математика финансовых ресурсов // Научный вестник Арктики. №18. С. 74–79. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_74–79.

Natural sciences

Original article

THE MATHEMATICS OF FINANCIAL RISKS

Yuri I. Dementiev

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia
E-mail: yidem@mail.ru

Galina A. Lushnikova

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia
E-mail: lulev55@yandex.ru

Abstract. The article examines the study of financial risks, describes the result in mathematical terms. The concepts of random variables, mastery of financial mathematics, understanding of patterns and subtleties of financial transactions are used. The main numerical characteristics of random variables and examples of their use for the analysis of financial transactions are studied.

Keywords: financial transaction, basic numerical characteristics of random variables, mathematical expectation and variance, insurance rate, hedging strategy, probability of occurrence of an insured event.

For citation: Dementiev Yu.I., Lushnikova G.A. The Mathematics of financial risks. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2024;(18):74–79. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_77–79.

Во многих случаях результат отдельной финансовой операции зависит от множества неизвестных до ее начала (или просто случайных) факторов. Однако в некоторых ситуациях оказыва-

ется, тем не менее, возможным дать описание ее результата в математических терминах, используя понятие случайной величины.

Основной целью данной статьи является применение числовых характеристик случайных величин и примеры их использования для анализа финансовых операций.

К примеру, пусть известно, что в половине случаев операция принесет 1000 руб. дохода, а в половине – 500 руб. убытка. На математическом языке это означает, что имеется случайная величина, которая принимает значения 1000 и –500, каждое с вероятностью, равной $\frac{1}{2}$.

Теперь предположим, что провели эту операцию 10 раз подряд. Естественно ожидать, что суммарный доход по итогам нашей деятельности составит $5 \cdot 1000 - 5 \cdot 500 = 2500$ руб., что равно:

$$10 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 1000 + \frac{1}{2} \cdot (-500) \right).$$

Однако никто не может гарантировать, что не получим убытка. Возникает вопрос: какую сумму практически гарантированно можно получить?

Предположим также, что есть план другой операции, которая может с равной вероятностью принести как 1500 руб. дохода, так и 1000 руб. убытка. Следует ли предпочесть эту операцию первой, поскольку она может принести больше дохода?

С обыденной точки зрения вторая операция является более рискованной, и первое, что следует сделать – это дать количественную характеристику того, что принято называть риском. Можно ли уменьшить риск или существуют методы управления финансовыми рисками?

В статье введены и рассмотрены примеры трех основных способов управления риском: диверсификация, страхование, хеджирование.

Рассмотрим две независимые друг от друга и финансово эквивалентные операции, в которых можно как выиграть, так и проиграть. Оказывается, что если вложить имеющиеся средства в равных долях в каждую из них, то величина ожидаемого дохода не изменится, зато риск уменьшится почти в полтора раза!

Подобный эффект связан с диверсификацией вложений.

В обычной жизни все знакомо со страхованием имущества, страхованием жизни, однако в финансовой практике страхование понимается шире.

Конечно, страховка нефтеналивного танкера водоизмещением в 100 тыс. т тоже в определенном смысле является страховкой имущества от несчастного случая, однако для владельца этого танкера она имеет гораздо большее значение. Вообще можно застраховаться от возможных убытков при проведении конкретной финансовой операции.

Для расчета страхового тарифа необходимо знать вероятность наступления страхового случая, но что делать, если эти вероятности принципиально недоступны, тем не менее хочется подстраховаться. Буквальный перевод глагола to hedge означает: огораживать изгородью, ограничивать.

Стратегия хеджирования – это стратегия, ограждающая от возможных убытков, связанных с изменениями на финансовом рынке.

Рассмотрим следующий простой пример. Предположим, что российская фирма поставила зарубежной организации товар на сумму 100000 дол. с условием оплаты в течение месяца со дня отгрузки. Для работы на внутреннем рынке фирме нужны рубли, однако за этот месяц курс доллара может упасть, в результате чего фирма понесет убытки. Выход состоит в том, чтобы одновременно с отгрузкой товара заключить так называемый форвардный контракт на продажу 100000 дол. по заранее фиксированному курсу. Конечно, фирма лишает себя возможной дополнительной прибыли в случае повышения курса доллара, однако заключение подобного контракта гарантирует ее от возможных убытков в случае его понижения.

Оценки ожидаемого дохода, или распределение, математическое ожидание

и дисперсия случайной величины используются для оценки рисков финансовых операций.

Предположим, что, проведя некую финансовую операцию n раз, в k_1 случаях доход был равен x_1 руб., в k_2 – x_2 руб., и т.д., наконец, в k_s случаях он равнялся x_s руб. (отрицательные величины дохода означают, что операция дала только убытки).

Ясно, что $k_1 + k_2 + \dots + k_s = n$.

Общая величина дохода составит:

$$k_1 \cdot x_1 + k_2 \cdot x_2 + \dots + k_s \cdot x_s = n \cdot (k_1 \cdot x_1 + k_2 \cdot x_2 + \dots + k_s \cdot x_s) \text{ руб.}$$

Выражение, стоящее в скобках в правой части равенства, естественно рассматривать как среднюю ожидаемую величину дохода по результатам одной операции. Отношения $\frac{x_i}{n}$ – суть частоты появления дохода x_i .

Примем эти частоты за вероятности, с которыми случайная величина ξ – размер дохода принимает значения x_i .

Таблица распределения (или просто распределения) данной случайной величины представлена табл. 1.

Таблица 1

Значения	x_1	x_2	...	x_s
Вероятности	p_1	p_2	...	p_s

Вместо слов – средняя ожидаемая величина дохода – будем говорить о математическом ожидании $M(\xi)$ данной случайной величины:

$$M(\xi) = \sum_{i=1}^s p_i \cdot x_i$$

В частности, если случайная величина ξ принимает с равными вероятностями значения a и b , то:

$$M(\xi) = \frac{a + b}{2}.$$

Рассмотрим две случайные величины ξ_1 и ξ_2 со следующими распределениями

ξ_1	-1	3
p_i	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

ξ_2	-3	5
p_i	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

По предыдущей формуле

$$M_1(\xi) = \frac{-1 + 3}{2} = 1$$

и

$$M_2(\xi) = \frac{-1 + 5}{2} = 2,$$

т.е. эти случайные величины имеют равные математические ожидания. Однако значение случайной величины – случайно (нельзя быть уверенным, что проведенная финансовая операция принесет доход). И, вообще, теорию вероятностей следует применять тогда, когда имеем дело с повторяющимися испытаниями. Поэтому предположим, что мы провели каждую из наших двух операций по три раза (предполагая при этом, что результат при повторении операции не зависит от результатов предыдущих). Выпишем все возможные результаты для первой из них:

(-1, -1, -1)	(-1, -1, 3)	(3, -1, -1)	(-1, 3, -1)
(3, 3, -1)	(3, -1, 3)	(3, 3, -1)	(3, 3, 3)

Таким образом, в одном случае из восьми результат равен -6, в трех он равен нулю, еще в трех получим 8, в последнем – 12. Совершенно так же вычисляются результаты проведения второй операции. Сведем полученные данные в табл. 2, в нижней строчке которой указаны вероятности появления соответствующего результата.

Таблица 2

Итоги первой	-3	1	5	9
Итоги второй	-9	-1	7	15
Вероятности	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$

Из табл. 2 видно, что вероятность получения хоть какого-то дохода при тройном повторении первой операции выше, чем при тройном повторении второй. Разница между рассматриваемыми операциями будет видна еще четче, если проводить их достаточно много раз.

В обыденном понимании риск – это вероятность проигрыша, однако одна из естественных характеристик риска – это величина отклонения полученного результата от ожидаемого. Соответствующими математическими понятиями являются вводимые в теории вероятностей понятия *дисперсии* и *среднеквадратичного отклонения* случайной величины.

Дисперсией случайной величины ξ называется среднее ожидаемое значение квадрата отклонения ее значения от ожидаемого среднего, т.е. математическое ожидание квадрата разности:

$$\xi - M(\xi),$$

$$D(\xi) = M(\xi - M(\xi))^2 = M(\xi^2) - M^2(\xi).$$

Ее среднеквадратичным отклонением называется квадратный корень из ее дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{D(\xi)}.$$

Если случайная величина принимает значения a и b с равными вероятностями, то:

$$M(\xi) = \frac{1}{2}(a + b),$$

разность $\xi - M(\xi)$ принимает (с вероятностями, равными $\frac{1}{2}$) значения $\pm \frac{1}{2}(b - a)$, поэтому значение $\frac{1}{4}(b - a)^2$ квадрата этой разности вообще не является случайным.

Таким образом, дисперсия равна $\frac{1}{4}(b - a)^2$, а ее среднеквадратичное отклонение есть число $\sigma = \frac{1}{2} \cdot |b - a|$.

В данном примере $\sigma_1 = 2$, а $\sigma_2 = 4$. Случайные величины ξ_1 и ξ_2 – это примеры случайных величин с дискретным распределением, т.е. таких величин, которые принимают лишь конечное число возможных значений.

Для первых двух финансовых операций эта вероятность равна $\frac{1}{2}$.

Рассмотрим теперь другой пример, предположив, что в результате некоторой финансовой операции наш доход мо-

жет быть любым числом, не превосходящим 3, а убыток – любым числом, не большим 1. Другими словами, рассмотрим случайную величину ξ_3 (рис. 1), равномерно распределенную в отрезке $[-1; 3]$. Данный термин означает, что для всякого отрезка $[a; b]$, лежащего в $[-1; 3]$, вероятность того, что ξ_3 приняла значение из этого отрезка, зависит лишь от его длины, таким образом:

$$P(\xi_3 \in [a; b]) = \frac{b - a}{4}.$$

В частности, вероятность того, что в результате этой финансовой операции не получим никакого дохода (разве что убытки), равна $\frac{1}{4}$.

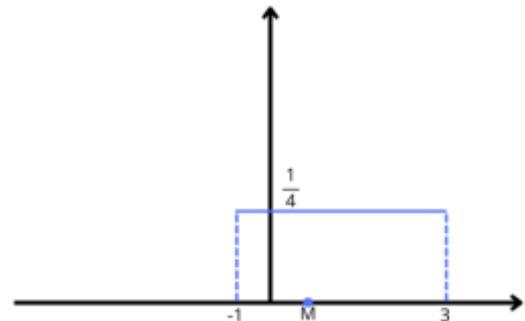


Рис. 1. Равномерное распределение непрерывной случайной величины ξ_3

Математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратичное отклонение равномерно распределенной в отрезке $[a; b]$ случайной величины ξ вычисляются по формулам:

$$M(\xi) = \frac{a + b}{2};$$

$$D(\xi) = \frac{(a - b)^2}{4};$$

$$\sigma = \frac{a - b}{2\sqrt{3}}.$$

Таким образом,

$$M(\xi_3) = 1;$$

$$\sigma_3 = \frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,15.$$

Для сравнения рассмотрим также случайную величину ξ_4 (рис. 2), равномерно распределенную в отрезке $[-3; 5]$.

Имеем $M(\xi_4) = 1$ и $\sigma_4 \approx 2,3$. Заметим, что вероятность того, что доход не будет получен в результате соответствующей (четвертой из наших примеров) финансовой операции, равен $\frac{3}{8}$.

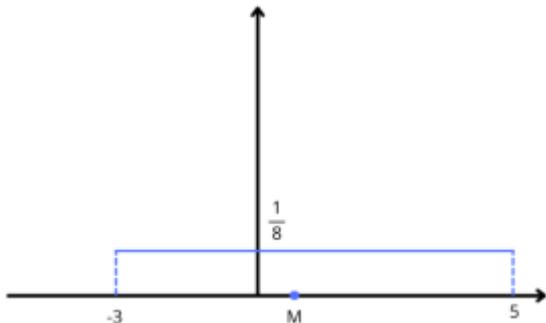


Рис. 2. Равномерное распределение непрерывной случайной величины ξ_4

В заключение опишем одну реальную ситуацию, в которой приходится иметь дело с большим числом независимых одинаковых элементарных финансовых операций, это – лотереи.

Исследуем один пример: *лотерея 4 из 16*.

Предположим, что каждый из участников лотереи отмечает четыре числа из шестнадцати. В каждом розыгрыше объявляются также четыре числа, называемые выигрышными. Тем из участников, среди отмеченных которыми чисел имеются два, три или четыре выигрышных, организаторы лотереи выплачивают 10, 50 и 500 рублей соответственно. Первый из стоящих перед организаторами вопросов состоит в определении цены лотерейного билета.

Первое, что необходимо сделать – это подсчитать вероятности p_s того, что

среди отмеченных участником четырех чисел имеются s выигрышных,

$$s = 0, 1, \dots, 4.$$

Имеем

$$p_s = \frac{K_s}{N},$$

где N – это общее число вариантов выбрать четыре числа из шестнадцати; K_s – количество вариантов, в которых среди выбранных чисел имеются ровно s выигрышных. Для подсчета чисел N и K_s необходимо использовать понятие *числа сочетаний* C_n^k . По определению, C_n^k – это число способов выбрать k предметов из имеющихся n различных предметов. Хорошо известно, что эти числа вычисляются по формуле:

$$C_n^k = \frac{n \cdot (n-1) \dots (n-k+1)}{k!},$$

так что в примере

$$N = C_{16}^4 = \frac{16 \cdot 15 \cdot 14 \cdot 13}{2 \cdot 3 \cdot 4} = 1820,$$

а

$$K_0 = C_{12}^4 = 495,$$

вероятность не угадать ни одного выигрышного числа равна:

$$p_0 = \frac{K_0}{N} = \frac{495}{1820} = \frac{99}{364} \approx 0,272.$$

Оценив риски, моделируем стратегию и возможности участия в той или иной финансовой операции. Авторы показали, что применение известных числовых характеристик случайных величин, описание результата в математических терминах способствуют анализу рационального финансового поведения.

Список источников

1. Малыхин В.И. Финансовая математика. М.: Юнити, 2003. 238 с.
2. Шапкин А.С. Экономические и финансовые риски. М.: Дашков и К, 2003. 544 с.
3. Уотшем Т.Дж., Паррамоу К. Количественные методы в финансах. М.: Юнити, 1999. 528 с.
4. Люу Ю.-Д. Методы и алгоритмы финансовой математики / пер. с англ. М., 2007. 751 с.
5. Цырульник Р.П., Клевцова Н.В., Лушников Г.А. Финансовая математика: учеб. пособие. Норильск: НИИ, 2012. 80 с.
6. Иванов О.А., Лушников Г.А. Экономика и математики, моделирование и программирование, или: интегративный курс финансовых вычислений // Образовательные технологии. Вып. 2. Воронеж: Научная книга, 2005. С. 50–55.

References

1. Malykhin V.I. Financial mathematics. M.: Unity, 2003. 238 p.
2. Shapkin A.S. Economic and financial risks. Moscow: Dashkov and K, 2003. 544 p.
3. Watsham T.J., Parramow K. Quantitative methods in finance. M.: Unity, 1999. 528 p.
4. Luu Yu.-D. Methods and algorithms of financial mathematics / translated from English. M., 2007. 751 p.
5. Tsyurulnik R.P., Klevtsova N.V., Lushnikova G.A. Financial mathematics: textbook. stipend. Norilsk: Scientific Research Institute, 2012. 80 p.
6. Ivanov O.A., Lushnikova G.A. Economics and mathematics, modeling and programming, or: an integrative course in financial computing // Educational Technologies. Iss. 2. Voronezh: Scientific Book, 2005. Pp. 50–55.

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 80–87.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):80–87.

Социогуманитарные науки

Научная статья
УДК 398 (571.511)
doi: 10.52978/25421220_2025_18_80–87

**МУЗЫКАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА КОРЕННЫХ НАРОДОВ ТАЙМЫРА
В ТРУДАХ ПРОФЕССОРА Ю.И. ШЕЙКИНА**

Добжанская Оксана Эдуардовна

Арктический государственный институт культуры и искусств, Якутск, Россия
E-mail: dobzhanskaya@list.ru

Аннотация. В статье рассматривается вклад этномузыковеда Ю.И. Шейкина (1949–2023) в изучение традиционного музыкального фольклора коренных малочисленных народов Таймыра – долган, ненцев, нганасан, энцев, эвенков. Приводится информация о полевых исследованиях и публикациях Ю.И. Шейкина, обозначается вклад его учеников в развитие данной научной темы.

Ключевые слова: этномузыковедение, музыкальный фольклор, коренные малочисленные народы севера, народы Таймыра.

Для цитирования: Добжанская О.Э. Музыкальная культура коренных народов Таймыра в трудах профессора Ю.И. Шейкина // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 80–87. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_80–87.

Humanities sciences

Original article

**MUSICAL CULTURE OF INDIGENOUS PEOPLES OF TAIMYR
IN SCIENTIFIC WORKS OF PROFESSOR YURI SHEIKIN**

Oksana E. Dobzhanskaya

Arctic State Institute of Culture and Arts, Yakutsk, Russia
E-mail: dobzhanskaya@list.ru

Abstract. The article examines the contribution of ethnomusicologist Yu.I. Sheikin (1949–2023) to the study of the traditional musical folklore of the indigenous small-numbered peoples of Taimyr – Dolgans, Nenets, Nganasans, Enets, Evenks. The author provides information about Yu.I. Sheikin's field research and publications and highlights the contribution of his students to the development of this scientific topic.

Keywords: ethnomusicology, musical folklore, indigenous peoples of the North, peoples of Taimyr.

For citation: Dobzhanskaya O.E. Musical culture of indigenous peoples of Taimyr in scientific works of Professor Yuri Sheikin. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):80–87. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_80–87.

Фигура доктора искусствоведения, профессора Юрия Ильича Шейкина – одна из самых масштабных в сибирском этномузыкознании XX–XXI вв. В прошлом 2024 г. в связи с 75-летним юбилеем ученого состоялись крупные научные мероприятия – в Музее антропологии и этнографии имени Петра Великого (Кунсткамере) прошла посвящен-

ная памяти исследователя Всероссийская конференция с международным участием, в Якутске – лекции, презентации и выставки его работ. Между тем на Таймыре имя Ю.И. Шейкина не так хорошо известно, и немногие люди здесь представляют вклад исследователя в изучение музыки проживающих на полуострове малочисленных народов. Все это вызывает необходимость осмыслить

научные наработки исследователя, оценить его вклад в процесс музыковедческого изучения фольклорных культур коренных народов Таймыра.

Юрий Ильич Шейкин (1949–2023) – доктор искусствоведения, профессор (ВАК), член Союза композиторов России. Единственный из российских музыковедов, он являлся лауреатом Международной премии имени Фумио Коидзуми в области сравнительной этномузыкологии (2008 г., Япония).

За период 1966–2000-е гг. он провел более 100 музыкально-этнографических экспедиций к народам Сибири, лично будучи организатором и участником полевых исследований. Собрал крупные коллекции образцов музыкального фольклора народов Северной Азии (проект «Электронный фонограммархив по музыкальному фольклору Северной Азии» поддержан в рамках программы «Культурный код Якутии»). Коллекция музыкальных инструментов, собранная во время экспедиционных исследований, стала основой Музея музыкальных инструментов Северной Азии (Арктический государственный институт культуры и искусств). Всего в фондах Музея хранятся 130 фоноинструментов народов Северной Азии: алтайцев, бурят, долган, нанайцев, нганасан, нивхов, тувинцев, саха (якутов), теленгитов, удэ, хантов, чукчей, эвенков и эвенов.

Ю.И. Шейкиным были определены и под его научным руководством разработаны наиболее актуальные научные проблемы сибирской региональной музыкальной науки: влияние геокультурного ландшафта на формирование интонационно-акустической культуры этноса; взаимодействие архаического, традиционного, профессионального и инновационного типов фольклора в условиях современной культуры; определение жанровой типологии и моделирование процессов образования интонационно-акустических норм в исчезающих культу-

рах; сравнительно-историческое исследование музыкального фольклора коренных народов Северной Азии и другие.

Юрий Ильич является автором 5 монографий, более 150 научных статей, мультимедийных публикаций и т.д. Он один из основателей, член главной редколлегии многотомной академической серии «Памятники фольклора народов Сибири и дальнего Востока», которая с 1990 г. издается в Сибирском отделении РАН и в настоящее время насчитывает 34 тома, а также автор музыковедческих разделов в шести томах данной серии («Эвенкийский героический эпос», «Обрядовая поэзия саха (якутов)», «Фольклор удэгейцев» и др.).

На протяжении более 40 лет Ю.И. Шейкин преподавал в сибирских вузах – Дальневосточном государственном институте искусств (г. Владивосток), Новосибирской государственной консерватории имени М.И. Глинки (г. Новосибирск), Арктическом государственном институте культуры и искусств (г. Якутск). За это время он воспитал более 30 учеников в области музыкальной фольклористики, стал основоположником сибирской школы этномузыковедения, исследующей малоизученные музыкальные культуры коренных малочисленных народов Севера [1].

В данной статье рассмотрим вклад исследователя в изучение музыкальных традиций народов Таймыра.

Коренные малочисленные народы Таймыра принадлежат к различным языковым группам: это самодийские народы (ненцы, нганасаны, энцы), тюркские (долганы), тунгусо-манчжурские (эвенки). Некоторые из этих народов живут только на Таймыре (таковы нганасаны и энцы), некоторые – в нескольких субъектах РФ (долганы проживают также на территории Республики Саха (Якутия); ненцы – на северо-западе России в Ямало-Ненецком, Ненецком автономных округах, в Архангельской области; эвенки наиболее широко расселены

по всей территории Сибири). Особенности расселения кочевых народов обуславливают более широкий угол зрения на их культуру: в частности, музыкальный фольклор ненцев рассматривался Ю.И. Шейкиным в полевых исследованиях в Ханты-Мансийском АО (лесные ненцы) и Ямало-Ненецком АО (тундровые ненцы).



Ю.И. Шейкин в экспедиции на реке Аган с фольклорным исполнителем лесных ненцев Василием Соболевичем Айваседой. Ханты-Мансийский АО, 1985 г. Фото В. Новикова

Вначале рассмотрим результаты экспедиционных исследований Ю.И. Шейкина. Сведения о них опубликованы в монографии «История музыкальной культуры народов Сибири», специальное приложение которой «Полевые материалы автора (ПМА)» содержит перечень всех экспедиций ученого [2, с. 402–408]. Всего здесь перечислены 102 экспедиции, в каждой из которых указаны даты, маршруты, участники экспедиционных исследований, ФИО информантов, материалы исследований.

Музыкальный фольклор ненцев Ю.И. Шейкин записывал в ходе полевых исследований в поселке Варьёган ХМАО в сентябре 1985 г. (ПМА №34), в г. Свердловске в 1995 г. (ПМА №69), в ходе студийных записей в Новосибирской государственной консерватории в 1986 г. (ПМА № 35) и в 1987 г. (ПМА №44). Информантами исследователя были фольклорный исполнитель личных песен и эпических сказаний лесных ненцев Василий Соболевич Айваседа (из

поселка Варьёган), носитель языка и культуры тундровых ненцев, учитель ненецкого языка Елена Григорьевна Сузой (г. Салехард), изготовитель ненецких музыкальных инструментов Ф.Н. Ардеев (г. Нарьян-Мар) [2, с. 402–405, 407].

Музыкальный фольклор нганасан и долган исследователь фиксировал в п. Усть-Авам в 1989 г. (ПМА №54), а также в ходе студийных записей в Новосибирской государственной консерватории в апреле 1986 г. (ПМА №36) и в 1990 г. (ПМА №55) [2, с. 404, 406]. Информантами в этих экспедициях были носители культуры нганасан из поселка Усть-Авам Тубяку Дюходович Костеркин, Дульсимяку Демнимеевич Костеркин, Нумуму Хурсаптеевич Турдагин, Евдокия Демнимеевна Порбина, Нина Демнимеевна Логвинова, Хелла Леймореевна Порбина, Сандимяку Чайхореевна и Борис Дюходович Костеркины, Фаина Юрьевна Турдагина, Светлана Сыгаковна Аксенова, Елена Андреевна Большакова. В результате полевых исследований были записаны обрядовые, эпические, лирические жанры нганасанского фольклора, инструментальные наигрыши.

Хотелось бы немного остановиться на экспедиции в таймырский поселок Усть-Авам в августе 1989 г., одним из участников которой была автор данной статьи, опубликовавшая воспоминания об этой поездке [3].

«Музыкально-этнографическую экспедицию по сбору музыкального фольклора нганасан Юрий Ильич Шейкин, будучи председателем Фольклорной комиссии Сибирского отделения Союза композиторов СССР, изначально планировал как комплексную. В Союзе композиторов ежегодно закладывались деньги на ведение собирательской работы по музыкальному фольклору как важном источнике для композиторского творчества <...> Поэтому финансовые возможности для организации комплексной экспедиции были довольно хорошие, вследствие чего удалось пригласить в

качестве участников Евгения Арнольдovichа Хелимского (лингвиста, чьи интереснейшие труды по стихосложению самодийских народов уже становились нам известны) и группу эстонских ученых (музыковед Трийну Оямаа из Тартуского Университета, оператора Аадо Линтропа из Литературного Музея имени Крейцвальда, фотографа Хендрика Релве из Таллинна)» [3, с. 30–31].

Одним из главных научных результатов этой экспедиции стала фиксация нганасанских шаманских обрядов: «11 августа и 15 августа состоялись записи шаманских ритуалов Тубяку Костеркина. На них присутствовали родственники шамана – подпеватели, без которых не может обойтись ни один шаманский обряд: младший брат шамана Бяндимяку (Борис) с женой Сандимяку, дочь шамана Дингимяку (Надежда) с мужем Анатолием Бобковым. Тубяку разместился у стола сидя на лежаке, а подпеватели-туоптуси – перед ним и рядом с ним на лавочках. На столе перед Тубяку, в также на сундуке, стоявшем перед столом на скамейке, помещались многочисленные шаманские атрибуты Тубяку. В небольшой комнате было трудно разместиться еще и исследователям, и мы заняли все заднее пространство комнаты: Юрий Ильич с репортерским магнитофоном, Аадо и Трийну с видеокамерами (Аадо в силу своего высокого роста «парил» где-то в вышине), Хендрик с фотокамерой, я фиксировала происходящее в экспедиционном дневнике, у Евгения Арнольдовича, кажется, был блокнот. Несмотря на тесноту, записи ритуалов удались. Видимо, сама манера шаманства Тубяку – неторопливая, церемониальная, в силу особого внимания к тексту близкая эпическому сказительству – и выбранный им тип камлания *монютату* (камлание по сокращенному ритуалу) были пригодны для этой обстановки» [3, с. 34–35].



Ю.И. Шейкин (в центре) в экспедиции на Таймыре со студенткой Оксаной Добжанской и коллегами из Эстонии – Аадо Линтроп (второй слева), Хендрик Релве (второй справа) и Трийну Оямаа (первая справа). Поселок Усть-Авам, 1989 год. Фото Х. Релве

Особой удачей экспедиции была информация о музыкальных инструментах, собранная в поселке Усть-Авам: «В этой экспедиции Юрию Ильичу удалось получить полную информацию о нганасанских звуковых инструментах, способах их изготовления и игры на них, собрать этническую терминологию, связанные с инструментами мифологические верования. <...> Живший в поселке Дюлсымяку Демнимеевич Костёркин, племянник Тубяку, оказался превосходным инструменталистом-импровизатором, а также мастером, по заказу Юрия Ильича изготовившим музыкальные инструменты прямо перед камерой. «Поющий лук», «звенящая жилка», вихревая и вращаемая жужжалки, свисток из гусяного пера оказались сохраненной нганасанами инструментальной архаикой. Неудивительно, что через год на фестивале документальных фильмов в Эстонии работа Аадо Линтропа и Трийну Оямаа «Дюлсымяку» была удостоена награды. А полученные от Дюлсымяку Костёркина и Тубяку Костёркина органические сведения заняли свое место в посвященной музыкальным инструментам главе «Истории музыкальной культуры народов Сибири» Ю.И. Шейкина» [3, с. 35].

Исследования музыкального фольклора эвенков различных диалектных

групп Ю.И. Шейкин проводил на протяжении 20 лет: в составе Комплексной экспедиции АН СССР в 1986 г. (ПМА №38), у алданских эвенков в пос. Иенгра в 1995 г. (ПМА № 71), в Якутске в 1993, 1994, 1996, 2000 гг. (ПМА №№ 62, 64, 67, 71, 74, 95, 99), в Санкт-Петербурге в 1993 г. (ПМА № 65), в Калифорнии в 1997 г. (ПМА № 81) [История 2002, с. 404, 406–409]. Результатом исследования музыки эпических сказаний эвенков стала публикация «Музыка эвенкийских сказаний» [4]. Обрядовые, лирические и танцевальные музыкальные жанры исследованы в статье «Обрядовые песнопения и лирические песни эвенков» [5]. В этих публикациях содержатся многочисленные нотные записи, что повышает ценность опубликованных материалов.

Обратимся к характеристике музыкальных традиций коренных народов Таймыра, которые приводятся в трудах Ю.И. Шейкина. Книга «Музыкальная культура народов Северной Азии» [6] содержит информационно-аналитическое описание традиционного музыкального фольклора народов Северной Азии, которые классифицированы согласно лингвистическим группам. Описывая музыку каждого народа, исследователь придерживается типического плана: история исследования музыкальной культуры народа, основные жанры, музыкальные инструменты, сведения о фольклорных исполнителях. Приводит большое количество национальной терминологии, имеющей отношение к музыкальным традициям (названия жанров, инструментов, типов пения и др.).

Музыка северосамодийских народов (ненцев, энцев, нганасан) составляет содержание отдельной главы в данной книге [6, с. 23–30].

Музыка ненцев описана в связи с интонационными диалектами тундровых и лесных ненцев. Охарактеризованы эпические жанры *сюдбабц* и *ярабц*, связанная с иерархией шаманов *тадебя* музыка шаманских обрядов, традиции личных песен: «каждый поющий ненец

имеет персональную мелодию, которая создается на интонационной основе локальной и родовой песенной традиции» [6, с. 23]. Описана система ненецких музыкальных инструментов, в которую входят хордофоны (инструменты, в которых источником звука является струна), аэрофоны (источником звука являются колебания воздуха), мембранофоны (источником звука являются колебания мембраны) и идиофоны (самозвучающие инструменты, в которых источником звука является корпус). Упомянуты ненецкие хордофоны (*сянако тё* «играющая жила», *сянако ыын* «играющий лук», *сянако мирв* «играющий инструмент» – двухструнная лютня); аэрофоны (свисток из тальника или пустотелой травы *сюдко*, пищалка из пера птицы *муно'ла*, гудящая жужжалка *вывко*, щелкающий бич *пато*); мембранофоны (три разновидности шаманского бубна *пензер*). Наиболее многочисленны идиофоны – подвески-погремушки на одежде и оленьей упряжи, выполнявшие сигнальную функцию: бубенчик *хыҥна*, язычковый колокольчик *сеҥга*, конусные подвески-погремушки *сеҥга коца*, фигурные металлические пластины на женских косах и шапках *еся деда*, *еся пудко*, отпугивающий волков деревянный брусочек *лолоко* [6, с. 25].

В разделе «Музыка энцев» содержатся сведения о роли музыки на весеннем празднике «Чистого чума» *Мэдодэ*, круговых танцах, различных типах шаманских костюмов и бубнов в связи с классификацией шаманов, о музыке в эпических жанрах *дёрэ* и *сюдобичу*. В связи с музыкальными диалектами тундровых и лесных энцев охарактеризована их песенная культура: личные импровизации *кунуярэ* (тундровые), *кинуадэ* (лесные). Приведен внушительный список фоноинструментов: музыкальный лук *на иддо* «небесный лук», смычковая двухструнная лютня *тэтыгол сэнэку*, группа аэрофонов *сизыди* (свисток из тальника, флейта из стебля по-

лой травы, язычковая пищалка из гусяного пера), вихревая жужжалка *киука* и вращаемая гуделка *поси/вырвыр*. Описаны три типа шаманских бубнов *педди* (тундровые энцы), *фендир* (лесные энцы) согласно категориям шаманов: *са-воде педди (фендир)* круглой формы с деревянной крестообразной держалкой, *дяно педди (фендир)* круглой формы с металлической крестообразной держалкой и 8 резонаторными столбиками на обечайке, *нано педди (фендир)* овальной формы с резонаторными столбиками из медвежьих зубов и большим количеством подвесок-погремушек [6, с. 25].

Раздел «Нганасань» содержит информацию об основных жанровых сферах – песенной, эпической, обрядовой. Песенную сферу представляют личные песни *балы*, детские песни *нюо балы*, колыбельные *ляндырсиписья балы*, хмельные песни *хоаңкутуо балы*. Среди нарративных жанров упомянуты эпические жанры *ситабы* и *дюрымы*, песенные индоевропейские сказания *кайңгарюо*. Среди обрядовых жанров описаны круговые танцы *бетырся* во время общественных сезонных праздников, которые сопровождаются горлохрипением на вдох и выдох *ңарка кунты* – подражанием «голосу медведя». Шаманская музыка нганасан охарактеризована как многоголосное интонирование шамана *ңо* и подпевающих ему помощников *туоптуси*. Приводятся названия шаманских песен *ңада балы*, которые звучат на разных этапах обряда: *ңабатачиэ балы* (песня, созывающая духов), *тарарса балы* (дорожная песня), *хоситапися балы* (песня гадания), *ңантами балы* (обращение-просьба к духам). Шаманские обряды звучат под аккомпанемент бубна *хендир* или посоха *чире* с колокольчиком, в качестве заменителя бубна могут использоваться крюк для подвешивания котла над очагом *хоу* или палочка-бойок с позвонками *хета'а*. «В зависимости от статуса шамана или характера обряда <...> практикуется два типа позвонков: *х'э* – малый набор подвесок-погремушек на костюме и *ках'а* –

большой. В качестве позвонков (*сойбиту*) на атрибутах шамана используются: *ла* – металлические кольца, *быдылаң* – конусообразные трубочки, изображающие перья птицы, *бадямуо* – пластины, изображающие духов, *саңку* – большие и малые язычковые колокольчики, *сиңэри* – бубенчики (шаровые погремушки)» [6, с. 29]. Ученый указывает на подвески-погремушки, выполнявшие роль звукового оберега маленького ребенка: *дяптудэ* (кольцо с нанизанными трубочками, пришивается на детскую одежду), *нюэлапсэ* (комплект подвесок из костей, клювов и когтей, реже металлических предметов – гильз, монет – на колыбели), упоминает подвески *хоңэ* на праздничной одежде. Термином *дэрэва* называли 3 разных инструмента из дерева, использовавшиеся для отпугивания волков, подманивания оленей и как звуковая игрушка. «Вихревой аэрофон – жужжалка *сани херы* и вращаемая завывалка *беа херы* известны как детские игрушки, но в прошлом выполняли ритуальную функцию по установлению магической связи с ветром» [6, с. 30]. Аэрофоны в канале представлены пищалкой из гусяного пера *дебту чюэ сючарса*, свистком из тальника *лянса сючарса*, цилиндрическим свистком-флейтой из трубчатой травы *аника'а нётта'а сючарса*. Хордофоны – жильной струной *сечи киририэ*, «поющим луком» *койңинтэ динтэ*.

Музыка долган характеризуется в разделе «Северо-тюркские народы Сибири» наряду с музыкой тофаларов и саха (якутов). В отношении долган указано наличие обширной жанровой системы, которую составляют пять сфер: эпос *олоңко*, песни *ырыа*, обрядовая музыка (круговые танцы *һэйро*, *оһуокай*, *үңкүү*, а также шаманские обряды), сигнальные системы (звукоподражания голосам животных и птиц, которые использовались на охоте и в обрядовой практике) и фоноинструменты. Упомянуты хозяйственные и обрядовые ин-

струменты: ботало на шее оленя *каан-галда*, ботало-колокол на шее упряжного оленя *купулаан* для отпугивания волков, шаровые бубенцы *кобо* на праздничной одежде детей и женщин и на шаманском облачении, колокольчики на детской одежде и колыбели *чуораан*, звуковые украшения-подвески на одежде *тингкинэс* или *кингкилээн*. В шаманском обряде использовался бубен *дүңүр*, шаманский ремень с тремя колокольчиками *ситим*, символизирующие кости и перья шамана подвески *кыыһаан*. Среди музыкальных инструментов и звуковых игрушек названы: дуговой варган *баргаан*, пластинчатый костяной варган *унгуох баргаан*, лук/музыкальная игрушка *аланга (ох)*, вихревой аэрофон *тимэк* «пуговица», *иһирээр* – свисток из тальника либо пищалка из гусиного пера [6, с. 84–86].

Музыка эвенков рассмотрена в разделе «Тунгусские народы Сибири» наряду с музыкой эвенков. В данном разделе указано, что феноменологическим свойством эвенкийской музыки является существование множества локальных отличий, обусловленных широким расселением эвенков на всей территории Северной Азии. В связи с огромным количеством отличий, пишет исследователь, в каждой из локальных групп следует отметить результаты активного взаимодействия эвенкийской музыки с музыкальными традициями соседних народов. Он рассматривает основные жанровые пласты эвенкийской музыки: песенно-гимнический, песенно-танцевальный, эпический, шаманский, фоноинструменты. В целом данный раздел получился весьма обширный [6, с. 36–41], в нем приводится большой объем информации по каждому из выявленных жанровых пластов, в которой суммируются музыковедческие данные по следующим диалектным группам эвенков: северонисейская, южнонисейская, прибайкальская, витимо-олёкминская, алданозейская, охотская с их более мелкими подразделениями.

Помимо рассмотренной нами публикации «Музыкальная культура народов Северной Азии», многочисленные сведения о музыке народов Таймыра имеются в монографии «История музыкальной культуры народов Сибири» [2]. В этой монографии в ходе сравнительного исследования эволюционного развития музыкальных инструментов, сигналов, песенных жанров народов Сибири привлечено огромное количество фактического материала по отдельным музыкальным культурам. Особую ценность имеет помещенный в качестве приложения обширный «Словарь музыкально-этнографических терминов», разделы которого посвящены отдельным языкам и языковым группам народов Сибири: самодийские языки [2, с. 417–426], тунгусо-манчжурские языки и локальные группы [2, с. 428–452], тюркские языки [2, с. 452–474]. В данном словаре приведена вся известная национальная терминология, на основе которой производится сегментация музыкальной культуры: выявляются жанры, инструменты, типы интонирования, традиции народного исполнительства, параметры музыкально-выразительных средств.

Среди изданий современного типа необходимо выделить мультимедийное учебное пособие «Музыкальная культура народов Северной Азии: Самодийские и Енисейские народы», подготовленное Ю.И. Шейкиным в соавторстве с А.Р. Баторовым для студентов Арктического государственного института культуры и искусств [7]. Оно включает не только подробные текстовые описания разных жанров музыки нганасан, ненцев, энцев и селькупов, но большое количество иллюстраций – фотографий, аудиозаписей звучания музыкальных произведений, видеозаписей исполнения обрядовых, инструментальных, танцевальных традиций.

Заканчивая статью, необходимо упомянуть о музыковедах, воспитанниках научной школы Ю.И. Шейкина, кто ис-

следовал музыкальные традиции проживающих на Таймыре народов. Это Наталья Михайловна Скворцова – автор музыковедческой статьи в академическом издании «Фольклор ненцев» [8] и других публикаций по музыке ненцев. Вера Семеновна Никифорова, в 1990-х гг. побывавшая в нескольких экспедициях

в поселках проживания долган в Хатангском и Дудинском районах, собрала и опубликовала материалы по песенному и эпическому фольклору долган [9; 10]. Автор данной статьи также является представителем научной школы Ю.И. Шейкина и, начиная с 1989 года и до сих пор, изучает музыку народов Таймыра.

Список источников

1. Игнатьева Т.И., Никифорова В.С. Научная школа профессора Юрия Ильича Шейкина: этапы становления и перспективы исследований // Традиционная культура. 2024. Т. 25. №3. С. 12–22.
2. Шейкин Ю.И. История музыкальной культуры народов Сибири: Сравнительно-историческое исследование / под ред. Е.С. Новик; нотография Т.И. Игнатьевой. М.: Вост. лит. РАН, 2002. 718 с.
3. Добжанская О.Э. Экспедиция на Таймыр (август 1989 года) // Музыкальная Вселенная Юрия Шейкина. Якутск: Бичик, 2017. С. 30–37.
4. Айзенштадт М.А., Шейкин Ю.И. Музыка эвенкийских сказаний // Эвенкийские героические сказания. Новосибирск: Наука, 1990. С. 89–124.
5. Шейкин Ю.И., Добжанская О.Э. Обрядовые песнопения и лирические песни эвенков // Обрядовая поэзия и песни эвенков /

- сост. Г.И. Варламова, Ю.И. Шейкин. Новосибирск, 2014. С. 42–78.
6. Шейкин Ю.И. Музыкальная культура народов Северной Азии. Якутск, 1996. 123 с.
7. Шейкин Ю.И., Баторов А.Ф. Музыкальная культура народов Северной Азии: мультимедийное учеб. пособие. Ч. 1. Самодийские и Енисейские народы. Якутск: АГИКИ, 2010.
8. Скворцова Н.М. О музыке традиционных ненецких песен // Фольклор ненцев / сост. Е.Т. Пушкарева, Л.В. Хомич. Новосибирск: Наука, 2001. С. 50–86.
9. Фольклор народов Таймыра. Долганские песни / Таймырский окруж. центр народ. творчества; сост. К.И. Лабанаускас; нотировка В.С. Никифорова, А.В. Корюков. Дудинка, 1993. 88 с.
10. Никифорова В.С. Музыка долганских эпических сказаний // Сибирские чтения. СПб., 1992. С. 79–81.

References

1. Ignatieva T.I., Nikiforova V.S. The scientific school of Professor Yuri Ilyich Sheikin: stages of formation and research prospects. *Traditional culture*. 2024;25(3):12–22. (In Russ.).
2. Sheikin Yu.I. History of musical culture of the peoples of Siberia: Comparative historical research / ed. by E.S. Novik; notography by T.I. Ignatieva. M.: East. lit. RAS, 2002. 718 p.
3. Dobzhanskaya O.E. Expedition to Taimyr (August 1989) // The Musical Universe of Yuri Sheikin. Yakutsk: Bichik Publ., 2017. Pp. 30–37.
4. Eisenstadt M.A., Sheikin Yu.I. Music of the Evenk legends // Evenk heroic tales. Novosibirsk: Nauka Publ., 1990. Pp. 89–124.
5. Sheikin Yu.I., Dobzhanskaya O.E. Ritual chants and lyrical songs of the Evenks // Ritual poetry and songs of the Evenks / comp.

- G.I. Varlamova, Yu.I. Sheikin. Novosibirsk, 2014. Pp. 42–78.
6. Sheikin Yu.I. Musical culture of the peoples of Northern Asia. Yakutsk, 1996. 123 p.
7. Sheikin Yu.I., Batorov A.F. Musical culture of the peoples of Northern Asia: multimedia textbook. stipend. Part 1. Samoyed and Yenisei peoples. Yakutsk: AGIKI, 2010.
8. Skvortsova N.M. About the music of traditional Nenets songs // Folklore of the Nenets / comp. E.T. Pushkareva, L.V. Khomich. Novosibirsk: Nauka Publ., 2001. Pp. 50–86.
9. Folklore of the peoples of Taimyr. Dolgan songs / Taimyr district. The people's center. K.I. Labanauskas; notes by V.S. Nikiforov, A.V. Koryukov. Dudinka, 1993. 88 p.
10. Nikiforova V.S. Music of Dolgan epic tales // Siberian Readings. SPb., 1992. Pp. 79–81.

Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 88–94.
Scientific Bulletin of the Arctic. 2025;(18):88–94.

Социогуманитарные науки

Научная статья

УДК 376.42

doi: 10.52978/25421220_2025_18_88–94

**ЦИФРОВАЯ КУЛЬТУРА КАК НОВОЕ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ ВЕЯНИЕ. ЧАСТЬ 1**

Петров Алексей Михайлович

Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, Норильск, Россия

E-mail: PetrovAM@norvuz.ru

Попов Антон Николаевич

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

E-mail: 264241@mail.ru

Барановская Елена Николаевна

Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, Норильск, Россия

E-mail: BaranovskayaEN@norvuz.ru

Аннотация. В статье рассматривается формирование такой дисциплины, как «Цифровая культура». Это новая дисциплина, абстрактно предлагаемая для реализации в образовательном процессе высшего учебного заведения. Статья разбита на две части и целостно представляет собой описание не только формального проведения каждого занятия в рамках дисциплины, но и их концептуальную взаимосвязь.

Ключевые слова: цифровая культура, лонгриды, проектная деятельность, визуализация данных.

Для цитирования: Петров А.М., Попов А.Н., Барановская Е.Н. Цифровая культура как новое междисциплинарное веяние. Часть 1 // Научный вестник Арктики. 2025. №18. С. 88–94. https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_88–94.

Humanities sciences

Original article

DIGITAL CULTURE AS A NEW INTERDISCIPLINARY TREND. PART 1

Alexey M. Petrov

Fedorovsky Polar State University, Norilsk, Russia

E-mail: PetrovAM@norvuz.ru

Anton N. Popov

Tyumen State University, Tyumen, Russia

E-mail: 264241@mail.ru

Elena N. Baranovskaya

Fedorovsky Polar State University, Norilsk, Russia

E-mail: BaranovskayaEN@norvuz.ru

Abstract. This article examines the formation of such a discipline as «Digital Culture». This is a new discipline, abstractly proposed for implementation in the educational process of a higher educational institution. The article is divided into two parts and is a holistic description of not only the formal conduct of each lesson within the discipline, but also their conceptual relationship.

Keywords: digital culture, longreads, project activities, data visualization.

For citation: Petrov A.M., Popov A.N., Baranovskaya E.N. Digital culture as a new interdisciplinary trend. Part 1. *Scientific Bulletin of the Arctic*. 2025;(18):88–94. (In Russ.). https://doi.org/10.52978/25421220_2025_18_88–94.

Введение. Мир вокруг нас меняется, и меняется очень быстро. Много сотен тысяч лет назад глобальные перемены, затрагивающие изменения в мышлении

и жизнедеятельности человека, происходили намного медленнее. Десятки тысяч лет, затем тысячи лет, сотни лет – столько требовалось человечеству, чтобы произошли существенные перемены.

Сейчас мы живем в эпоху быстро сменяющихся событий – изменений. И эти изменения уже не только касаются привычного уклада жизни человека. Они касаются его мышления, поведения, его осознанного и не осознанного восприятия мира.

С того момента, как в жизнь каждого человека вошли цифровые технологии, стал меняться обычный и привычный нам уклад жизни. Изменилось восприятие мира и разного рода происходящих событий: от мировых до локальных, происходящих с нами, друзьями и знакомыми, стали меняться формат и форма общения, коммуникации с другими людьми стали возможными даже не смотря на огромные расстояния.

Но изменились ли способы бытия человека? Давайте представим картину «Утро в сосновом лесу» художника Ивана Шишкина. Каждый из нас легко может это сделать. Представьте, что вы идете по Третьяковской галерее и видите данную картину, а рядом с картиной, написанной художником, видите в таком же размере ее цифровую копию, которая выглядит абсолютно так же, как оригинал. Задумайтесь, сможете ли отличить копию от оригинала? Возможно. Но не все смогут это сделать: большинство из нас не сможет отличить или делает это с большим трудом.

Изменим ситуацию. Представим, что на соседней стене, рядом с оригиналом и точной копией картины «Утро в сосновом лесу» в таком же размере и рамке висит качественно сделанная цифровая фотография, которую фотограф снял с цифровой копии картины. И вот нас окружает уже три изображения картины, среди которых есть один оригинал.

Добавим еще одну составляющую. В нашем воображении поместим на соседнюю стену картину, созданную с помощью современной компьютерной программы. И мы смотрим уже на четыре картины. Представьте данную ситуацию. Задумайтесь, какой вопрос первым

возникнет в нашем сознании? Еще совсем недавно мы постарались бы определить оригинал, чтобы зрительно прикоснуться к великому шедевру. Но сегодня эстетическое восприятие подверглось трансформации, и наступил тот момент, когда возникают споры о равной ценности картин, созданных с помощью искусственного интеллекта, когда созданные искусственным интеллектом «шедевры» вытесняют в информационной и цифровой среде работы художников [1].

Следуя логике рассуждений, со следующим вопросом можно задуматься о реальности себя как человека, придумавшего в своем мире фантазий четыре версии одной художественной картины. Отметим, что границы искусственного и естественного миров начинают сближаться, а порой и проникать друг в друга.

Наш мир находится в динамике изменений, когда одни события непрерывно, с большой скоростью сменяют другие. И эти события затрагивают не только технологии. Меняется сам человек. И в нашу современную эпоху потребления уже основательно проникли новые, цифровые измерения. И сейчас человек существует не только в физическом измерении. Происходит трансформация физической идентичности человека: мы активно учувствуем в этом процессе и наблюдаем, как существенно отличаются поведенческие характеристики и характер поведения каждого человека в обычно и цифровом пространстве.

Формируется новый способ бытия. Важнее действия становится слово. Создаются новые правила, законы и практики, формируются поведенческие шаблоны. Фактически происходит создание новой культуры.

Постановка задачи. Новый мир, новая культура требуют наличие собственных стратегий. И, возможно, новая культура будет являться комбинацией некоторых факторов и стратегий. Как пример, при переносе старых ценностей в новую культуру необходимо понять, как

эти ценности соотносятся с новой культурой и как наладить это преемственный переход. Ведь фактически такого рода трансформация дает через призму переосмысления совершенно новый информационный массив данных и знаний – новые ценности. Но скорость, с которой происходят изменения и трансформация новой культуры, потребует отвернуться от некоторых ценностей прошлого. Разные комбинации такого рода стратегий и новых ценностей создают огромное облако возможностей для развития новой, цифровой культуры.

Осознание правил трансформации, соотношения цифровых и материальных интересов будущего с мыслительными процессами, частично протекающими по закону прошлого, позволяет задавать ряд вопросов. Как и какой культурой мы обладаем, существуя в «цифре»? Как правильно сформировать элементы и ценности такой культуры, для себя, для общества в целом? И что можно отнести к категориям ценностей новой, цифровой культуры? И, наверное, один из самых важных вопросов: каким должен быть переходный процесс?

В основе создания цифровой культуры находятся несколько форматов мышления. Один из основных базируется на формировании универсальных компетенций. Мы знаем, что в каждой культуре существует ряд физических понятий, которые не меняются: воздух, земля, вода и другие. Помимо физических понятий, универсальными также могут быть физические и психологические «признаки» человека [2]. С новой, цифровой культурой, как с формой существования «дополненной» (дополнительной) реальности, трансформируется сам контекст некоторых определений и понятий. Они приобретают новые смыслы.

Цифровая культура, как неизбежно вошедшая в нашу жизнь реальность, создает новые практики, позволяющие преодолевать разрыв между старыми формами культуры и современными по-

веденческими характеристиками человека. Фактически проявляется новый способ бытия. Формируется новая система, имеющая сложную структуру и уникальную, постоянно находящуюся в динамике, онтологию цифры.

Мы видим, как меняется мир вокруг нас, меняются понятие «цифры» и «цифрового мира». Меняется и наше восприятие происходящего, чем глубже мы погружаемся в цифровую культуру. Интуитивно каждый из нас чувствует и понимает, что процесс трансформации происходит непрерывно. Но с ощущением непрерывности не каждый человек, вовлеченный прямо или косвенно в трансформационный процесс проникновения цифровой культуры в общество, способен описать происходящее. Настолько быстро происходят изменения и трансформация, что не каждый индивид общества способен выразить в понятийной форме суть происходящего.

Практика. «Цифровая культура» как предмет в системе высшего образования позволяет создавать условия для формирования ряда новых практик: умения глубже понимать суть геймификации и игрофикации при создании игр, понимание принципов визуализации данных, умение писать программы, фактически позволяя окунуться в систему практик, через освоение которых можно зайти в эту культуру. Применение новых навыков в практической форме позволит современному студенту материализовать на практике новые способы бытия, что позволяет на метаморфическом уровне рассуждать о проявлении умственной гигиены современной эпохи [3].

Развитие цифровых технологий, появление новых устройств, форматов и форм обучения, появление новых форм представления информации: все это позволяет по-новому взглянуть на такое понятие, как «компетенция». В классическом понимании ряда авторов, компетенция (от латинского слова *competere* – соответствовать, подходить) представ-

ляет собой способность применять знания, умения и практический опыт при решении общих задач широкой сферы деятельности. Рассматривая глубже это понятие, можно расширить восприятие данного определения, считая, что компетенция включает и совокупность ряда связанных личностных качеств (а также знаний, умений, навыков и способов деятельности), которые могут быть заданы к определенному направлению деятельности, процессов, и которыми необходимо оперировать для качественной деятельности по отношению к этим направлениям.

Фактически в современном мире компетенция представляет собой способность управления процессом или функцией, с принятием «правильных» решений, позволяющих качественно и продуктивно реализовывать данный процесс или функции с наименьшими потерями для сферы деятельности.

Говоря о компетентности того или иного человека, подразумевается владение данным человеком некоторым набором компетенций, которые в своем сочетании способствуют проявлению его личностной самореализации при решении ситуационных задач.

Современное профессиональное образование подразумевает возможность подготовки квалифицированного участника трудовой деятельности необходимого уровня и профиля с возможностью переориентации на смежные направления.

Изменения в цифровом пространстве позволяют по-другому взглянуть на понятия «компетенция» и «компетентность». Новые технологии, новые программные и платформенные решения меняют образовательный процесс, меняют и ожидания от него. Практически каждый студент, как член общества, погруженный в цифровую среду и потребляющий контент социальных и медиа платформ, ожидает получения знаний в легком формате с применением клипового мышления. Потребление клипового

контента всемирной сети Интернет выработывает в современных студентах ожидание яркой и легкой подачи учебного материала.

Однако, несмотря на развитие цифровых технологий, должны осознавать, что не все компетенции, в том числе универсальные, возможно полноценно освоить с помощью цифровых технологий, в том числе цифровых двойников, имеющих разные уровни погружения с применением виртуальной и дополненной реальности. Для освоения компетенции или нескольких компетенций, даже универсальных, необходимо моделирование функции или процесса в реальной форме с частичным погружением в ситуативные условия. В этом случае цифровые технологии являются вспомогательными ресурсами и инструментами, помогающими глубже погрузиться в необходимый процесс, а также эффективно использовать ряд ресурсов для текущей, а также других задач (например, время, финансы и т.д.).

Для более глубокого проникновения в цифровую грамотность и приобщения к культуре цифрового мира в Тюменском государственном университете было рассмотрено внедрение курса «Цифровая культура» в 2019–2020 учебном году. Дисциплина была запланирована на первом курсе для студентов всех направлений обучения университета и представляла собой 28 аудиторных встреч, из которых 12 часов было отведено на лекции, 20 часов (10 встреч) – на лекционно-практический модуль, 20 часов – на лабораторный модуль программы и 4 консультации.

Управление индивидуальных образовательных траекторий рассматривало на начальном этапе внедрения курса освоение студентами ряда следующих сложных универсальных компетенций [4]:

1. Развитие опыта создания цифровых проектов/продуктов с использованием различных форм представления контента.

2. Освоение способности «цифрового» взаимодействия внутри команды.

3. Развитие опыта взаимодействия с отдельными цифровыми инструментами с возможностью дальнейшего самостоятельного более глубокого погружения в них.

Дисциплина предполагала параллельное изучение двух дисциплин с общим командным проектом по завершению семестра. Студенты имели возможность получить первичные навыки ведения научной деятельности на дисциплине «Россия и мир», где они распределялись по мастерским и им представлялась возможность в команде проводить научные исследования на понравившуюся тему.

Дисциплина «Цифровая культура» предусматривала изучение ряда базовых направлений развития цифрового мира, дополняемых цифровыми инструментами и фреймворками, что по итогу изучения дисциплины позволяло упаковать исследовательский проект с мастерских «Россия и мир» в яркий и красочный продукт и раскрыть на экзамене исследовательскую тематику в презентационном защитном слове. Фактически итоговая презентация научного исследования представляет собой «упакованный», но доступный и понятный для восприятия проект в web-среде (сайт) с разной формой авторского представления контента: видео ролики, инфографика, аниматика. Представленный проект должен быть нацелен на определенную аудиторию и полноценно раскрывать тему проекта и глубину проведенного исследования.

Цифровая культура как дисциплина содержала отдельно лекционный блок, состоящий из 6 встреч и следующие лекционно-практические модули:

1. Анализ и обсуждение кейсов цифровизации: сайт/лонгрид.

2. Анализ и обсуждение кейсов цифровизации: инфографика, базы данных, карты.

3. Анализ и обсуждение кейсов цифровизации: мультимедиа, видео, аниматика.

4. Анализ и обсуждение кейсов цифровизации: игра.

5. Анализ и обсуждение кейсов цифровизации.

6. Обсуждение реализации группового проекта.

Каждый лекционно-практический модуль был подкреплён дополнительной встречей с проведением лабораторных работ для проработки навыков и закрепления изученного материала на практике.

Лабораторные работы по дисциплине содержали следующую тематику:

1. Создание сайтов/лонгридов на web-платформах.

2. Создание инфографики/базы данных/интерактивной карт.

3. Создание мультимедиа, видео, аниматики.

4. Создание игр.

5. Реализация группового проекта.

Как было сказано выше, дисциплина заканчивалась комплексной защитой проекта перед Комиссией, состоящей из преподавателей двух изучаемых дисциплин «Россия и мир» и «Цифровая культура».

Рассмотрим подробнее наполнение дисциплины и направление материала для изучения студентами «Цифровой культуры».

Лекционный блок затрагивал большой объем информации об истории и философии развития цифрового контента, продуктов, услуг, сервисов: история медиа, цифровые сервисы, продукты, консультанты, цифровая революция и большие данные, компьютерное зрение, кибербезопасность и другие. Погружение в формат развития цифры через историю и философию позволило посеять зачатки размышления среди студентов относительно места цифры и цифрового мира в современном мире и жизни каждого человека, в том числе и самого студента. Это представило возможность показать, как происходили из-

менения в мышлении человека с трансформацией товаров и услуг, появлением новых, цифровых сервисов.

Лекционно-практические встречи были более приближены к цифровому инструментарию, необходимому для цифровой упаковки исследовательского проекта. Так, на первой встрече детально разбирались развитие сайтостроения: какие исторические революционные этапы прошло данное направление, как оно менялось с течением времени, какие решения и особенности существуют в настоящее время. Форма занятий позволяла вовлечь студентов в дискуссию и давала возможность поделиться личным опытом использования web-среды для объединения разного контента при проектной деятельности или личных целей.

Лабораторная работа, последующая за тематической лекционно-практической встречей, закрепляла полученные знания и обмен опытом на практике. Студенты в индивидуальной форме создавали тематический лендинг, на котором размещали разного вида контент (текст, графика, видео), соответствующий выбранной тематике. Такое погружение позволяло быстро окунуться цифровой инструмент, освоить основные принципы и минимальные навыки работы с ним, преодолеть страх барьер работы с цифровым контентом и инструментами в целом.

На следующей лекционно-практической встрече рассматривалось визуализация данных, эволюция инфографики, история развития интерактивных карт, клиповое мышление. Лабораторное занятие предусматривало творческое задание по созданию цифровой инфографики: визуализацию некоторого массива данных и представление его с учетом подходящих правил, поиск и трансформацию информационного массива данных в необходимый тематически подходящий цифровой визуальный формат представления. Индивидуально выполнялись задания по размещению созданной инфографики в web-среде –

лендинге, созданном в результате выполнения предыдущей работы.

Третья встреча по дисциплине «Цифровая культура» погружала студентов в мир мультимедиа и аниматики. Погружение в историю и возможность участия в рассуждениях на лекционно-практической встрече о расширенном информационном массиве данных при использовании аниматики дает возможность студентам провести анализ применения и выработать критическое осмысление главного смысла аниматики, дает возможность прочувствовать экскурсионную и дискурсивную часть информационного массива, представленного в анимированном виде.

Изучая материал, к слушателям приходит понимание того, что анимационное движение – это прежде всего возможность эмоционального воздействия и взаимодействия источника с аудиторией. Студенты проникаются мыслью, что даже легкие движения способны вызвать эмоциональную составляющую, отличную от тех чувств, которые рождаются при просмотре статичного изображения. И это лишь часть функциональных возможностей мультимедиа. Лабораторное занятие по данной тематике позволяет на практике с помощью цифрового инструмента создать анимационную историю: интерактивную карту, анимационную тематическую картину. Дополнительно студенты знакомятся с возможностью и функционалом ряда цифровых инструментов, которые могут быть использованы ими при командной работе над научным проектом.

Четвертая встреча содержала тему «Игры». Через призму исторического развития студенты погружаются в семантический смысл древних игр, понимая основные принципы и смыслы, заложенные в первобытных играх. Учатся различать, какая симуляция деятельности заложена в ту или иную игру, сопоставляя с первобытными временами. Просят рассмотреть и оценивают, как измени-

лись те или иные игры с развитием и изменением человечества. С учетом современности рассматриваются особенности термина геймификации (игрофикации). Изучаются кейсы современного программного обеспечения, содержащие принципы персональной геймификации. По истечении встречи у студентов формируется понимание применения игровых методик в неигровых цифровых и не цифровых продуктах. Приходит осознание важности погружения в данную тематику с учетом их личных и профессиональных интересов.

Четвертая встреча по дисциплине «Цифровая культура» подразумевает 4 неделю обучения. К этому времени студенты уже обладают необходимым пониманием научного исследования, которое они проводят согласно выданной тематике мастерской дисциплины «Россия и мир», имеют определенные наработки, знают объем проводимого исследования, инструменты и имеют представление, в каком виде будет представлен конечный результат.

С пятой лекционно-практической встречи начинается групповая работа над созданием цифрового проекта по исследуемой теме. На этой встрече необходимо сориентировать студентов по тому, как применить полученные на предыдущих встречах знания к реальной научно-практической задаче. При этом необходимо учитывать, что проекты у каждой мини группы (команды) индивидуальны и необходимо выбрать свой формат и уровень упаковки проекта для итоговой презентации. Это значит, что команде на этом этапе необходимо разработать гибкую дорожную карту работы над проектом, определить сильные и слабые стороны команды, узнать способности и интересы членов, распределить обязанности и вести контроль исполнения функционала дорожной карты вне занятий по дисциплине «Цифровая культура». Фактически сделать все, чтобы существующие ресурсы команды проекта были распределены эффективно и все поставленные задачи были выполнены в запланированные сроки.

Список источников

1. Петров А.М., Володина К.А., Беляева Т.А. Роль психофизиологических особенностей человека в его профессиональном развитии // Образование и саморазвитие. 2019. №4. С. 63–71.
2. Петров А.М., Абдурахимов А.А.У., Анваров А.А.У. Разработка игропрактики для обучения студентов коррекционных групп профессиональным дисциплинам // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2017. №4(21). С. 151–153.

3. Петров А.М., Ширшов И.В. Разница применения контекстного обучения в образовательных организациях // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2018. №1(22). С. 159–161.
4. Петров А.М., Андреев Л.Н. Особенности преподавания специальных дисциплин в коррекционных группах // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2017. №1(18). С. 302–305.

References

1. Petrov A.M., Volodina K.A., Belyaeva T.A. The role of a person's psychophysiological characteristics in his professional development. *Education and self-development*. 2019;(4):63–71. (In Russ.).
2. Petrov A.M., Abdurakhimov A.A.U., Anvarov A.A.U. Development of game practice for teaching students of correctional groups professional disciplines. *Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology*. 2017;4(21):151–153. (In Russ.).

3. Petrov A.M., Shirshov I.V. The difference in the use of contextual learning in educational organizations. *Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology*. 2018; 1(22):159–161. (In Russ.).
4. Petrov A.M., Andreev L.N. Features of teaching special disciplines in correctional groups. *Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology*. 2017;1(18):302–305. (In Russ.).

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского» приступил к формированию очередного номера научно-практического журнала «Научный вестник Арктики», ISSN 2542–1220.

Целью издания журнала является широкое освещение положительного опыта интеграции теоретических и прикладных исследований актуальных проблем развития современного образования, науки и производства, информационно-методическое обеспечение в системе подготовки будущих специалистов.

Тематика журнала включает следующие направления:

- технические науки;
- естественно-научные дисциплины;
- социогуманитарные науки.

Приглашаем Вас принять участие в выпуске журнала.

Материалы просим представить до **15.02** и **15.10** текущего года в соответствии с прилагаемыми требованиями для прохождения рецензирования.

Статьи, полученные редакцией позже указанного срока, будут рассматриваться для публикации в следующем номере журнала.

Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИЙ

1. Автор высылает в редакцию электронную версию статьи по электронной почте с указанием тематического направления. Статья должна быть подписана автором.

Каждый из авторов заключает лицензионный договор на право использования результата интеллектуальной деятельности. Для иногородних авторов образец договора присылается на адрес электронной почты (сканированная копия договора, подписанная автором, пересылается на адрес электронной почты редакции).

2. К статье обязательно прилагаются ее название, Ф.И.О. авторов, аннотация (не более 5–6 строк), ключевые слова (не более 10 слов), пристатейный библиографический список.

3. Сведения об авторах должны включать: фамилия, имя, отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, домашний и служебный адрес, телефоны, электронный адрес. Если авторов несколько, указать, с кем из них вести переписку.

4. Информация на английском языке: Ф.И.О. автора, название статьи, аннотация, ключевые слова, список источников, место работы, должность, ученая степень, звание.

5. Объем статьи не должен превышать 16 страниц текста формата А4, включая таблицы и рисунки, список литературы. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 14, интервал – полуторный.

6. Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, набранные в редакторе формул. Нумеруются только те формулы, на которые имеются ссылки.

7. Иллюстрационный материал должен быть выполнен четко, в формате, обеспечивающем ясность передачи всех деталей, и быть пригодным для прямого воспроизведения.

Таблицы должны иметь заголовки. Допускаются только общепринятые сокращения.

8. Библиографический список приводится в конце статьи в порядке упоминания. В тексте должны быть ссылки на литературу в квадратных скобках. Библиография должна быть оформлена согласно ГОСТ Р7.05–2008.

9. Редакция оставляет за собой право в случае необходимости редактировать и сокращать статьи.

Материалы публикуются на безгонорарной основе. Плата за публикацию статей с авторов не взимается.

Адрес редакции:

663310, г. Норильск, ул. 50 лет Октября, 7,

ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского».

Тел. 8(3919) 45-70-41, доб. 144

E-mail: rio@norvuz.ru

Научное издание

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК АРКТИКИ

Подписано в печать 28.03.2025.
Бум. для копир.-мн.ап.
Гарнитура *Century*. Печать плоская.
Тираж 100 экз. Зак. 1.

663310, Норильск, ул. 50 лет Октября, 7.
E-mail: rio@norvuz.ru