

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
Ямало-Ненецкого
автономного округа

Scientific Bulletin
of the Yamal-Nenets
Autonomous District

Российская Федерация
Ямало-Ненецкий автономный округ
Государственное автономное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа
«Научный центр изучения Арктики»

ISSN 2587-6996 (печатное издание)

ISSN 2782-5442 (электронное издание)



№ 1 (122)

январь-март

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК Ямало-Ненецкого автономного округа

Scientific Bulletin
of the Yamal-Nenets
Autonomous District

Salekhard 2024

Научный журнал
Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа
Издается с 1999 года по инициативе Правительства Ямало-Ненецкого
автономного округа
В год 4 номера

Главный редактор

А.Н. Громадский – Научный центр изучения Арктики (Салехард, Россия).

Редакционная коллегия:

Е.В. Абакумов – д-р биол. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета (Санкт-Петербург, Россия);

В.Д. Богданов – д-р биол. наук, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург, Россия);

Ю.К. Васильчук – д-р геол.-минерал. наук, действительный член РАЕН, профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия);

Е.А. Вознесенский – д-р геол.-минерал. наук, профессор, институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (Москва, Россия);

С.Н. Гашев – д-р биол. наук, профессор Тюменского государственного университета (Тюмень, Россия);

А.В. Головнев – д-р ист. наук, профессор, член-корреспондент РАН, Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН (Санкт-Петербург, Россия);

А.А. Егоров – канд. биол. наук, Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия);

В.В. Кириллов – канд. биол. наук, Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул, Россия);

Р.А. Колесников – канд. геогр. наук, Научный центр изучения Арктики (Салехард, Россия);

И.А. Комаров – д-р геол.-минерал. наук, профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия);

Ю.П. Курхинен – д-р биол. наук, профессор, Университет Хельсинки (Финляндия), Карельский научный центр РАН (Россия);

Е.Н. Моргун – канд. биол. наук, Научный центр изучения Арктики (Салехард, Россия);

Д.В. Московченко – д-р геогр. наук, Тюменский научный центр СО РАН (Тюмень, Россия);

А.Н. Пилясов – д-р геогр. наук, профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия);

А.В. Соромотин – д-р биол. наук, профессор Тюменского государственного университета (Тюмень, Россия);

В.Е. Тумской – д-р геол.-минерал. наук, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (Якутск, Россия);

А.В. Хорошев – д-р геогр. наук, профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия);

Л.Н. Хрусталеv – д-р техн. наук, профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия);

С.Р. Чалов – д-р геогр. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия);

Д.В. Черных – д-р геогр. наук, Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул, Россия);

Г.Ю. Ямских – д-р геогр. наук, профессор Сибирского федерального университета (Красноярск, Россия).

Редакция:

В.В. Пономарев – зам. главного редактора, Научный центр изучения Арктики;

Е.А. Сухова – корректор, Научный центр изучения Арктики.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Федин К.В., Шеин А.Н., Грушкевич Д.В.

Диагностика устойчивости конструкций зданий детских садов
в г. Салехарде, построенных по принципу сохранения мёрзлых
грунтов в основании 6

Синицкий А.И., Плесовских К.А., Пушкарев В.Е.

Тепловизионная диагностика единичных
сезоннодействующих охлаждающих устройств 21

Щев С.Д.

Управление рисками проекта при строительстве
в условиях Крайнего Севера 37

ГЕОФИЗИКА И ГЛЯЦИОЛОГИЯ

Шеин А.Н., Иванов М.Н., Носенко Г.А., Лаврентьев И.И.

Исследования ледников ИГАН,
Анучина и Фотогеодезистов в 2023 г. 50

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Колесников Р.А., Печкин А.С., Красненко А.С., Шинкарук Е.В.

Гидроэкологическое состояние рек Пякупур и Котутояха
в зоне воздействия объектов Восточно-Пякутинского
нефтегазоконденсатного месторождения 70

**Недбаев И.С., Колесников Р.А., Локтев Р.И., Брючко М.А., Хохлова Л.П.,
Шацкова С.А., Артамонова А.А.**

Особенности почв Приуральского района
Ямало-Ненецкого автономного округа 92

ЭКОЛОГИЯ

Левых А.Ю., Ганжерли Н.В., Исаев В.С.

Второй международный научный онлайн-семинар

«Актуальные вопросы изучения арктических и субарктических

экосистем в условиях глобальных изменений

природной среды и климата» 108

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ,
МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ**

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Научная статья

УДК 624.139, 550.8

doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.001

ДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ ДЕТСКИХ САДОВ В Г. САЛЕХАРДЕ, ПОСТРОЕННЫХ ПО ПРИНЦИПУ СОХРАНЕНИЯ МЁРЗЛЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ

**Константин Владимирович Федин¹, Александр Николаевич
Шеин², Дмитрий Владимирович Грушкевич³**

^{1,3}Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука,
СО РАН, Новосибирск

²Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

¹FedinKV@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9710-8944>

²A.N.Shein@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6520-0551>

³Create.pro@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены результаты полевых экспериментов, демонстрирующих возможность обнаружения потери стабильности конструкций зданий по данным, полученным на сваях и основании зданий методом стоячих волн. Анализ вертикальных стоячих волн сжатия-растяжения в свае под действием шумов позволяет контролировать ее длину и качественное закрепление нижнего конца. В результате на обследуемых объектах обнаружено 49 висячих свай или 9,86%. Установлены зоны повышенных амплитуд, которые соответствуют скрытым трещинам и повышенным зонам напряжения в конструкциях. Показана эффективность метода для диагностики устойчивости конструкций зданий.

Ключевые слова: свайный фундамент, многолетнемёрзлые грунты, инженерная геофизика, собственные колебания здания.

Цитирование: К.В. Федин, А.Н. Шеин, Д.В. Грушкевич. Диагностика устойчивости конструкций зданий детских садов в г. Салехарде, построенных по принципу сохранения мёрзлых грунтов в основании // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. (122). № 1. С. 6–20. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.001.

Original article

DIAGNOSTICS OF STABILITY OF CONSTRUCTIONS OF KINDERGARTEN BUILDINGS IN SALEKHARD, BUILT ON THE PRINCIPLE OF PRESERVATION OF PERMAFROST AT THE BASE

***Konstantin V. Fedin¹, Alexandr N. Shein²,
Dmitrii V. Grushkevich³***

*^{1,3}Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russia*

²Arctic Research Center, Salekhard, Russia

¹FedinKV@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9710-8944>

²A.N.Shein@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6520-0551>

³Create.pro@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of field experiments demonstrating the possibility of detecting loss of stability of building structures based on data obtained on piles and foundations of buildings by the standing wave method. The analysis of vertical standing compression-stretching waves in a pile under the influence of noise allows you to control its length and qualitatively fix the lower end. As a result, 49 hanging objects or 9.86% were found on the surveyed objects. Zones of increased amplitudes have been established, which correspond to hidden cracks and increased stress zones in structures. The effectiveness of the method for diagnosing the stability of building structures is shown.

Keywords: piling foundations, permafrost, engineering geophysics, natural oscillations of the building.

Citation: K.V. Fedin, A.N. Shein, D.V. Grushkevich. Diagnostics of stability of constructions of kindergarten buildings in Salekhard, built on the principle of preservation of permafrost at the base // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. (122). № 1. P. 6–20. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.001.

Введение

Больше четверти верхнего слоя земной коры Северного полушария находится в мёрзлом состоянии. Многолетнемёрзлые грунты в России занимают 60–65% территории или 11 млн км² [1, 2] и практически всю территорию Ямало-Ненецкого автономного округа. На ней воздвигнуто подавляющее большинство городов, посёлков и инфраструктурных объектов. При текущем тренде потепления климата к 2050 году несущая способность грунтов уменьшится ещё на 25% и более [3]. При строительстве объектов и дальнейшей эксплуатации используются устаревшие нормы и правила [4-6]. Кроме того, эксплуатационные нормы носят рекомендательный характер и зачастую не выполняются эксплуатирующими организациями.

Для безопасной эксплуатации зданий и сооружений в зоне многолетних мерзлых грунтов в ЯНАО с 2018 г. разрабатывается система автоматизированного температурного мониторинга [7-12]. Под объектами капитального строительства в г. Салехарде уже пробурено и оборудовано термометрическими косами больше 300 скважин, которые передают информацию на портал <https://monitoring.arctic.yanao.ru> [10], открытый для специалистов и всех заинтересованных лиц.

Температурный мониторинг грунтов в основании зданий характеризует состояние мерзлоты, её несущую способность, однако для безопасной эксплуатации инженерных сооружений необходимо периодически проверять состояние их конструкций. Такой контроль может осуществляться различными методами — с помощью визуального осмотра, измерением прогиба дефлектометрами, контролем верхней части разреза и т.д. Несмотря на разнообразие применяемых для контроля состояния инженерных сооружений и решаемых с их помощью задач, точность и достоверность получаемых результатов не всегда соответствует предъявляемым требованиям.

В то же время одна из актуальных проблем диагностики устойчивости свай связана именно с появлением потери устойчивости свай. Потеря устойчивости может возникать вследствие размыва грунта, сезонных изменений, вызванных пучением грунта при замерзании и проседанием при оттаивании, и т. д. Возникновение потери устойчивости может привести к разрушению как свай, так и здания в целом, что может спровоцировать аварийную ситуацию. С целью предотвращения таких ситуаций и для усовершенствования разрабатываемой в округе системы автоматизированного геотехнического мониторинга зданий и сооружений опробована методика определения напряженно-деформируемого состояния конструкций, объектов с помощью метода стоячих волн. Помимо несущих конструкций, исследованы сваи фундамента на предмет целостности, глубины погружения и характера закрепления.

Методика исследований

В ранее опубликованных работах [13-16] для обнаружения подземных пустот нами был предложен пассивный сейсмический метод, основанный на выделении из шумового поля стоячих волн, образующихся под воздействием микросейсм в пространстве между дневной поверхностью и ближайшей к ней резкой границей – верхней поверхностью полости или подошвой зоны малых скоростей (ЗМС). Как показали результаты физического моделирования и натуральных экспериментов, накопление большого числа амплитудных спектров относительно коротких фрагментов шумовых записей приводит к появлению на осредненном спектре регулярных пиков, соответствующих стоячим волнам. Критерием того, что это именно стоячие волны, является регулярный характер этих пиков [17]. Для стоячих волн вертикального сжатия-растяжения, образующихся над свободной верхней границей полости, как на ней, так и на дневной поверхности должны наблюдаться пучности этих волн, а их частоты кратны частоте низшей моды:

$$f_n = \frac{nV_p}{2h}, \quad (1)$$

где n – номер моды стоячих волн, V_p – скорость продольных волн, h – расстояние от верхней границы полости до дневной поверхности.

Таким образом, если на каком-либо участке распределение регулярных пиков усредненных амплитудных спектров на оси частот соответствует формуле (1), то это свидетельствует о наличии в таком месте подземной полости или иного включения с существенно пониженной относительно вмещающей среды скоростью.

Однако в случае сваи, уложенной на более мягкое основание, очевидно, что при неизменных упругих свойствах частоты стоячих волн вертикального сжатия-растяжения в ней практически не должны зависеть от того, лежит она на грунте или под ней образовалась пустота. И в том, и в другом случае как на верхней, так и на нижней границе покрытия будут наблюдаться пучности стоячих волн, а их частоты определяются формулой (1).

Если же стоячие волны формируются вне полости, над подошвой зоны малых скоростей (ЗМС), то на нижней границе ЗМС с жесткими породами образуются узлы стоячих волн, и частоты последних равны нечетным числам частоты низшей моды:

$$f_n = \frac{(2n-1)V_p}{4h}, \quad (2)$$

где h – глубина до подошвы ЗМС. И в том, и в другом случае интервал между соседними собственными частотами $\Delta f = (f_{n+1} - f_n)$ равен $V_p/2h$.

В то же время по горизонтальным компонентам наблюдается формирование изгибных стоячих волн (в случае, если свая не закреплена). Свойства этих волн существенно отличаются от свойств стоячих волн вертикального сжатия-растяжения. Во-первых, частоты этих волн должны быть значительно ниже частот стоячих волн сжатия-растяжения из-за более низкой скорости изгибных волн и преобладания горизонтальных размеров незакрепленной части сваи над вертикальными. Во-вторых, в этом случае связанные со стоячими волнами квазирегулярные пики должны располагаться на оси частот осредненных спектров не на равном расстоянии друг от друга из-за сильной частотной зависимости (дисперсии) скорости изгибных волн.

Указанные свойства изгибных стоячих волн могут быть использованы для выявления потери устойчивости свай, а в некоторых случаях при потере устойчивости по вертикали наблюдается частотно-амплитудная зависимость согласно формуле (2). В случае же жесткого закрепления сваи по горизонтальной составляющей не наблюдается квазирегулярное распределение, а по вертикали наблюдается частотно-амплитудная зависимость согласно формуле (1).

Объект исследования, оборудование и методика наблюдений

В качестве объекта исследования рассматривались детские сады:

– г. Салехард, ул. Матросова, 18

(Центр развития ребенка-детский сад «Рябинка»);

– г. Салехард, ул. Маяковского, 14

(МДОУ детский сад № 17 «Золотая Рыбка»);

– г. Салехард, ул. Чапаева, 12 (Детский сад № 7 «Крылышки»).

Для исследования собственных колебаний свай зданий в данной работе применялся метод, основанный на выделении стоячих волн из сейсмоакустических шумов. Суть метода сводится к накоплению большого числа амплитудных спектров шумовых записей, в результате чего на усредненных (или накопленных) спектрах появляются последовательности пиков, соответствующие семействам стоячих волн разных типов.

В описываемой серии экспериментов регистрация сейсмоакустических шумов проводилась в октябре 2023 г. Для регистрации использовались горизонтальные и вертикальные геофоны GS20DX, трёхканальные автономные цифровые регистраторы SCOUT и экспериментальное оборудование D-REG с частотой дискретизации 1кГц (рис. 1).

Данные регистраторы были выбраны в силу того, что они обладают более низким уровнем внутреннего шума в сравнении с другими регистрирующими аппаратами, что подтверждено в прошлых работах [18], и уменьшенным временем, необходимым для регистрации данных.

Длительность непрерывной записи в каждой точке наблюдения (рис. 2) составляла 3 и более минут. Регистрация шумов производилась на внешних стенах свай, для наилучшего контакта в некоторых случаях датчик крепился жестким хомутом. Для повышения точности измерения длины свай параллельно проводились измерения прибором для определения длины свай Спектр 4.3 (рис. 3).

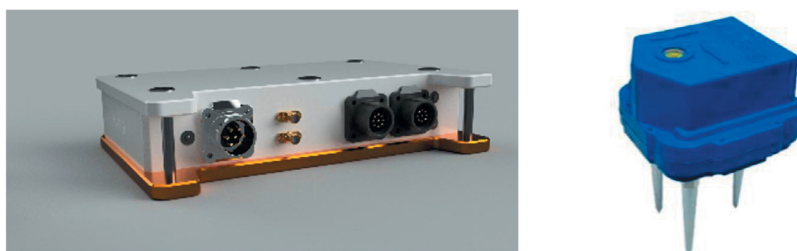


Рис. 1. Измерительная аппаратура, состоящая из горизонтальных и вертикальных геофонов GS20DX в едином корпусе (справа) и трехканальных автономных цифровых регистраторов D-REG с низким уровнем собственного шума (слева)



Рис. 2. Пример установки геофонов GS20DX и трехканальных автономных цифровых регистраторов D-REG на полу одного из объектов исследования

Алгоритм выделения стоячих волн из микросейсм состоит в следующем:

1. Регистрация когерентных «паразитных» шумов для последующего учета при обработке полученных данных.
2. Регистрация шумовых записей на исследуемом объекте для выделения в них стоячих волн с использованием двух датчиков — статично зафиксированного в одной точке и перемещаемого.

3. Нормировка уровня шумов перемещаемого датчика на уровень опорного для каждого измерения.
4. Разбиение шумовых записей на блоки.
5. Преобразование Фурье для каждого блока и усреднение полученных амплитудных спектров путем их суммирования.
6. Построение карт амплитудно-частотного распределения на исследуемой площади или профиле.



Рис. 3. Пример работ по определению длины свай с использованием Спектра 4.3

При обработке экспериментальных данных зарегистрированные в каждой свае шумовые записи разбивались на фрагменты, вычислялись амплитудные спектры этих фрагментов, и проводилось их накопление. В результате на амплитудных спектрах появлялись резкие пики (рис. 4), которые в случае регистрации вертикальных компонент соответствовали модам типа сжатия-расширения согласно формулам (1) и (2).

На рис. 4 приведены наглядные примеры распределения частот мод по вертикальным составляющим (согласно формулам (1) и (2)), для наглядности приведены формы мод.

Результаты обработки данных на примере здания ДС «Рябинка»

Всего под зданием ДС «Рябинка» были изучены все 172 сваи (рис. 5). Определены длины свай, статусы свай: «висячая» (нижний конец не закреплён) или «стойка» (нижний конец закреплён). Из 172 свай 22 оказались висячие (рис. 5). Процент висячих свай составляет 12,79%. Средняя длина составила 7,16 м, максимальная – 8,2 м, минимальная – 4,6 м под технической пристройкой.

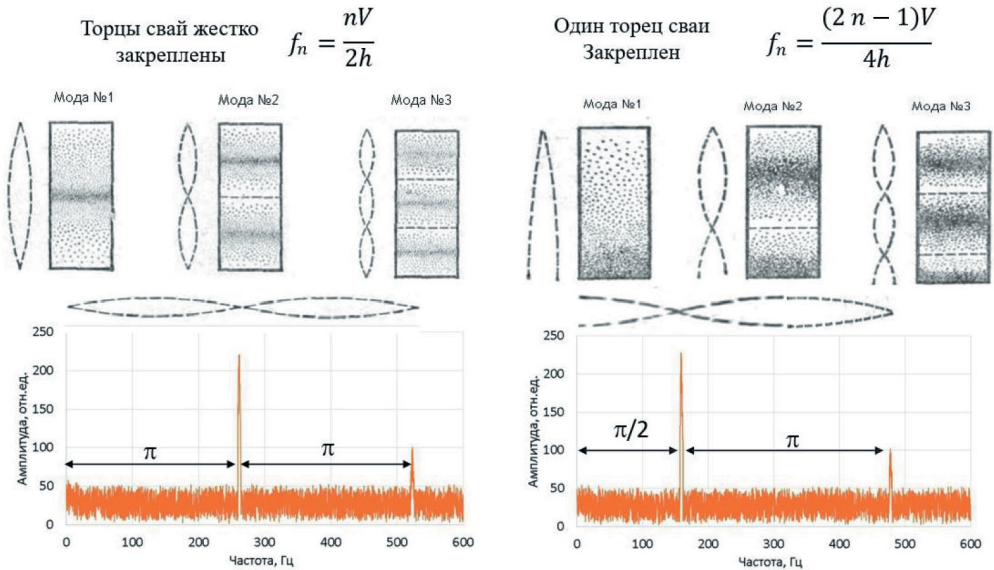


Рис. 4. Амплитудный спектр стоячих волн в сваях. Вертикальная составляющая. Номера мод типа сжатия-расширения и их формы с распределением согласно формулам (1) и (2)

В результате обработки полученных данных построена карта (рис. 5) распределения амплитуды колебаний (сумма X, Y, Z). При анализе данной карты можно выделить зоны повышенной амплитуды колебаний в центральной части вдоль ряда свай, расположенных посередине здания (рис. 5, оттенки красного). Установлено, что движение грунта направлено от центра здания в стороны, то есть от зоны повышенной амплитуды колебаний. Это с высокой вероятностью указывает на то, что центр здания закреплён более жёстко, чем его правая и левая части.

В околосвайном пространстве под зданием определяется зона повышенного коэффициента Пуассона (обводнённости) в его центральной части, в месте сочленения основного здания и пристройки (рис. 6, оттенки красного). Это может говорить о наличии длительного подтекания воды в данной зоне или интенсивного таяния грунтов.

С помощью триангуляции данных, полученных со свай, была построена карта распределения глубин границы ММП (расстояние от ростверка до границы ММП). На рис. 7 видно, что две основные зоны с наибольшей глубиной ММП совпадают с обводнёнными зонами (рис. 6).

Аналогичные исследования проведены на зданиях других социальных учреждений.

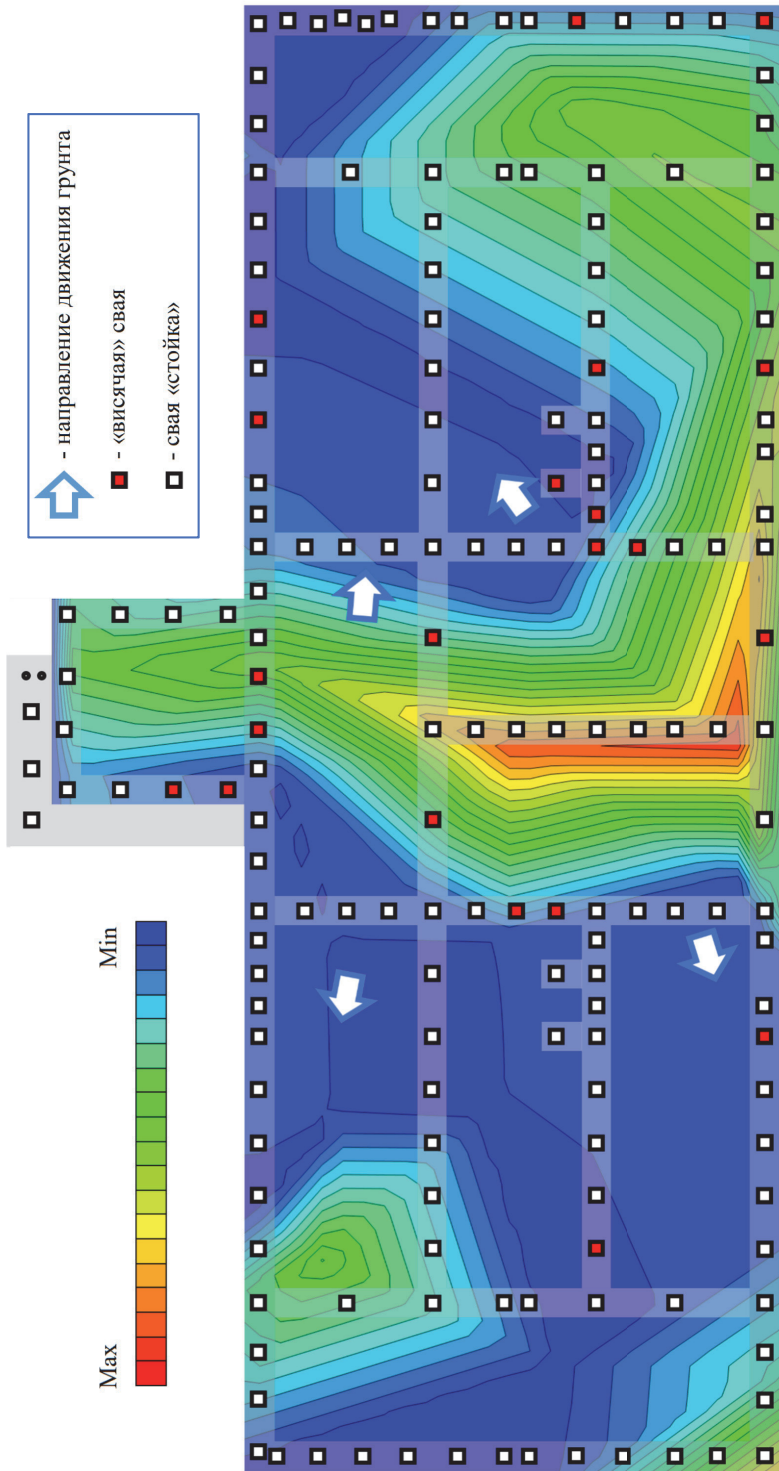


Рис. 5. План свайного поля ДС «Рябинка» с наложенной картой распределения амплитуды колебаний (сумма X, Y, Z)

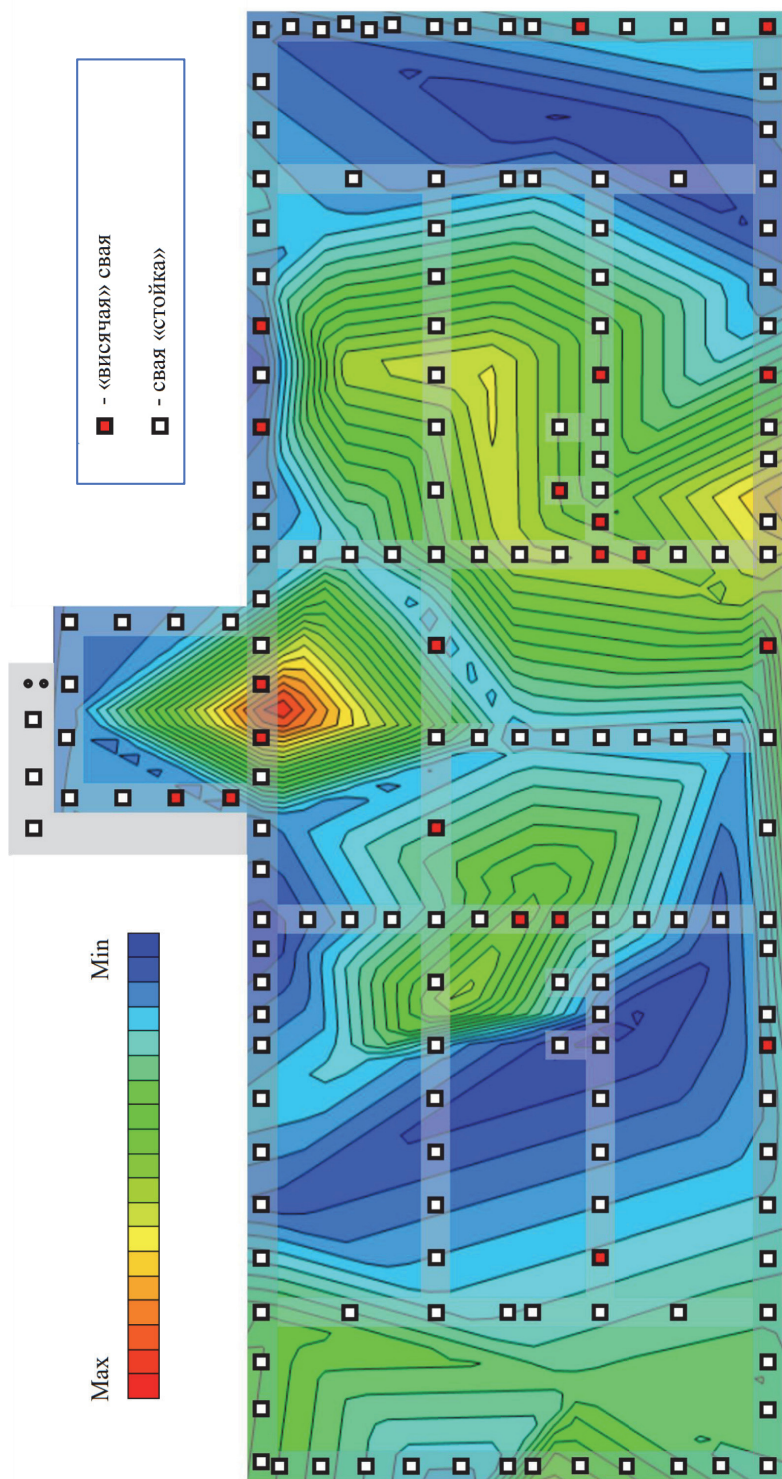


Рис. 6. Карта распределения коэффициента Пуассона, наложенная на схему свайного поля ДС «Рябинка»

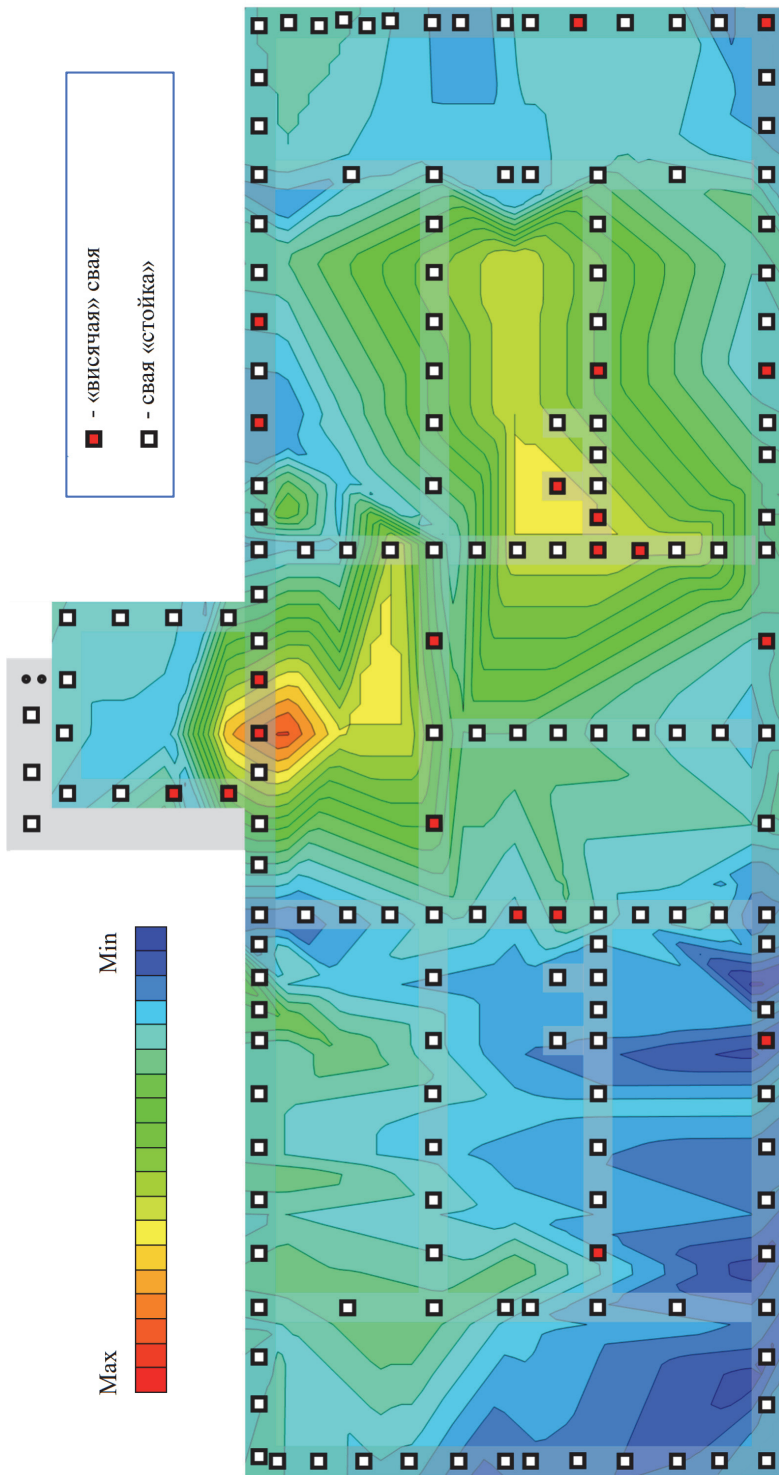


Рис. 7. План свайного поля ДС «Рябинка» с наложенной картой расстояния от ростверка до границы мерзлых грунтов в основании ДС «Рябинка»

Заключение

Температурный мониторинг грунтов в основании зданий характеризует состояние мерзлоты, её несущую способность, однако для безопасной эксплуатации инженерных конструкций необходимо периодически проверять состояние самих конструкций.

Показана эффективность метода стоячих волн для определения состояния конструкций капитальных объектов, что позволит усовершенствовать разрабатываемую систему автоматизированного геотехнического мониторинга зданий.

Проведены исследования зданий Центра развития ребенка-детского сада «Рябинка», детского сада № 17 «Золотая Рыбка», детского сада № 7 «Крылышки» с помощью метода стоячих волн. Определено напряженно-деформированное состояние конструкций объектов. Помимо несущих конструкций, исследованы сваи фундамента на предмет целостности, глубины погружения и характера закрепления.

В результате проведенных работ на объектах обследовано 507 из 584 свай, что составляет 86,82%. Среди обследованных 507 свай обнаружено 49 висячих и одна свая с дефектом, что составляет 9,86%. Определены длины у 507 свай. Определена глубина ММП у 502 свай. Определён коэффициент Пуассона, который характеризует степень увлажнения грунтов возле 500 свай.

Построены карты распределения амплитуды колебаний (сумма X, Y, Z) в двух вариантах: на плане свайного поля и на плане первого этажа каждого здания. Повышенные амплитуды на картах соответствуют скрытым трещинам и повышенным зонам напряжения в конструкциях. Помимо зон с повышенной амплитудой колебаний определены зоны повышенной увлажнённости грунта, в части случаев совпадающие с местами подтекания воды в подполье здания. Составлена карта распределения глубины ММП на плане свайного поля. Определена взаимосвязь между степенью закрепления свай, направлением движения грунта и напряжениями в конструкциях детских садов.

В зонах с повышенной амплитудой колебаний рекомендовано установить датчик постоянного мониторинга, позволяющий отслеживать колебания конструкции в реальном времени и регистрировать изменение амплитудно-частотных характеристик сооружения.

Работа выполнена в рамках проекта Западно-Сибирского межрегионального НОЦ «Прогноз деградации мерзлоты и технология автоматизированного контроля несущей способности мерзлых грунтов под объектами капитального строительства».

Список источников

1. Brown J., Ferrians Jr, O.J., Heginbottom J.A. and Melnikov E.S. (1997). Circum-Arctic map of permafrost and ground-ice conditions (p. 45). Reston, VA: US Geological Survey.
2. Brown J., Ferrians, Heginbottom J.A. and Melnikov E. (2002). Circum-Arctic Map of Permafrost and Ground-Ice Conditions, Version 2. [online]. Boulder, Colorado USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center, DOI: 10.7265/skbg-kf16. (Accessed 20 Apr. 2023).
3. Стрелецкий Д.А., Шикломанов Н.И., Гребенец В.И. Изменение несущей способности мёрзлых грунтов в связи с потеплением климата на севере Западной Сибири // Криосфера Земли. – 2012. – Vol. XVI. – № 1. – С. 22-32.
4. СП 25.13330.2020. Свод правил. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. СНиП 2.02.04-88 (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.12.2020 № 915/пр) (ред. от 31.05.2022).
5. Постановление Госстроя РФ от 27.09.2003 № 170 (с изм. от 22.06.2022) «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда» (зарегистрировано в Минюсте РФ 15.10.2003 № 5176) [электронный ресурс] / КонсультантПлюс: http://www.consultant.ru/URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44772/ (дата обращения: 03.11.2023).
6. Шейн А.Н. Обзор научных и производственных работ по изучению многолетнемёрзлых пород в естественных и антропогенных условиях / А.Н. Шейн, Я.К. Камнев // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2020. – № 3 (108). – С. 42–50. DOI: 10.26110/ARCTIC.2020.108.3.007.
7. Громадский А.Н. Дистанционный контроль за температурным режимом вечномерзлых грунтов под зданиями г. Салехарда / А.Н. Громадский, С.В. Арефьев, Н.Г. Волков, Я.К. Камнев, А.И. Синицкий // Научный вестник ЯНАО. – 2019. – № 3. – С. 17–21. DOI: 10.26110/ARCTIC.2019.104.3.003.
8. Kamnev Y.K., Filimonov M.Y., Shein A.N., Vaganova N.A. Automated Monitoring The Temperature Under Buildings With Pile Foundations In Salekhard (Preliminary Results). GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY. 0; <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-021>.
9. Filimonov, M.Y.; Kamnev, Y.K.; Shein, A.N.; Vaganova, N.A. Modeling the Temperature Field in Frozen Soil under Buildings in the City of Salekhard Taking into Account Temperature Monitoring // Land 2022, 11 (7), 1102. <https://doi.org/10.3390/land11071102>.
10. System of automated geocryological monitoring (2021) [online] Available at: <https://monitoring.arctic.yanao.ru/> (Accessed 20 Apr. 2021 in Russian).

11. Расширение сети автоматизированного температурного мониторинга грунтов под объектами капитального строительства на территории г. Салехарда в 2022 г. / В. А. Паламарчук, А. Н. Шеин, Е. С. Королева [и др.] // Строеение литосферы и геодинамика : Материалы XXX Всероссийской молодежной конференции, Иркутск, 16–21 мая 2023 года. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2023. – С. 212-215.
12. Шеин А.Н., Филимонов М.Ю., Ваганова Н.А., Леопольд Я.К. Теплотехнические расчёты для оснований двух зданий в г. Салехарде с учётом температурного мониторинга мёрзлых грунтов // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2023. (121). – № 4. – С. 21–36. Doi: 10.26110/ARCTIC.2023.121.4.002.
13. Колесников Ю.И., Федин К.В. Прямое определение резонансных свойств верхней части разреза по микросейсам: натурный эксперимент // Технологии сейсморазведки. – 2017. – № 3. – С. 5-21.
14. Kolesnikov Y.I., Fedin K.V. Detecting underground cavities using microtremor data: physical modelling and field experiment // Geophys Prospect. 2018. Vol. 66. Iss. 2. P. 342-353.
15. Колесников Ю.И., Федин К.В., Нгомайезве Л.О. Влияние сезонных изменений резонансных свойств приповерхностных грунтов на сейсмобезопасность сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2019. – № 3. – С. 57–64.
16. Kolesnikov, Y. I. Direct determination of resonant properties of near-surface sediments using microtremor / Y. I. Kolesnikov, K. V. Fedin, L. Ngomayezwe // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2019. – Vol. 125. – P. 105739. – DOI 10.1016/j.soildyn.2019.105739.
17. Хайкин С.Э. Физические основы механики. – М.: Наука, 1971. – 752 с.
18. Eroneshnikova L., Dergach P., Duchkov A. Reducing the Cost of Microseismic Monitoring for Ensuring Safety in Mining // 82nd EAGE Annual Conference and Exhibition Workshop Programme (Amsterdam, The Netherlands, December 8-11, 2020): Abstracts. – Amsterdam, 2020. P. 1-5.

Сведения об авторах

Федин Константин Владимирович, 1986 г.р., окончил геолого-геофизический факультет НГУ в 2010 г., в 2015-м защитил кандидатскую работу. ИНГГ СО РАН, старший научный сотрудник лаборатории динамических проблем сейсмики (Новосибирск, Россия), к.т.н. Читает курс лекций в НУГ и НГТУ. Сфера научных интересов: сейсмостойкость, определение несущей способности, нахождение полостей в грунте, дефектоскопия.

Шеин Александр Николаевич, 1981 г.р., окончил механико-математический факультет НГУ, в 2010 г. защитил кандидатскую диссертацию. ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (Салехард, Россия), ведущий

научный сотрудник сектора криосферы, к.ф.-м.н., доцент. Сфера научных интересов: численное моделирование электромагнитных и температурных полей, криолитозона, геотехнический мониторинг, импульсная электроразведка, электротомография, георадиолокация, процессы вызванной поляризации.

Грушкевич Дмитрий Владимирович, 1992 г.р., окончил факультет автоматики и вычислительной техники НГТУ, в 2013 г. выполнил и защитил выпускную квалификационную работу, бакалавр техники и технологии по направлению «Информатика и вычислительная техника». ИНГГ СО РАН, инженер лаборатории динамических проблем сейсмологии (Новосибирск, Россия).

Участие авторов

Федин К.В. – концепция исследования, обработка данных, написание текста, оформление графики;

Шейн А.Н. – концепция исследования, написание и редактирование текста;

Грушкевич Д.В. – концепция исследования, написание текста, оформление графики.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Статья поступила в редакцию 26.01.2024 г., принята к публикации 27.02.2024 г.

The article was submitted on January 26, 2024, accepted for publication on February 27, 2024.

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. № 1. (122). С. 21-36.

Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. № 1. (122). P. 21-36.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Научная статья

УДК 624.139

doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.002

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЕДИНИЧНЫХ СЕЗОННОДЕЙСТВУЮЩИХ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

*Антон Иванович Синицкий¹, Кирилл Александрович
Плесовских², Владислав Евгеньевич Пушкарев³*

^{1, 2, 3}Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

¹AISinitskii@yanao.ru <https://orcid.org/0000-0002-3733-7980>

²plesovskih.ka@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0000-0631-7656>

³vladpuskr@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-4713-209X>

Аннотация. Апробирована методика по диагностике работоспособности систем и устройств термостабилизации грунтов с использованием тепловизоров в условиях городской застройки. Получены результаты работоспособности сезоннодействующих установок под объектами мониторинга и проведен анализ их эффективности.

Ключевые слова: сезоннодействующее охлаждающее устройство; тепловизор; системы температурной стабилизации грунтов; измерение температур.

Цитирование: А.И. Синицкий, К.А. Плесовских, В.Е. Пушкарев. Тепловизионная диагностика единичных сезоннодействующих охлаждающих устройств // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. (122). № 1. С. 21–36. Doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.002.

Original article

THERMAL IMAGING DIAGNOSTICS OF SINGLE SEASONAL COOLING DEVICES

*Anton I. Sinitsky¹, Kirill A. Plesovskikh²,
Vladislav E. Pushkarev³*

^{1, 2, 3}Arctic Research Center, Salekhard, Russia

¹*AI*Sinitskii@yanao.ru <https://orcid.org/0000-0002-3733-7980>

²*plesovskih.ka@yandex.ru* <https://orcid.org/0009-0000-0631-7656>

³*vladpuskr@mail.ru* <https://orcid.org/0000-0002-4713-209X>

Abstract. The methodology for diagnosing the operability of systems and devices for thermal stabilization of soils using thermal imagers in urban conditions has been tested. The results of the operability of seasonal installations under monitoring objects were obtained and an analysis of their effectiveness was carried out.

Keywords: seasonal cooling device, thermal imaging camera, soil temperature stabilization systems, temperature measurement.

Citacion: A.I. Sinitsky, K.A. Plesovskikh, V.E. Pushkarev Thermal imaging diagnostics of single seasonal cooling devices // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. (122). № 1. P. 21–36. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.002.

Введение

Для предотвращения и устранения аварийных ситуаций в периоды эксплуатации зданий и сооружений в криолитозоне, для замораживания талых, охлаждения пластично-мерзлых грунтов и поддержания состояния многолетнемерзлых грунтов (далее – ММГ) используются системы и устройства температурной стабилизации грунтов (далее – ТСГ) оснований. Применение систем и устройств ТСГ актуально в связи с потеплением климата, в целом способствующим сокращению площади распространения ММГ, повышению их температуры, понижению их прочности и несущей способности, что значительно усложняет проблемы эксплуатации жилых зданий и сооружений в криолитозоне.

Весомая роль в обеспечении эксплуатационной надежности и долговечности фундаментов с установленными в их основании системами

сезонно-охлаждающих установок (далее СОУ) принадлежит геотехническому мониторингу, в который входят контроль работоспособности и эффективности работы СОУ, состояния температурного поля грунтов оснований и др. [1].

Контроль работоспособности систем ТСГ в рамках геотехнического мониторинга базируется на их основном принципе работы в холодный период года, который заключается в естественно-действующей циркуляции теплоносителя (углекислота, аммиак и др.) между подземной трубной конструкцией, где он нагревается и переходит в парообразное состояние, и находящимся на земной поверхности конденсаторным блоком, где этот теплоноситель остывает и конденсируется. В дальнейшем сконденсированная жидкость под влиянием силы тяжести вновь опускается в подземную конструкцию. Тем самым происходит охлаждение и замерзание грунтов, формирующих основания зданий и сооружений. Сравнивая температуру наружного воздуха с температурой на оробрении термостабилизатора и конденсаторного блока и подведенных к ним труб с теплоносителем, можно судить об эффективности работы систем ТСГ [2, 3].

Таким образом, основная цель данной работы является оценка эффективности работы систем ТСГ на объектах мониторинга и апробация применяемой методики в условиях городской застройки.

Материалы и методы

Для успешной эксплуатации систем температурной стабилизации грунтов важнейшей задачей становится выявление таких, которые перестают работать по техническим причинам. Такими причинами могут быть: попадание в состав газа-теплоносителя других газовых примесей, способствующих остановке или затруднению его циркуляции в системе; разгерметизация системы; нарушение состояния оробрения; нарушение проектного положения конденсаторной части и др.

Существующие мероприятия по определению выхода систем из строя весьма трудоемки и требуют значительное количество материальных и финансовых затрат. Именно поэтому определение работоспособности и тепловой эффективности работы сезоннодействующих охлаждающих устройств эффективнее всего выполнять методом тепловизионной диагностики, которая предусматривает использование тепловизора (термографа).

Термограммы, получаемые с помощью тепловизора, позволяют судить о качестве заправки по состоянию однородности температурного поля на поверхности конденсаторной части (перепад температур между ее верхней и нижней частями не должен превышать 1°C) [1, 4, 5].

Работы по обследованию выполнялись согласно «методическим ука-

заниям по диагностике работоспособности систем и устройств термостабилизации грунтов» [6], разработанной для использования на газо- и нефтепромысловых комплексах.

Выполнение тепловизионной диагностики оребренной поверхности термостабилизатора (конденсаторного блока) и подведенных к ним труб с теплоносителем осуществлялось с помощью тепловизора RGK TL-80, который предназначен для использования на предприятиях энергетики, строительства, машиностроения, радиоэлектронной, авиационной промышленности и других отраслей. Условия эксплуатации термографа могут быть как лабораторными, так и полевыми. Диапазон рабочих температур от -15° до $+60^{\circ}$ С.

Съемка производилась в технических подпольях на объектах г. Салехарда:

1. Школа № 4 в мкр. Богдана Кнунянца;
2. Многоквартирный жилой дом на ул. Зои Космодемьянской, 68;
3. «Салехардская дирекция единого заказчика» на ул. Свердлова, 49.

Все работы выполнялись при температуре окружающего воздуха ниже -15° С.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Школа № 4 в мкр. Богдана Кнунянца.

Объектом работ по тепловизионной диагностике являлось новое здание школы № 4 на 800 мест, расположенное в микрорайоне Богдана Кнунянца (рис. 1). Система термостабилизации грунтов на объекте установлена в 2020 году.

Согласно рабочей документации (регламент геотехнического мониторинга, 14/09/2017-ПИР-ГТМ) на объекте установлены термостабилизаторы типа НФ-19,5 глубиной 18,0 м (56 шт.); НФ-21,5 глубиной 20,0 м (494 шт.), компании ООО «Ньюфрост», используемый хладагент – Хладон 22 (дифторхлорметан, CHClF_2).

В рамках обследования данного объекта специалистами сектора геотехники ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» был проведен визуальный осмотр проветриваемого подполья, обследование СОУ, а также были установлены пять термометрических кос в скважины, расположенные равномерно по площади здания, с целью получения данных температуры грунтов для дополнительной верификации работоспособности СОУ.

По данным термографической съемки было выявлено, что большинство термостабилизаторов находятся в рабочем состоянии (рис. 2).



Рис. 1. Объект обследования – здание школы на 800 мест в микрорайоне Богдана Кнунянца

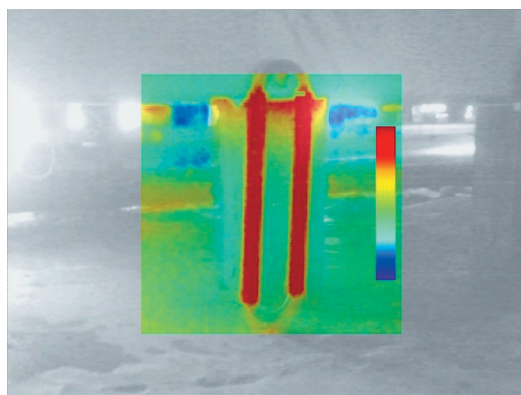


Рис. 2. Работающее СОУ

Количество с частичной (неполной) работой термостабилизаторов, где фиксируется разница температур верхней и нижней частях оребрения более $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, менее 1% от общего количества сезоннодействующих охлаждающих устройств (рис. 3).

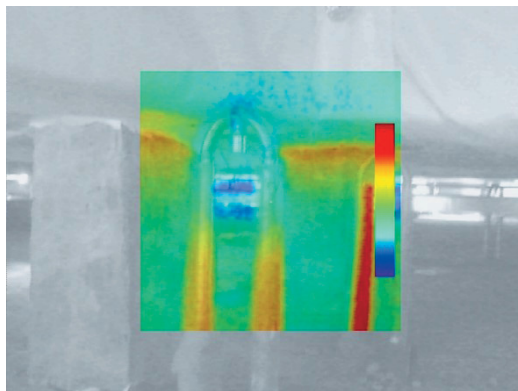


Рис. 3. Пример частично работающего СОУ

Такие случаи частичной работоспособности преимущественно наблюдаются в центральных частях корпусов в связи с отсутствием обдува конденсаторной части.

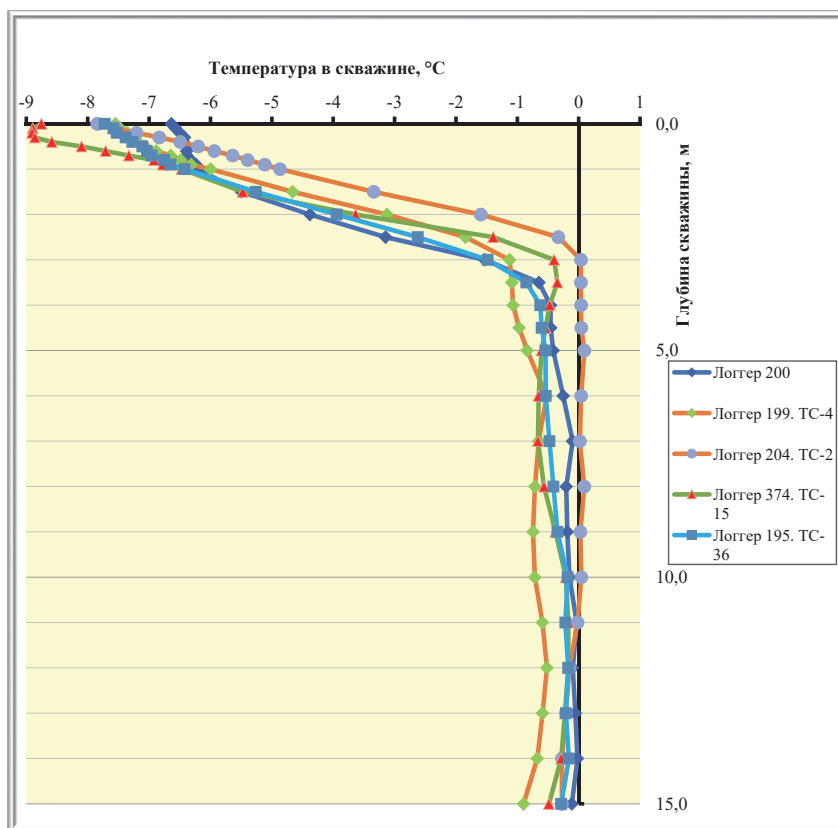


Рис. 4. График распределения температур грунтов основания школы № 4 на 22.03.2023 г.

Под зданием школы было оборудовано пять термометрических скважин [7] системой автоматического мониторинга мерзлоты АСГТМ ЯМАЛ АРКТИКА (термокоса с логгером) модификаций «САММ-15-2-GSM» и «САММ-15-2», производства ИП Кураков С.А., результаты измерений представлены на рис. 4.

По результатам проведенного обследования системы температурной стабилизации грунтов под школой № 4 можно сделать следующие выводы:

1. Количество частично работоспособных и нерабочих сезонно-охлаждающих устройств составляет менее 1%. Все остальные находятся в полностью рабочем состоянии;

2. По результатам измерения температур грунтов основания выявлено, что в интервале глубин от двух до трех метров наблюдается резкий скачок температур от минус 4 до минус 1 и даже выше, что предположительно можно отнести к подошве сезонно-талого слоя. В интервале глубин от 4 до 15 метров отмечается «высокотемпературная» мерзлота с показателями температуры грунтов (min, max) от минус 0,01 до минус 0,97 °С;

3. В связи с достаточно высокой температурой, близкой к нулю, грунтов на глубине нулевых теплооборотов, можно судить, что все термостабилизаторы находятся в состоянии высокой холодопроизводительности [8, 9], поскольку все в полностью рабочем состоянии.

2. Многоквартирный жилой дом на ул. Зои Космодемьянской, 68.

Система термостабилизации грунтов на объекте (рис. 5) установлена в 2016 году.



Рис. 5. Объект обследования — многоквартирный жилой дом, ул. Зои Космодемьянской, 68

В рамках обследования данного объекта было проведено три полевых выезда с целью визуального осмотра и обследования сезонно-охлаждающих устройств.

В ходе проведения работ по визуальному осмотру общего состояния систем температурной стабилизации было выявлено достаточно большое количество СОУ с дефектами (19% от общего числа). Основными дефектами являются замятие оребрения, отклонение от вертикали конструкции термостабилизатора (наклон корпуса), наличие бетона или пенопласта в оребрении (рис. 6). Следует отметить, что данные СОУ находятся в практически нерабочем состоянии («тусклый» свет на термограммах).



Рис. 6. Дефект СОУ. Наличие пенопласта в оребрении

Вместе с этим на объекте мониторинга выявлено нарушение требований эксплуатации проветриваемого подполья на зданиях, запроектированных по 1 принципу строительства на ММГ. Вся территория подполья закрыта по периметру профилированным листом, вследствие чего наблюдается слабая циркуляция воздуха, что негативно сказывается на работе СОУ [10].

В результате камеральной обработки данных были построены графики распределения температуры грунтов основания на даты проведения обследований. Данные представлены на рис. 7.

По выполненному обследованию можно сделать следующие выводы:

1. Все сезоннодействующие охлаждающие устройства находятся в частично работающем состоянии. Работоспособность от 10 до 85% (рис. 8), 100% работоспособность СОУ;

2. По данным термометрических замеров видно, что весь массив грунтов находится в мерзлом состоянии;

3. По полученным данным можно судить о том, что холодопроизводительность всех охлаждающих устройств снижена (часть устройства на рис. 8 с «ярким» (теплым) конденсатором, а часть – с «тусклым» (холодным)), что связано с дневным повышением температуры воздуха и приближением достижения максимального радиуса действия на температуру грунтов.

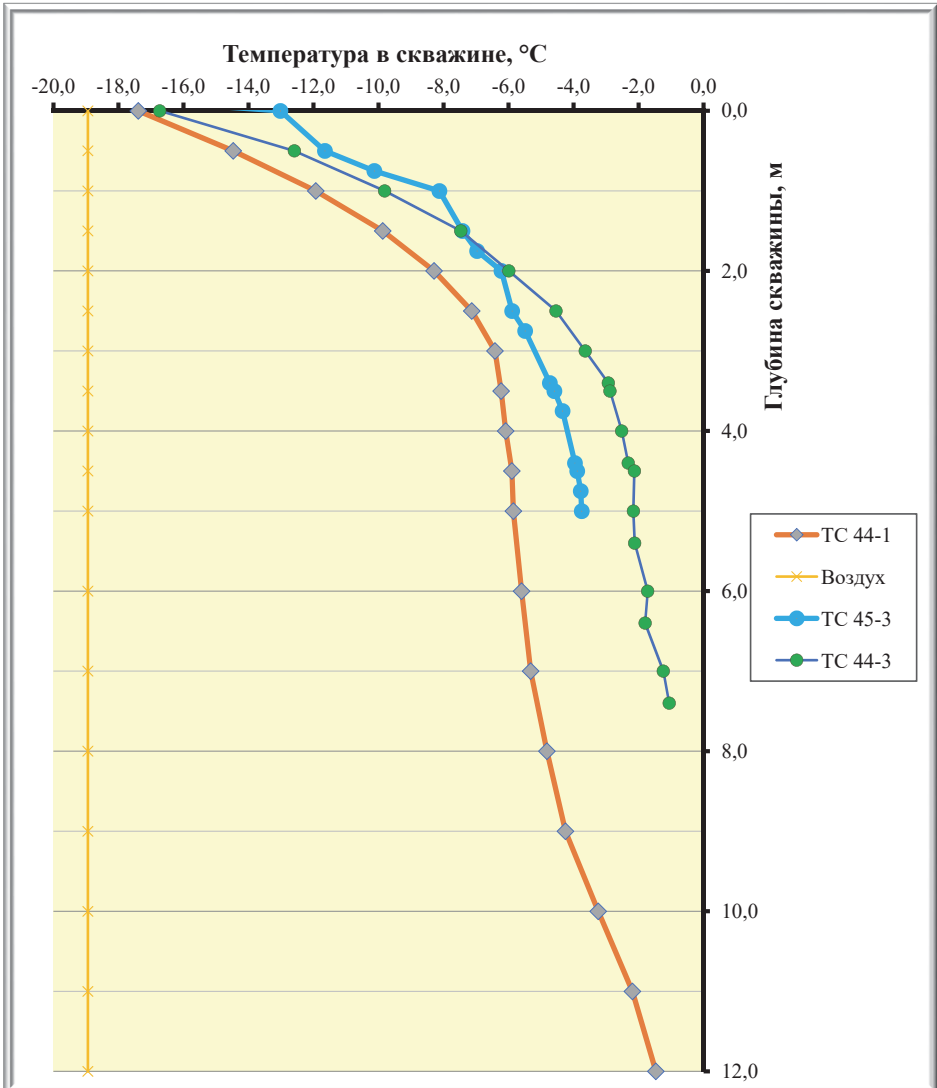


Рис. 7. График распределения температуры грунтов основания многоквартирного жилого дома (МЖД) по ул. Зои Космодемьянской, 68

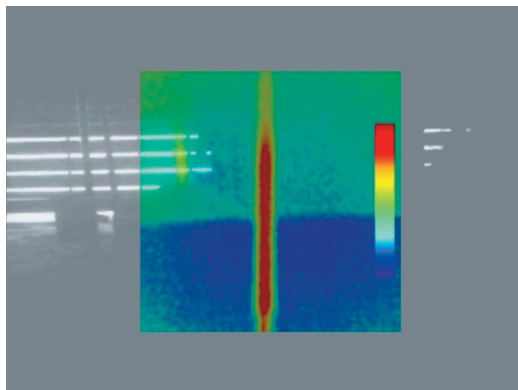


Рис. 8. Общий вид частично работающего термостабилизатора

3. «Салехардская дирекция единого заказчика» на ул. Свердлова, 49.

Объектом обследования СОУ посредством тепловизионной диагностики являлось административное здание Муниципальное казенное учреждение «Салехардская дирекция единого заказчика», расположенное по адресу: улица Свердлова, 49 (рис. 9).

Система термостабилизации грунтов на объекте установлена предположительно в 2002 г., производитель – ООО «Таис-С», используемый хладагент – Хладон 22 (дифторхлорметан, CHClF_2).



Рис. 9. Схема расположения объекта исследования

Был выполнен осмотр только восточной части объекта (1/3 здания) в количестве 22 СОУ (рис. 10). В связи с техническими неполадками в работе тепловизора дальнейшее обследование было прекращено.

При проведении обследования обнаружено, что из обследованных термостабилизаторов на объекте 36% от общего числа СОУ находятся в полностью не рабочем состоянии (рис. 11).

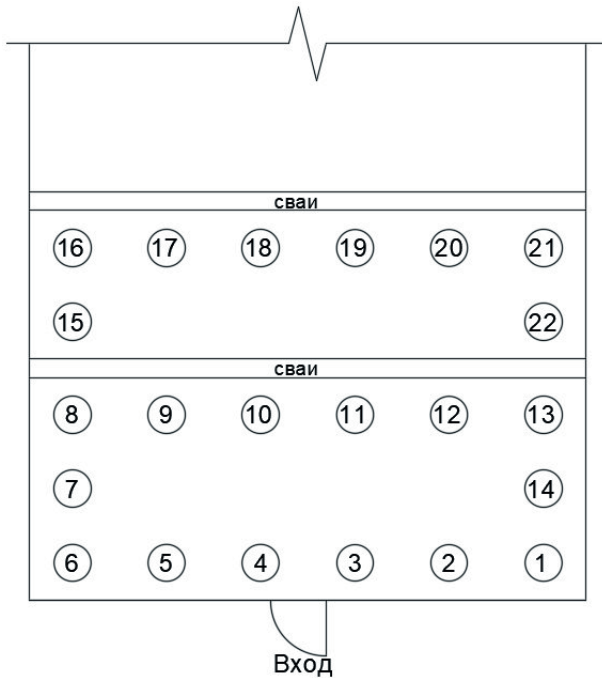


Рис. 10. Схема расположения обследованных СОУ

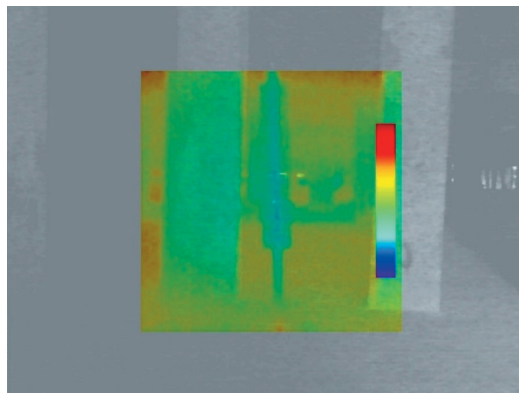


Рис. 11. Пример СОУ в полностью нерабочем состоянии. СОУ № 10. Температура СОУ составляет -19°C

Оставшаяся часть обследованных сезоннодействующих устройств находится в частично рабочем состоянии (от 20 до 90%).

Также были обнаружены СОУ, у которых температура оребрения сливалась с температурой окружающей среды, но температура подводящей к конденсатору трубкой была гораздо выше (рис. 12).

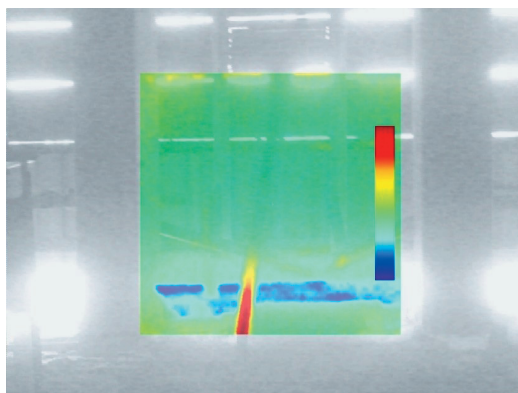


Рис. 12. Пример СОУ с неработающей конденсаторной частью оребрения, но работающей подводящей трубкой

По выполненному обследованию данного объекта можно сделать следующие выводы:

1. Почти 40% обследованных сезоннодействующих охлаждающих устройств на объекте находятся в полностью нерабочем состоянии;

2. Несмотря на неудовлетворительную работу СОУ, массив грунтов основания под объектом находится в мерзлом состоянии. Температурные кривые в обеих скважинах имеют равномерный характер, без резких перепадов, что говорит о равномерном промерзании грунтового массива под зданием. Средняя температура грунтов на глубине 12 метров минус 1 °С и ниже;

3. По полученным данным можно предположить, что холодопроизводительность всех охлаждающих устройств сильно снижена, что связано с достижением максимального воздействия устройств на грунты основания (СОУ охладили объем грунта в их диапазоне действия), так как температура грунтов отрицательная (рис. 13).

Выводы и заключение

В результате проведенных работ по тепловизионной диагностике систем температурной стабилизации грунтов оснований трех различных капитальных зданий в г. Салехарде были сделаны следующие выводы.

На новом объекте «Школа на 800 мест» (м-н Б. Кнунянца), где система

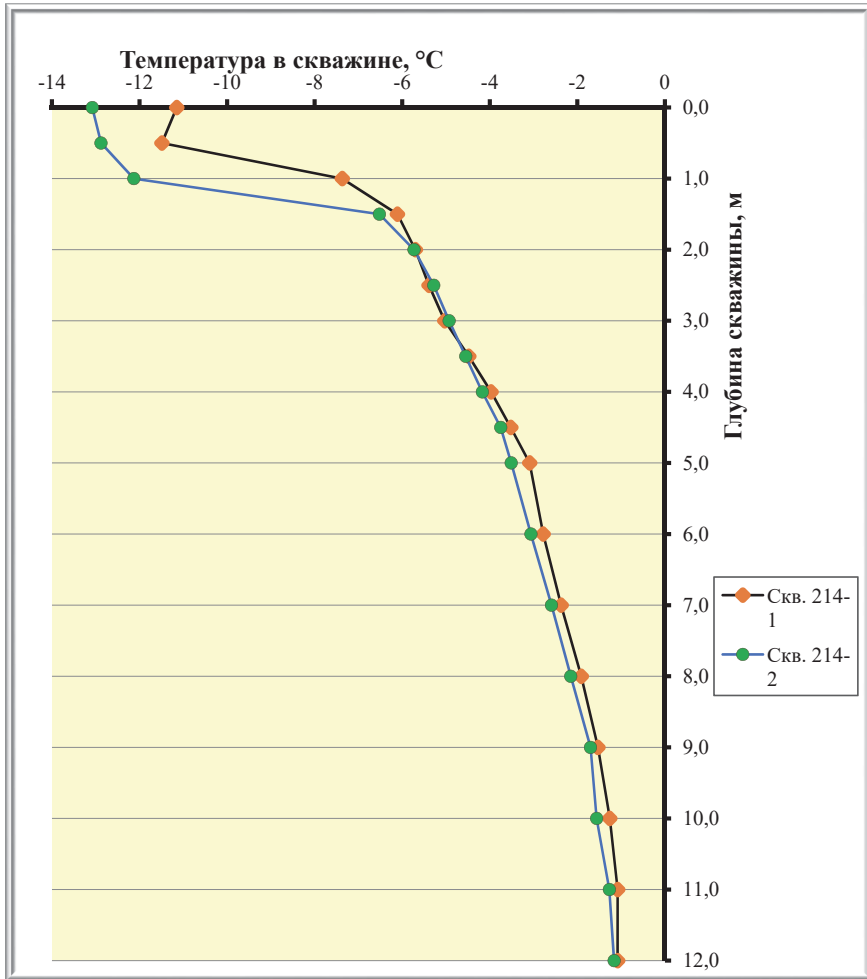


Рис. 13. График распределения температуры грунтов основания 06.04.2023 под капитальным строением по улице Свердлова, 49

ТСГ установлена в 2020 году, отмечается практически 100% работоспособность СОУ.

В интервале глубин от двух до трех метров наблюдается подошва сезонного слоя промерзания, сопровождающаяся резким скачком температур от минус 4 до минус 1 и даже выше. В интервале глубин от 4 до 15 метров отмечается «высокотемпературная» мерзлота с показателями температуры грунтов (min, max) от минус 0,01 до минус 0,97 °C.

На объекте «МЖД на ул. Зои Космодемьянской, 68» отмечается частичная работа сезоннодействующих охлаждающих устройств (год установки – 2016), их работоспособность варьируется от 10 до 85%. При этом весь массив грунтов оснований под объектом находится в мерзлом

состоянии. Средняя температура грунтов на глубине 12 метров около минус 2 °С.

Максимальные температуры грунтов отмечаются в северо-западном углу здания, в районе термометрической скважины 44-3, где на глубине 7,5 м температура грунтов составила минус 1,06 °С.

За почти трехлетний период наблюдений за температурой грунтов на объекте отмечается, что на глубине от 0 до 3 метров сезонные колебания атмосферы перекрывают влияние работы термостабилизаторов, и только на условной границе 4 метра и глубже работа СОУ становится очевидна, ежегодно здесь наблюдается понижение температуры в среднем на 0,3 °С, что свидетельствует о стабилизации теплового поля грунтового массива в отрицательной области.

На объекте «Салехардская ДЕЗ на ул. Сведрова, 49» 40% от общего числа обследованных сезоннодействующих охлаждающих устройств находятся в нерабочем состоянии. Другая часть СОУ находится в широком диапазоне частичной работоспособности (от 20 до 90%).

Несмотря на неудовлетворительную работу СОУ, массив грунтов оснований под объектом находится в мерзлом состоянии. Так как температурные кривые по скважинам имеют равномерный характер, без резких перепадов, можно сделать вывод о том, что установленная еще в 2002 году система ТСГ на объекте уже выполнила свое предназначение и проморошила грунтовой массив под зданием. Средняя температура грунтов на глубине 12 метров составила минус 1 °С и ниже.

Список источников

1. Методы геотехнического мониторинга при изменении геокриологических условий территории / А.А. Попова, Е.А. Еремеева, Ю.В. Власова, Т.В. Никитина // Научный вестник Арктики. – 2022. – № 12. – С. 44-50. – DOI 10.52978/25421220_2022_12_44-50.
2. Системы температурной стабилизации грунтов оснований в криолитозоне: Актуальные вопросы исследований, расчетов, проектирования, производства, строительства, авторского надзора и мониторинга / науч. ред. Г.М. Долгих; НПО «Фундаментстройаркос». – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2014. – 217 с.
3. Стрижков С.Н. Аэротепловизионные исследования систем температурной стабилизации грунта на объектах трубопроводного транспорта / С.Н. Стрижков, А.С. Загребнев // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2012. – № 4 (32). – С. 8-12.
4. Стрижков С.Н. Мониторинг как критерий оценки надежности объектов с системами температурной стабилизации грунтов / С.Н. Стрижков, Н.А. Скорбилин // Трубопроводный транспорт: теория и прак-

- тика. – 2012. – № 1 (29). – С. 10-17.
5. Электронный ресурс: Стрижков С.Н. К вопросу о качестве работы сезоннодействующих охлаждающих устройств / Геоинфо: <https://geoinfo.ru/product/strizhkov-sergej-nikolaevich/k-voprosu-o-kachestve-raboty-sezonno-dejstvuyushchih-ohlazhdayushchih-ustrojstv-35150.shtml>
 6. Методические указания по диагностике работоспособности систем и устройств термостабилизации грунтов с использованием тепловизоров Flir B335 и Flir B425. НПО «Фундаментстройаркос» / С.Н. Окунев и др. – Тюмень, 2012.
 7. ГОСТ 25358- 2020 «Грунты. Метод полевого определения температуры».
 8. Богданов М.И., Усачев А.А. Вопросы тепловизионной диагностики сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ). Геотехника, 2020. – Том XII, № 4. – С. 60–70.
 9. Шепитько Т.В. Оценка влияния сезоннодействующих охлаждающих устройств на теплофизические процессы грунтов основания железнодорожной насыпи / Т.В. Шепитько, И.А. Артющенко // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 1 (104). – С. 14-21. – DOI 10.30932/1992-3252-2023-1-2.
 10. СП 497.1325800.2020 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила эксплуатации».

Сведения об авторах

Синицкий Антон Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник сектора геотехники ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». Сфера научных интересов: натурные испытания талых грунтов, технологии термостабилизации грунтов, геотехника в криолитозоне, изучение трансформации многолетнемерзлых пород под влиянием климатических изменений и антропогенной нагрузки, геокриологический мониторинг, проектное управление.

Плесовских Кирилл Александрович в 2021 году окончил Тюменский индустриальный университет по специальности «строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей». С 2021 года – ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия), младший научный сотрудник. Область научных интересов: строительство автомобильных дорог в криолитозоне, конструкции земляного полотна с применением геосинтетических материалов, геотехника в криолитозоне.

Пушкарев Владислав Евгеньевич в 2021 году окончил Тюменский индустриальный университет по специальности «строительство, эксплуата-

ция, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей». С 2021 года – ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия), младший научный сотрудник. Область научных интересов: строительство автомобильных дорог в криолитозоне, мониторинг автомобильных дорог с применением геофизических методов исследования.

Участие авторов

Синицкий А.И. – натурное обследование проветриваемых подполий, температурный мониторинг объектов, редакторская правка текста статьи; Плесовских К.А. – натурное обследование проветриваемых подполий, сбор и первичная обработка материала, построение графиков и диаграмм, работа над текстом статьи;

Пушкарев В.Е. – натурное обследование проветриваемых подполий, сбор и первичная обработка материала, построение графиков и диаграмм, работа над текстом статьи.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Статья поступила в редакцию 01.02.2024 г., принята к публикации 27.02.2024.

The article was submitted on February 01, 2024, accepted for publication on February 27, 2024.

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. № 1. (122). С. 37-48.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. № 1. (122). P. 37-48.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Научная статья

УДК 624.05

doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.003

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРОЕКТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Сергей Дмитриевич Щев

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
shchevsergei@mail.ru

Аннотация. В статье проанализирована степень влияния природно-климатических факторов, присущих районам Крайнего Севера, на процесс строительства. Идентифицированы возможные риски реализации инвестиционно-строительных проектов в условиях Крайнего Севера. Выполнен качественный анализ идентифицированных рисков и осуществлено ранжирование рисков по степени опасности риска. Разработан план реагирования на наступление рисков, характерных для строительства в районах Крайнего Севера.
Ключевые слова: Крайний Север, Арктика, строительство, организация строительства, строительные-монтажные работы в зимних условиях, управление рисками проекта.

Цитирование: Щев С.Д. Управление рисками проекта при строительстве в условиях Крайнего Севера // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. (122). № 1. С. 37–48. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.003.

Original article

PROJECT RISK MANAGEMENT DURING CONSTRUCTION IN THE FAR NORTH

Sergey D. Shchev

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,

St. Petersburg, Russia

shchevsergei@mail.ru

Abstract. The article analyzes the degree of influence of natural and climatic factors inherent in the regions of the Far North on the construction process. Possible risks of implementing investment and construction projects in the Far North have been identified. A qualitative analysis of the identified risks was carried out and the risks were ranked according to the degree of danger of the risk. A plan has been developed to respond to the onset of risks characteristic of construction in the Far North.

Keywords: Far North, Arctic, construction, organization of construction, construction and installation work in winter conditions, Project Risk Management.

Citation: S.D. Shchev. Project risk management during construction in the Far North // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. (122). № 1. P.37–48. Doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.003.

Введение

Развитие районов Крайнего Севера Российской Федерации отвечает политическим и экономическим интересам Российской Федерации, а также интересам национальной безопасности. Развитие и поддержка жилищного строительства, строительства инженерной и социальной инфраструктуры является одной из целей реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645 [1].

Производство строительно-монтажных работ в районах Крайнего Севера осложнено множеством условий, характерных для районов Крайнего Севера. Продолжительный период низких отрицательных температур наружного воздуха, повышенная ветровая нагрузка, крайне низкая

плотность населения, высокая чувствительность экологических систем к внешним воздействиям, тяжелая логистическая цепочка при доставке материалов и рабочих на строительную площадку, высокая сметная стоимость строительства и другие внешние факторы определяют необходимость поиска наиболее эффективной организационно-технологической схемы производства строительно-монтажных работ.

Для достижения целей инвестиционно-строительного проекта, подверженного множеству факторов вероятностного характера, необходимо управление рисками проекта, возникающими в процессе строительства.

Процесс управления рискам проекта заключается в определении и анализе рисков проекта, планировании и выполнении мероприятий по реагированию на риски, а также мониторинг и контроль рисков [2].

Риском называют неопределенное событие или условие, наступление которого отрицательно или положительно сказывается на целях и задачах проекта. Наступление риска может привести к изменению содержания и качества получаемых результатов, сроков исполнения работ и бюджета проекта [2].

В работе разработан план реагирования на риски инвестиционно-строительного проекта, характерные для районов Крайнего Севера, который позволит сократить сроки принятия организационных решений на строительной площадке в условиях неопределенности, обусловленной влиянием вариативных значений природно-климатических факторов районов Крайнего Севера.

Анализ влияния природно-климатических факторов районов Крайнего Севера на строительно-монтажные работы

Среди характерных для районов Крайнего Севера природно-климатических факторов наибольшее влияние на технологию, сроки и стоимость выполнения строительно-монтажных работ оказывает температура наружного воздуха. В зависимости от значений температуры наружного воздуха применяются различные технологии выполнения бетонных, каменных, сварочных, штукатурных работ, так называемых «мокрых процессов», а также выполнения земляных работ [3].

При выполнении «мокрых процессов» в зимних условиях для различных видов работ применяют аналогичные технологии, такие как применение противоморозных добавок, электропрогрев и электрообогрев конструкции при различных режимах прогрева, что определяется организационно-технологической документацией на выполнение работ. Выбор той или иной технологии производства работ и режимов прогрева зависит от значений температуры наружного воздуха [3].

Помимо влияния на технологию выполнения работ температура наружного воздуха оказывает влияние и на производительность работ, что подтверждается исследованиями Федосенко В.Б. в его работе [4], а также исследованием Климова С.Э. [5]. Физиологически обусловлено, что нормальная жизнедеятельность человека, при которой достигим наивысший уровень производительности труда, возможна в достаточно узком интервале температур $+20 \pm 3^\circ$. Отклонение температуры за пределы этого интервала в отрицательную или положительную сторону способствует возникновению физиологического дискомфорта и снижению уровня производительности труда. Физиологические исследования показателя самочувствия человека доказали, что уровень самочувствия человека зависит не только от экстремальности значений температуры и ветра, но и от всей совокупности составляющих климатического фактора (влажности, атмосферного давления и т.д.) [4].

В своей работе [4] Федосенко В.Б. определил зависимость производительности различных видов работ от температуры наружного воздуха, которая отражена в таблице 1.

Согласно работе [4] Федосенко В.Б. на процесс выполнения строительно-монтажных работ влияет и ветровая нагрузка. Например, при достижении скорости ветра значений 10-15 м/с производство монтажных работ не допускается. При оценке влияния ветровой нагрузки на производительность труда Федосенко В.Б. установил, что влияние эффективных отрицательных температур на производительность труда значительно выше влияния ветра [4].

При достижении температуры -35°C производство строительно-монтажных работ на открытом воздухе приостанавливается.

Таблица 1. Таблица экспертной оценки производительности труда [3]

№ кривых		Производительность. 1-я группа. Механизированные работы		Производительность. 2-я группа. СМР, выполняемые на открытом воздухе		Производительность. 3-я группа. Работы, выполняемые в закрытом отапливаемом помещении
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1
1	2	3	4	5	6	7
№№ п/п	Температура воздуха, °С	Механизированные земельные работы, %	Погрузо-разгрузочные работы, %	Все работы, включающие «мокрые» процессы, %	Все работы, не входящие в группу 2-1, %	Все работы, выполняемые в закрытом тепловом контуре, %
1	30	82,92	81,15	73,4	74,53	94,75
2	25	92,43	93,39	94,5	97,8	98,6
3	20	100	100	100	100	100
4	15	100	100	96,4	97,6	100
5	10	100	98,33	94,39	96,35	100
6	5	100	97,18	90,08	92,15	100
7	0	99,11	96,34	82,33	87,47	100
8	-5	98,35	94,32	73,05	81,18	98,4
9	-10	98,01	92,82	46,45	76,38	95,74

Продолжение таблицы 1

№ кривых		Производительность. 1-я группа. Механизированные работы		Производительность. 2-я группа. СМР, выполняемые на открытом воздухе		Производительность. 3-я группа. Работы, выполняемые в закрытом отапливаемом помещении
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1
1	2	3	4	5	6	7
№№ п/п	Температура воздуха, °С	Механизированные земельные работы, %	Погрузо-разгрузочные работы, %	Все работы, включающие «мокрые» процессы, %	Все работы, не входящие в группу 2-1, %	Все работы, выполняемые в закрытом тепловом контуре, %
10	-15	97,87	86,77	29,29	69,54	92,18
11	-20	97,23	72,15	8,11	57,18	86,15
12	-25	94,36	56,18	0	19,12	78,06
13	-30	85,11	31,63	0	0	71,15
14	-35	74,46	12,18	0	0	65,14
15	-40	52,79	0	0	0	61,79

Отличительной чертой проектной документации объектов, строительство которых осуществляется в условиях Крайнего Севера по I принципу использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания здания, является наличие дополнительных требований к устройству фундамента объекта, а именно:

1. Монтаж сезоннодействующих охлаждающих устройств осуществить до ноября текущего года;

2. Выдержать технологический перерыв до конца следующего летнего периода (октябрь), необходимый для понижения температуры грунтов в основании объекта и повышения их несущей способности;

3. По окончании технологического перерыва выполнить испытания грунта статической вдавливающей нагрузкой для подтверждения расчетных значений несущей способности грунта в основании здания.

Требования проектной документации объекта о необходимости выдерживания технологического перерыва до окончания летнего периода (октябрь) и наличие директивного срока завершения строительства определяют необходимость выполнения основных общестроительных работ в зимних условиях. Производством работ в зимних условиях считается осуществление строительно-монтажных работ при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже 5° и минимальной суточной температуре ниже 0° [6].

Управление рисками проекта при строительстве в районах Крайнего Севера

Управление рисками строительных проектов – это комплексный процесс идентификации, классификации, оценки и постоянного мониторинга рисков проекта на всех его этапах. В настоящее время в условиях высокой степени неопределенности внешней среды управление рисками

стало одним из наиболее значимых разделов управления строительными проектами [7].

Как правило, строительные риски приводят к двум нежелательным результатам: к срыву сроков работы и к дополнительным работам на объекте, что приводит к повышению себестоимости строительства. Чтобы этого избежать, необходимо составлять план по управлению рисками [8].

Полностью предотвратить риски в компании невозможно, однако удастся разработать и внедрить необходимые методы их определения, предупреждения и устранения в максимально короткие сроки, чтобы избежать или хотя бы снизить уровень потерь [9].

Хозяйственный руководитель (менеджер высшего звена), находясь в области фатального действия деструктивных факторов, вынужден рисковать, т.е. принимать управленческие решения в условиях недостаточной информации об изменениях и влиянии как внешней среды, так и непредсказуемости возникновения негативных внутренних обстоятельств, надеясь на удачу, что, естественно, требует от него точного расчета, смелости и решительности [10].

Управление рисками проекта осуществляется в несколько этапов:

- идентификация возможность рисков;
- анализ рисков с их дальнейшим ранжированием по степени влияния на цели проекта;
- разработка плана реагирования на возможные риски.

Перечень идентифицированных рисков и их влияние на реализацию инвестиционно-строительного проекта отражен в таблице 2.

Таблица 2. Перечень идентифицированных рисков

№	Описание риска	Последствия возникновения риска
1	Снижение температуры ниже -35°C	Приостановка работ на открытом воздухе. Увеличение сроков строительства
2	Снижение производительности труда из-за понижения температуры наружного воздуха	Увеличение сроков и стоимости строительства
3	Увеличение скорости ветра до 15 м/с при выполнении монтажных работ	Приостановка монтажных работ. Увеличение сроков строительства
4	Снижение температуры ниже -15 °С при бетонировании методом термоса	Отсутствие возможности применения способа термоса при бетонировании. Необходимость электропрогрева бетона. Увеличение стоимости строительства
5	Снижение температуры ниже -40 °С при бетонировании методом электропрогрева	Отсутствие возможности применения электропрогрева при бетонировании. Приостановка бетонных работ. Увеличение сроков строительства
6	Недостаточная несущая способность грунта по результатам статических испытаний после технологического перерыва	Увеличение сроков и стоимости строительства

В целях дальнейшей разработки плана реагирования на возможные риски выполнен качественный анализ идентифицированных рисков.

Качественный анализ рисков – процесс оценки рисков с целью их ранжирования, выполняемый посредством оценки вероятности возникновения и степени воздействия на достижение целей проекта для каждого идентифицированного риска проекта. Результаты качественного анализа позволяют сосредоточить усилия на самых опасных рисках [2].

Для выполнения качественного анализа рисков в соответствии с методикой Бовтеева С.В. [2] принята шкала оценки вероятности наступления риска и оценки влияния наступления риска, отраженные в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Шкала оценки вероятности наступления риска [2]

Оценка	Характеристика	Вероятность	
		баллы	%
Очень низкая	Рисковое событие может произойти только в самых крайних случаях. Раннее такой риск не наступал. Предположение о возможности наступления риска более теоретическое, чем практическое	0,01	Менее 5
Низкая	Редкое рисковое событие, но ранее уже происходило	0,1	5-10
Средняя	Событие уже произошло на одном или двух реальных проектах. Есть свидетельства наступления данного риска	0,2	10-30
Высокая	Рисковое событие вероятно. На предыдущих проектах часто встречались с подобными рисками	0,4	30-60
Очень высокая	Риск, скорее всего, случится. Есть уверенность, что риск произойдет	0,8	60-99

Таблица 4. Шкала оценки влияния наступления риска [2]

Основные параметры проекта	Последствия рисков				
	очень слабые (0,01)	слабые (0,1)	средние (0,2)	сильные (0,4)	очень сильные (0,8)
Содержание (цели)	Незначительные изменения содержания проекта	Изменения коснулись не-большой части содержания	Изменена большая часть содержания	Изменения неприемлемы для заказчика	Продолжение осуществления проекта бессмысленно
Сроки	Незначительное отставание от расписания (до 2%)	Отставание от расписания менее чем на 5%	Отставание от расписания на 5-10%	Отставание от расписания на 10-20%	Отставание от расписания более чем на 20%
Стоимость	Незначительное увеличение стоимости (до 1%)	Увеличение стоимости менее чем на 5%	Увеличение стоимости на 5-10%	Увеличение стоимости на 10-20%	Увеличение стоимости более чем на 20%
Качество	Незначительное снижение качества	Затронута малая часть свойств	Снижение качества требует согласования с заказчиком	Снижение качества неприемлемо для заказчика	Окончательные результаты невозможно использовать

Оценка вероятностей, влияния и опасности идентифицированных рисков в соответствии с принятыми шкалами оценки на основании личного опыта автора и анализа статистических данных представлена в таблице 5. Оценка опасности риска определяется в соответствии с методикой Бовтева С.В. [2] произведением показателя вероятности на показатель влияния, поскольку опасность риска зависит от величины последствий наступления риска и от того, с какой вероятностью наступит данное рисковое событие.

Таблица 5. Оценка показателей вероятностей, влияния и опасности рисков

№	Риск	Вероятность	Влияние	Опасность
1	Снижение температуры ниже -35 °С	0,1	0,1	0,01
2	Снижение производительности труда из-за понижения температуры воздуха	0,4	0,8	0,32
3	Увеличение скорости ветра до 15 м/с при выполнении монтажных работ	0,1	0,1	0,01
4	Снижение температуры ниже -15 °С при бетонировании методом термоса	0,2	0,2	0,04
5	Снижение температуры ниже -40 °С при бетонировании методом электропрогрева	0,01	0,2	0,002
6	Недостаточная несущая способность грунта по результатам статических испытаний после технологического перерыва	0,1	0,8	0,08

На основе анализа опасностей идентифицированных рисков инвестиционно-строительного проекта в условиях Крайнего Севера можно ранжировать риски в следующем порядке:

1. Снижение производительности труда из-за понижения температуры наружного воздуха;
2. Недостаточная несущая способность грунта по результатам статических испытаний после технологического перерыва;
3. Снижение температуры ниже -15 °С;
4. Увеличение скорости ветра до 15 м/с;
5. Снижение температуры ниже -35 °С;
6. Снижение температуры ниже -40 °С.

Исходя из значений степени опасности идентифицированных рисков следует вывод, что наибольшую опасность представляют риск снижения производительности труда из-за понижения температуры наружного воздуха и риск недостаточной несущей способности грунта по результатам статических испытаний после технологического перерыва.

Для определения стратегии действий при возникновении идентифицированных рисков или их предупреждения разработан план реагирования на возникновение таких рисков, отраженный в таблице 6.

Таблица 6. План реагирования на риски

Наименование риска	Опасность риска	Стратегия	План предупреждения	Способы реагирования
Снижение производительности труда из-за понижения температуры наружного воздуха	0,32	Уклонение	Планирование сроков выполнения работ в благоприятный или приемлемый по затратам период на основании анализа данных метеорологических служб застраиваемой территории. Оценка трудоемкости работ с учетом сезонного снижения производительности труда	Увеличение численности рабочих при отсутствии возможности смещения работ на благоприятный период
Недостаточная несущая способность грунта по результатам статических испытаний после технологического перерыва	0,08	Уклонение	Регулярное отслеживание температурных изменений в процессе геотехнического мониторинга для определения тенденции изменения температуры. Анализ работоспособности СОУ. Регулярная очистка техподполья от снежных заносов	При отклонении температуры грунта от расчетных значений — увеличение ветрового потока в техподполье за счет временного монтажа промышленных вентиляторов, принудительное понижение температуры грунта специальными системами термостабилизации. Учесть в проектной документации систему термостабилизации с возможностью принудительного охлаждения
Снижение температуры ниже -15°C при бетонировании методом термоса	0,04	Уклонение	Планирование сроков выполнения работ в период времени с минимальной вероятностью наступления риска	Обеспечить минимальный перенос тепла из монолитной конструкции в окружающую среду. Лабораторный анализ набранной прочности бетона. Конструкторский расчет возможности использования монолитной конструкции при отрицательных отклонениях от заданных параметров с дальнейшим прохождением экспертного сопровождения экспертизы проектной документации
Увеличение скорости ветра до 15 м/с при выполнении монтажных работ	0,01	Принятие	Отсутствует	Приостановка монтажных работ и увеличение продолжительности строительства на соразмерную приостановке величину

Продолжение таблицы 6

Наименование риска	Опасность риска	Стратегия	План предупреждения	Способы реагирования
Снижение температуры ниже -35 °С	0,01	Принятие	Отсутствует	Приостановка работ вне теплового контура и увеличение продолжительности строительства на соразмерную приостановке величину
Снижение температуры ниже -40 °С при бетонировании методом электропрогрева	0,002	Уклонение	Планирование сроков выполнения работ в период времени с минимальной вероятностью наступления риска	Регулярное отслеживание показаний температуры в бетонируемой конструкции. Лабораторный анализ набранной прочности бетона. Конструкторский расчет возможности использования монолитной конструкции при отрицательных отклонениях от заданных параметров с дальнейшим прохождением экспертного сопровождения экспертизы проектной документации

Заключение

Реализация инвестиционно-строительного проекта в условиях Крайнего Севера подвержена множеству вероятностных факторов, которые в той или иной степени влияют на цели, сроки, стоимость и качество реализации проекта. В процессе проектной подготовки строительного производства невозможно гарантированно предусмотреть степень влияния природно-климатических факторов на ход реализации инвестиционно-строительного проекта, поскольку значения тех или иных факторов имеют стохастический характер. Корректировка организационно-технологической схемы строительного производства должна осуществляться на протяжении всего цикла строительства на основании сложившихся обстоятельств. В целях принятия в условиях неопределенности наиболее эффективного решения по корректировке организационно-технологической схемы до начала строительства и на протяжении всего цикла строительства необходимо осуществлять процесс управления рисками проекта, оценивать возможности наступления тех или иных событий, возможные последствия наступления рисков, разрабатывать план реагирования на возникновение таких рисков и осуществлять мониторинг рисков в соответствии с разработанным планом реагирования.

Разработанный план реагирования на риски инвестиционно-строительного проекта, характерные для районов Крайнего Севера, позволит повысить эффективность разработки организационно-технологических

решений строительства за счет оптимизации календарных планов строительства на основании анализа природно-климатических условий конкретной строительной площадки, а также позволит сократить сроки принятия управленческих решений при возникновении тех или иных рисков ситуаций.

Список источников

1. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» // СПС КонсультантПлюс.
2. Бовтеев С.В. Техничко-экономическая оценка строительства : учебное пособие / С.В. Бовтеев ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГА-СУ, 2020. – 150 с.
3. Щев С.Д. Анализ факторов, дестабилизирующих календарный график производства работ при строительстве в условиях Крайнего Севера (обзор) / С.Д. Щев // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2023. – № 1 (118). – С. 6-24.
4. Федосенко В.Б. Теоретические и экспериментальные исследования эффективности строительного производства в условиях Крайнего Севера : специальность 05.23.08 «Технология и организация строительства» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Федосенко Валерий Борисович. – Москва, 2005. – 352 с.
5. Климов С.Э. Развитие теории и совершенствование методологии календарного планирования строительства в суровых условиях Крайнего Севера : специальность 05.23.08 «Технология и организация строительства» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Климов Сергей Эдуардович. – Санкт-Петербург, 2005. – 324 с.
6. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции». Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС и введен в действие с 01 июля 2013 г. – Москва, 2013. – 196 с.
7. Бовтеев С.В. Классификации и параметры рисков строительных проектов / С.В. Бовтеев, Н. К. Р. Хурейни // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 6 (89). – С. 79-86.
8. Ищенко А.В. Анализ рисков строительного производства / А.В. Ищенко, В.А. Жиренкова // Инженерный вестник Дона. – 2021. –

№ 10 (82). – С. 311-319.

9. Тимофеев А.А. Организация процесса управления рисками на строительном предприятии / А.А. Тимофеев, Е.Ю. Бобылева // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 67.
10. Панфилов Р.А. К вопросу о классификации рисков инвестиционно-строительной компании / Р.А. Панфилов, В.Н. Горбунов, Н.М. Драгункина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 514.

Сведения об авторе

Щев Сергей Дмитриевич, 1997 г.р., окончил Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт» по специальности «проектирование технологических машин и комплексов», магистрант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Научные интересы: организация строительства, строительство в условиях Крайнего Севера, управление рисками инвестиционно-строительного проекта, календарно-сетевое планирование.

Статья поступила в редакцию 16.11.2022 г., принята к публикации 27.02.2024 г.

The article was submitted on November 16, 2022, accepted for publication on February 27, 2024.

ГЕОФИЗИКА И ГЛЯЦИОЛОГИЯ

ГЕОФИЗИКА И ГЛЯЦИОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.324.6

doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.004

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДНИКОВ ИГАН, АНУЧИНА И ФОТОГЕОДЕЗИСТОВ В 2023 Г.

*Александр Николаевич Шейн¹, Михаил Николаевич
Иванов², Геннадий Андреевич Носенко³, Иван Иванович
Лаврентьев⁴*

¹Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

^{3,4}Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

¹*A.N.Shein@yandex.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-6520-0551>

²*misha_scout@mail.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-7375-8571>

³*gnosenko@gmail.com*, <https://orcid.org/0000-0002-8760-184X>

⁴*ilavrentiev@gmail.com*, <https://orcid.org/0000-0002-6902-7186>

Аннотация. В работе представлены результаты исследования ледников ИГАН, Анучина и Фотогеодезистов в 2023 г. Получены данные о характеристиках снежного покрова в пределах поверхности ледника ИГАН. Массив полученных данных радарных снегомерных измерений свидетельствует о практически неизменном количестве зимних осадков на протяжении последних лет. Это позволяет сделать вывод о том, что основной причиной интенсивного сокращения ледников Полярного Урала является солнечная радиация в летний период. В августе 2023 г. нами отмечено, что северная (каровая) и южная (присклоновая) части ледника ИГАН разделились физически на два отдельных ледника. Баланс массы 2022/2023 года был отрицательным. На леднике ИГАН обустроена сеть абляционных реек. Ледники Анучина и Фотогеодезистов

значительно уменьшились в размерах, но продолжают существовать.

Ключевые слова: Полярный Урал, ледник, радиолокационное зондирование, снег.

Цитирование: А.Н. Шеин, М.Н. Иванов, Г.А. Носенко, И.И. Лаврентьев. Исследования ледников ИГАН, Анучина и Фотогодезистов в 2023 г. // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. (124). № 1. С. 50-68. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.004.

Original article

STUDIES OF THE IGAN, ANUCHIN AND PHOTOGODESIST GLACIERS IN 2023

Alexandr N. Shein¹, Mikhail N. Ivanov², Gennady A. Nosenko³, Ivan I. Lavrentiev⁴

¹Arctic Research Center, Salekhard, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

^{3,4}Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹A.N.Shein@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6520-0551>

²misha_scout@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7375-8571>

³gnosenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8760-184X>

⁴ilavrentiev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6902-7186>

Abstract. The paper presents the results of a study of the IGAN, Anuchin and Photogeodesist glaciers in 2023. Data on the characteristics of snow cover within the IGAN glacier surface are obtained. The array of data obtained from radar snow measurements indicates an almost constant amount of winter precipitation over the past years. This allows us to conclude that the main reason for the intensive reduction of glaciers in the Polar Urals is solar radiation in the summer. In August 2023 We noted that the northern (loaf) and southern (slope) parts of the IGAN glacier were physically divided into two separate glaciers. The mass balance of 2022/2023 was negative. There is a network of ablation rails on the IGAN glacier. The Anuchin Glacier and the Photos of the surveyors have significantly decreased in size, but they continue to exist.

Keywords: Polar Urals, glacier, radar sensing, snow.

Citation: D. S. A.N. Shein, M.N. Ivanov, G.A. Nosenko, I.I. Lavrentiev Studies of the IGAN, Anuchin and Photogeodesist glaciers in 2023 // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. (122). № 1. P. 50–68. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.004.

Введение

Первые ледники на Полярного Урала были обнаружены А.В. Хабаковым в 1938 г. [1], позже Л.Д. Долгушиным в 1953 г. [2, 3]. Ввиду отсутствия стационарных наблюдений, процессы, формирующие уральские ледники и их режим, оставались не изучены [4]. Наиболее подробные исследования проводились в период Международного геофизического года (1957-1959) и Гидрологического десятилетия (1965-1974). Во время снегомерных съемок через весь Уральский хребет по долинам и на плато было изучено распределение снежного покрова для выявления климатических условий существования ледников Урала [3].

В 1959–1964 гг. выявлены и описаны новые ледники северных районов Урала. Эту работу при помощи материалов аэрофотосъемок и наземных обследований проводили Л.Д. Долгушин (1960), А.О. Кеммерих (1960) и Л.С. Троицкий (1963). К 1964 г. на Урале насчитывалось 143 ледника, а обобщенные сведения всех лет исследований об оледенении вошли в «Каталог ледников СССР» (1966) и монографию «Оледенение Урала» (1966).

В 1960-1970-е годы проведены исследования колебаний ледников, палеогеографических условий и истории развития оледенения в голоцене [5, 7, 8, 9]. В конце 1970-х годов на леднике Обручева реализован масштабный проект – проходка глубоких скважин и тоннелей в леднике для изучения внутренней структуры ледника и течения слоёв [10]. Ледники ИГАН и Обручева на Полярном Урале являлись эталонами изученности в СССР и даже в мире.

С 1981 г. систематические наблюдения за ледниками прекратились. С 2017 г. Научный центр изучения Арктики (г. Салехард), МГУ и ИГ РАН возобновили регулярные исследования на ледниках в районе Хадатинских озёр.

Помимо продолжения исследования на эталонных ледниках, необходимо проводить постоянный наземный мониторинг оледенения, т.к. использование материалов дистанционного зондирования Земли не всегда является достаточным в силу малых размеров ледников и частой облачности.

Кроме научной составляющей, интерес к ледникам обусловлен и другими причинами. Во-первых, таяние и сокращение ледников приводит к активизации ряда опасных процессов, таких как гляциальные паводки, селевые потоки, снежные лавины. Мониторинг оледенения позво-

ляет оценить опасность ситуации и спрогнозировать возможные риски. Второй, и не менее важной, причиной является рекреационная привлекательность ледников и районов их распространения, что обуславливает необходимость разработки безопасных маршрутов.

Объекты исследования

Исследования проходили в среднегорной области, в районе озера Большая Хадата-Юган-Лор на территории Государственного биологического (ботанического и зоологического) заказника регионального (окружного) значения «Горнохадатинский» Приуральского района Ямало-Ненецкого автономного округа (рис. 1). Исследования проводились на ледниках ИГАН, Анучина и Фотогеодезистов.

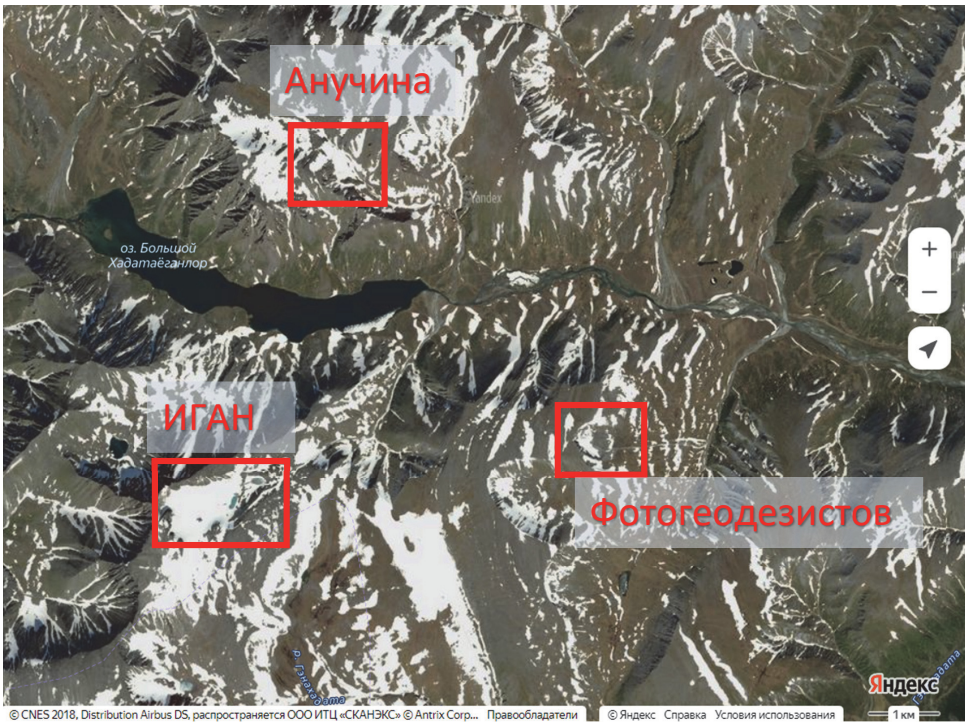


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Основа Яндекс.Карты

Основным объектом изучения стал репрезентативный ледник ИГАН (Института географии Академии наук) как наиболее крупный на Урале, на котором в период с 1958 г. по 1981 г. Полярно-Уральской гляциологической экспедицией Института географии РАН проводились ежегодные наблюдения за балансом массы и фотогеодезический мониторинг изменений размеров ледника. Результаты этих исследований опубликованы в

монографии «Оледенение Урала» [3, 5] и могут быть использованы для сравнения. В настоящее время этот ледник все еще остается самым большим на Полярном Урале. Мощность ледниковой толщи по данным радиолокационного зондирования, выполненного в 2021 г., составляет порядка 100 м [12-13]. Уже тогда отмечалась высокая межгодовая изменчивость снеготолщин, обусловленная спецификой нивально-гляциальных форм рельефа и непостоянством синоптических условий в этом регионе.

Ледник ИГАН (рис. 2-3) – наиболее крупный на Урале, расположен на восточном склоне горы Хар-Наурды-Кеу (1246 м). В соответствии с морфологической классификацией это типичный каровый ледник, который при открытии в 1953 г. был описан как карово-долинный с присклоновой частью. Ледник сложный, состоит из двух морфологически разных частей. Северная каровая часть ледника занимает обширный глубокий ассиметричный кар ВСВ экспозиции. Южная часть представляет собой присклоновый ледник, занимающий восточный склон плато Хар-Наурды-Кеу [1, 11].



Рис. 2. Ледник ИГАН (фото Л.Д. Долгушина, 1953 г.)



Рис. 3. Ледник ИГАН с точки съемки Л.Д. Долгушина 1953 г. (фото М.Н. Иванова, 27.08.2023)

С базисного пункта открывается вид на предполье ледника, которое представляет собой воронкообразную западину (рис. 2-3) с озером, обрамленную боковыми, конечными моренами и ригелем, перекрытым моренами (90-е – 2000-е гг.).

Проведены работы на леднике Анучина, находящемся к северу от оз. Б. Хадата на северном склоне горы Анучина (см. рис. 1). В настоящее время по морфологическим признакам ледник относится к присклоновым, хотя в Каталоге ледников (1966) он еще соответствовал каровому типу. Обнаруженный и зарисованный еще в 1938 году А.В. Хабаковым ледник имеет продолжительный ряд наблюдений.

Состояние ледника Фотогеодезистов, который расположен в 4 км восточнее ледника ИГАН (рис. 1), было оценено впервые за несколько десятков лет.

Измерения характеристик снежного покрова ледника ИГАН

Во время весенней экспедиции в апреле 2023 г. измерения толщины снежного покрова по площади ледника проводились с применением георадара «Око-3» на частотах 400 и 900 МГц, антенна которого, закреплённая на пластиковых санях-волокушах, перемещалась по поверхности ледника (рис. 4). Всего было пройдено порядка 5,0 км продольных и поперечных профилей (рис. 5).



Рис. 4. Проведение радиолокационной съемки снежного покрова (фото А. Шеина, 18.04.2023)

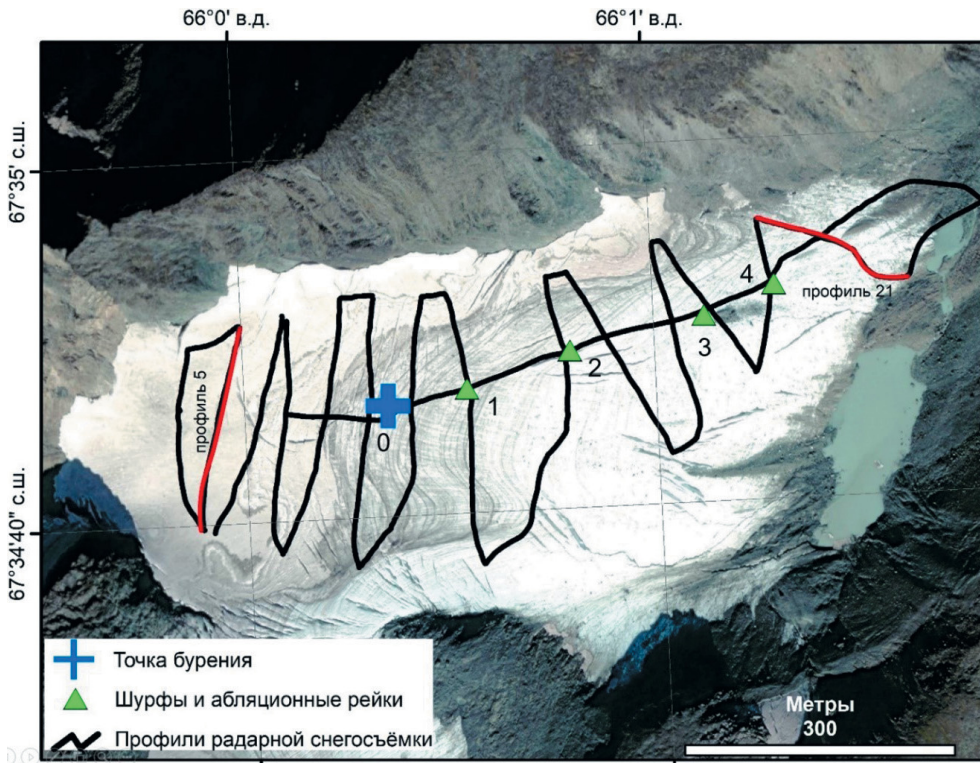


Рис. 5. Маршруты радиолокационной съемки, шурфов и абляционных рек

Таблица 1. Координаты положений скважины и шурфов (WGS84)

№ скважины/шурфа	Широта (N°)	Долгота (E°)	Толщина снега (см)	Глубина забуривания рейки в лед (см)
0	66,004355	67,580597	480	
1	66,006428	67,580728	500	205
2	66,00916	67,58106	500	260
3	66,0127	67,58135	500	
4	66,01456	67,58163	500	250

На рисунке 6 показаны примеры радарограмм, полученных на отдельных участках (рис. 6, красные линии). На них хорошо видна структура снежной толщи и граница между снегом и поверхностью ледника. Диапазон толщин в пределах территории, охваченной съемкой, от 940 см (в тыловой части кара) до 150 см (на языке ледника).

Калибровка данных радиолокационной съемки толщины снега, а также измерения его плотности проводились с использованием традиционных гляциологических методов в шурфах с помощью лавинного шупа, плотномера ВС-43 и весов «Kern». В дополнение применялось оборудо-

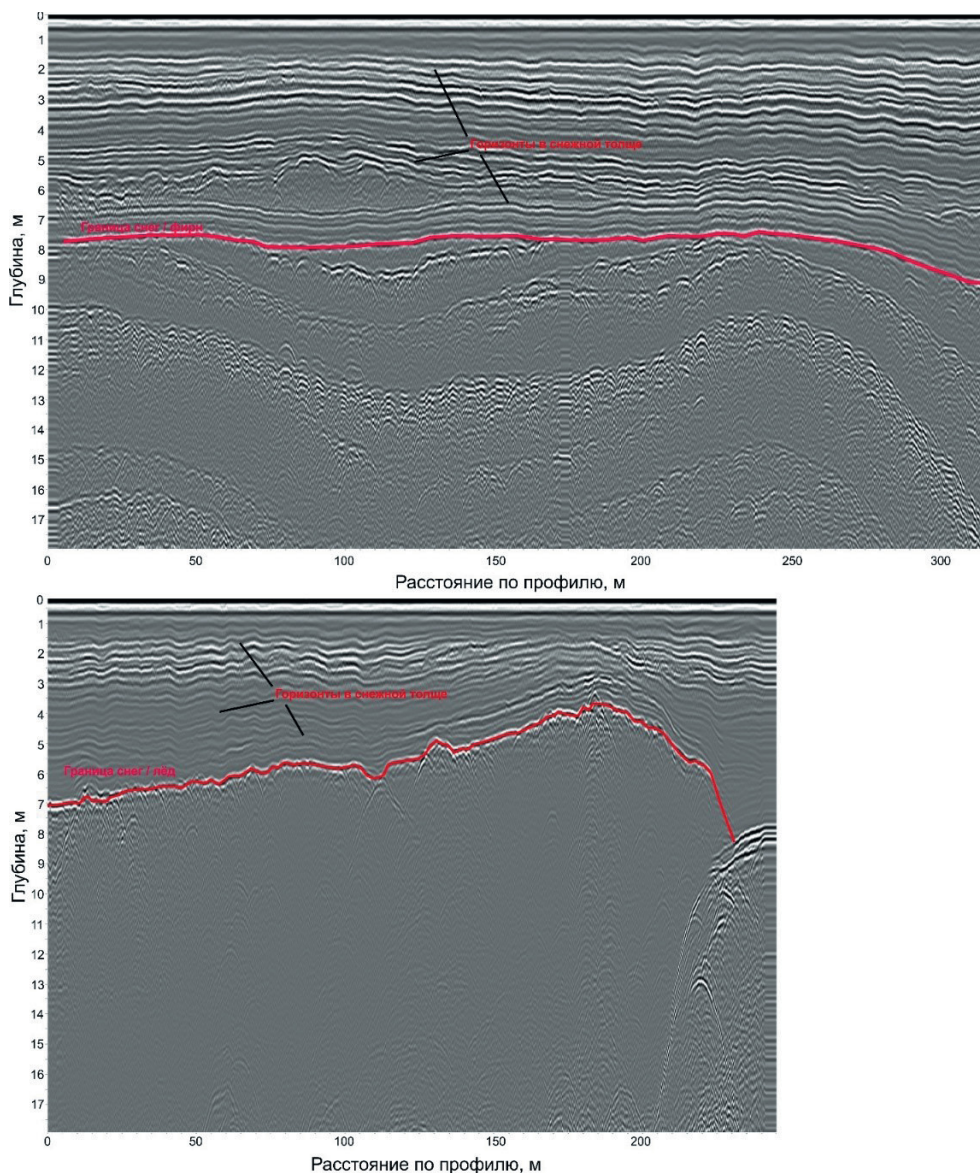


Рис. 6. Радарограммы по профилям № 5 и № 21

вание неглубокого кернового бурения (керновый бур «Kovacs, бензобур «Earthquake»). Измерения плотности снега были выполнены в снежной части керна скважины и шурфах (рис. 5, маркеры 0, 1, 2, 3, 4). Шурфы 1, 2 и 4 были использованы также при забурировании абляционных реек длиной 6 м для оценки величины абляции в конце периода таяния 2023 г. Все измерения сопровождалось координатной привязкой данных – GPS/GLONASS (табл. 1).

По предварительным данным, толщина снежного покрова по осевой линии ледника в 2023 году на участке от буровой скважины до шурфа № 4 была практически неизменной и составила 500 см. Структура снежной толщ без ледяных прослоек, плотность снега в зависимости от глубины находится в диапазоне от 0,30 г/см³ до 0,60 г/см³. Средняя плотность снега порядка 0,45 г/см³.

Сравнение с данными, полученными в шурфах, показало, что точность радиолокационных измерений составляет 10 см (соответственно погрешность оценки толщины снежного покрова не превышает 1÷2%).

Гляциологическое описание и повторное фотографирование ледников

Летние экспедиционные исследования 26-30 августа 2023 г. включали в себя гляциологическое описание и повторное фотографирование ледников Полярного Урала (ИГАН, Анучина, Фотогеодезистов), измерение абляции (снятие показаний с гляциологических реек, установленных в рамках весенней экспедиции и забуривание новых).

Работы на ледниках проводились в конце периода абляции и отражают состояние поверхности на завершение летнего сезона. В дни работы экспедиции преобладала теплая солнечная погода с переменной облачностью и редким выпадением дождя на ледниках. Анализ космических снимков Sentinel-2 (рис. 7) и фотографий туристов показал, что в последние дни сентября площадь льда, освободившаяся от сезонного снега, увеличилась, но незначительно, со второй половины сентября началась аккумуляция.

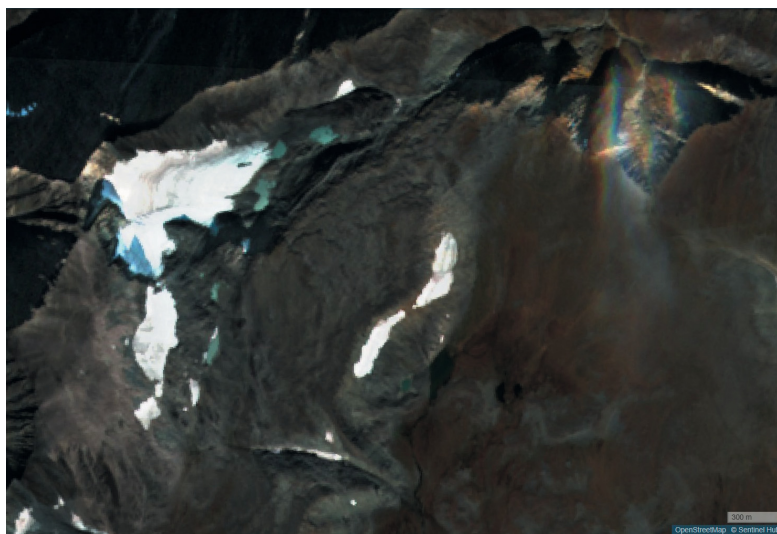


Рис. 7. Ледники ИГАН и Медвежий на космоснимке Sentinel, 12.09.2023 г.

В апреле со дна снежных шурфов были забурены шестиметровые абляционные рейки (см. рис. 5, табл. 1-2). К периоду летних работ на леднике две нижние рейки (2 и 4) почти вытаяли, а верхняя (1) лежала на поверхности ледника над трещиной (рис. 8, 9).

Таблица 2. Абляция на леднике ИГАН с апреля по август 2023 г. по рейкам

№ шурфа и рейки	Широта (N°)	Долгота (E°)	Глубина забуривания рейки в лед (см)	Остаток рейки во льду на 27.08.2023 (см)	Толщина стаявшего льда (см)
1	66,006428	67,580728	205	0	Более 205
2	66,00916	67,58106	260	54	206
4	66,01456	67,58163	250	10	240

В начале летнего периода (в июне) температура воздуха держалась на низких отметках, что замедляло таяние. В июле в районе ледника наблюдалось аномальное потепление, температура воздуха по прогнозу погоды в ночные часы достигала +13 °С, что привело к резкому увеличению интенсивности таяния сезонного снега на леднике толщиной 5 м 2-метрового многолетнего льда.



Рис. 8. Рейка 2
(фото М.Н. Иванова)



Рис. 9. Рейка 1 верх
(фото М.Н. Иванова)

В период наших работ на леднике ИГАН (27-28 августа) практически вся поверхность ледника была свободна от снега (рис. 10), лишь вдоль стенок кара прослеживалась полоса фирна, который выделяется по более серому цвету, и выше неё белая полоса сезонного снега под стенками кара.

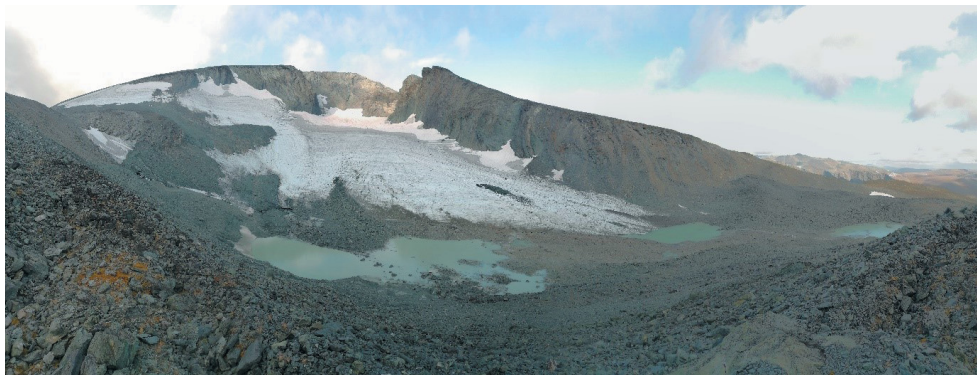


Рис. 10. Ледник ИГАН с приледниковыми озёрами, 27.08.2023
(фото М.Н. Иванова)

Верхнее приледниковое озеро, которое в предыдущие годы непосредственно контактировало с ледником, в этом году в результате значительного стаивания края ледника лишилось ледяного берега. Между краем ледника и озером сформировался террасовидный уступ, сложенный моренным материалом, без видимых выходов коренных пород, возвышающийся над урезом воды на 1 метр. Верхнее озеро, как и в прошлом году, сохраняется на довольно низком уровне, сток осуществляется по двум ручьям, обтекающим холм с базисами 2017 г., на котором расположены камни с отметками положения края ледника на разные годы. Со стороны ледника ручей подмывает край ледникового языка, что привело к образованию клифа в период бурного таяния и последующего обрушения нависающей части с образованием трещины. Среднее озеро постепенно расширяется, по-прежнему контактирует с ледником, который оканчивается в воду в виде ледяного барьера высотой всего до 1 м по сравнению с 6-7 м в 2018-20 гг. Нижнее озеро сохраняется в своём обычном виде.

Внизу правой части ледника над озером открыт грот (рис. 11), достигающий ширины 4-5 м и высоты 1-2 м, переходящий выше в туннель под ледником, через который осуществляется сток талых вод, перехватываемых трещинами в верхней части ледника. Второй грот и подледниковый тоннель вскрывается в отмершей части ледника под базисом Ригель. Толщина заморененного льда достигает 4-5 м, диаметр туннеля до 2-3 м. При современной скорости деградации ледника в ближайшие годы перекрытия этих туннелей обрушатся, что приведёт к ускорению таяния льда по их краям. Вдоль стенок кара хорошо выражены бергш-рунды, на некоторых участках имеющие вид маргинальных каналов за счёт значительного стаивания края снежно-фирновой толщи из-за нагрева скальных стенок.



Рис. 11. Грот ледника ИГАН у верхнего озера (фото М.Н. Иванова)

Нами отмечено, что в результате значительной абляции и вытаявания скального выступа, северная (карровая) и южная (присклоновая) части ледника ИГАН разделились физически на два отдельных ледника (рис. 12).

Между верхним и средним озером на моренном холме мы продолжили маркировать положение края ледника на конец периода абляции, сделана надпись 2023 оранжевой краской (рис. 13). Отступление края ледника на этом участке не более 1 м по сравнению с 2022 г. Отступление около верхнего и нижнего озера более значительное.

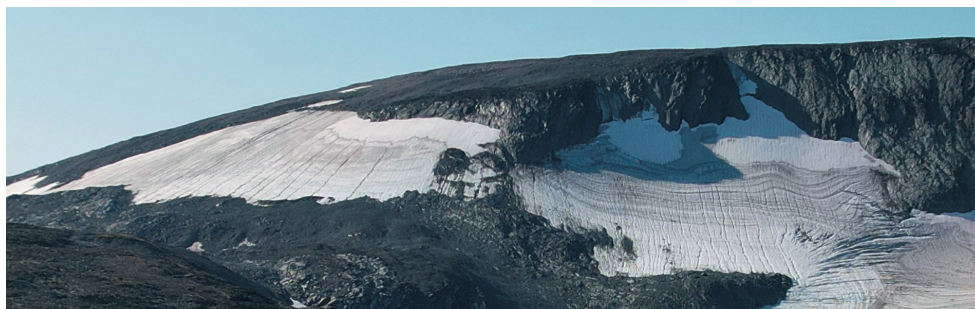


Рис. 12. Верхняя часть ледника ИГАН 05.09.2023 (фото Д. Кузнецова)



Рис. 13. Положение края ледника ИГАН на конец периода абляции (фото М.Н. Иванова)

Мотобуром Iron Mole E73 на леднике ИГАН пробурены скважины глубиной от 4 до 6 м с целью обустройства сети абляционных реек (рис. 14).

Первый профиль заложен в апреле, рейки на нём, после измерения вытаявания, переабурены и добавлены 5 новых (табл. 3, №№1, 2, 4, рис. 14). Второй профиль начат выше, в области питания. Рейка 2023-1 из трёх труб по 196 см забурена в снежно-фирновую толщу. Рейка 2023-2 — это 6 кусков труб суммарно 600 см. Рейка 2023-3 состоит из трубок 134 см (внизу) + 4 шт суммарно 398 см +48 см (вверху). Рейка 2023-4 расположена в правой нижней части ледника, представляет собой стальной трос с грузом из металлического стержня длиной ~50 см с отверстием. Через 2 м, начиная от кончика груза, стальными хомутами промаркированы отметки глубины. На поверхности оставлена петля с продетой в неё доской, чтобы трос не провалился в скважину. Рейка 2023-5 находится ближе к центру нижней части ледника (рис. 14) и представляет собой единую бамбуковую палку длиной 430 см, оставшуюся на леднике с периода 1957-1981 гг.

Таблица 3. Абляционные рейки на леднике ИГАН, установленные 28.08.2023 г.

№ рейки	Широта (N°)	Долгота (E°)	Глубина забуривания рейки в лед (см)	Остаток рейки на поверхности (см)
1	66,006428	67,580728	590	10
2	66,00916	67,58106	590	10
4	66,01456	67,58163	250	10
2023-1	66.001070	67.580607	382	10+196
2023-2	66.005593	67.579798	600	0
2023-3	66.008025	67.579855	580	0
2023-4	66.010329	67.579584	600	~100
2023-5	66.011967	67.579944	350	80

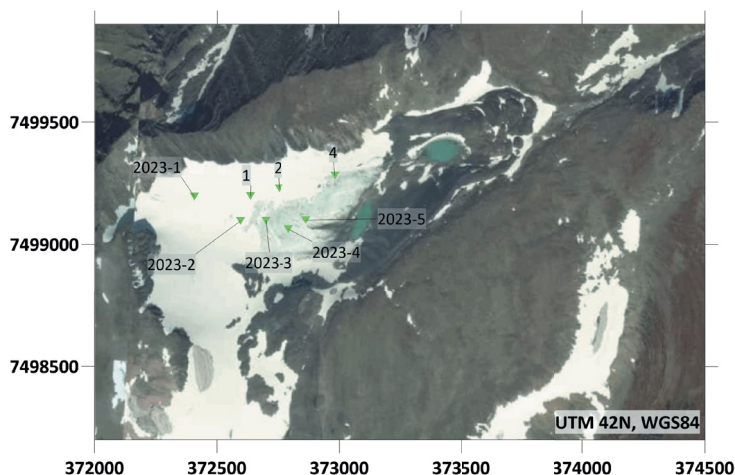


Рис. 14. Сеть абляционных реек, обустроенная в 2023 г.

Осмотр конечно-моренного комплекса МЛП ледника ИГАН показал, что морфология моренной поверхности на проксимальном склоне, в районе дренирования ручья из нижнего озера в подморенную толщу за последний год сохраняется без значительных изменений. На склоне правой береговой морены, вновь наблюдаются свежие террасы отседания, оплывины, радиально-расходящиеся от области дренирования ручья под морену, новый выход погребенного ледяного ядра морены.

На данном участке необходимо продолжение мониторинга льдосодержащей моренной толщи для предупреждения возможности формирования гляциального паводка.

К северу от озера Большая Хадата на северном склоне горы Анучина расположен одноименный типичный присклоновый ледник. По морфологическим признакам ледник относится к присклоновым, хотя в Каталоге ледников (1966) он принадлежал к каровым. Обнаруженный и зарисованный еще в 1938 году А.В. Хабаковым ледник имеет продолжительный ряд наблюдений.

На момент посещения край ледника хорошо выделяется визуально в отличие от предыдущих наблюдений в 2017 и 2020 гг. На леднике Анучина повторно проведена DGPS-съемка. По сравнению с нашим предыдущим обследованием в 2017 и 2020 гг. (рис. 15) выявлено, что визуально ледник уменьшился, поперечный профиль центральной части ледника стал менее выпуклым, что свидетельствует о понижении высоты поверхности и сокращении объёма (рис. 16).



Рис. 15. Ледник Анучина
(фото М.Н. Иванова, 13.08.2017)



Рис. 16. Ледник Анучина
(фото М.Н. Иванова, 29.08.2023)

В наиболее низкой точке ледника на камне сделана отметка положения конца ледника в 2023 г. Вдоль современного северного края ледника протягивается моренный вал, поверхность которого вероятно была перекрыта льдом в середине 20 века, свидетельством чего является тот факт, что она сглажена, сложена в основном окатанными обломками. Ближе к леднику эта поверхность частично перекрыта обломочным неокатанным

материалом (абляционная морена), который вытаял из ледника и спроецировался на подстилающее моренное ложе.

В центральной части проксимального склона современной конечной морены, которая возвышается над ледником примерно на 5 м, формируются трещины отседания. Их образование связано с тем, что вместе с отступанием ледника уменьшилось его давление на моренный вал, грунт протаял, в результате он сползает по ледяному ядру в морене.

Ледник Фотогеодезистов расположен в 4 км от ледника ИГАН (см. рис. 1), в небольшом каре на склоне восточной экспозиции долины ручья Перевальный. Сведений о каких-либо работах на леднике не опубликовано, последняя фотография сделана в 1960 г. (рис. 17), по всей видимости, с тех пор ледник обследован впервые (рис. 18).

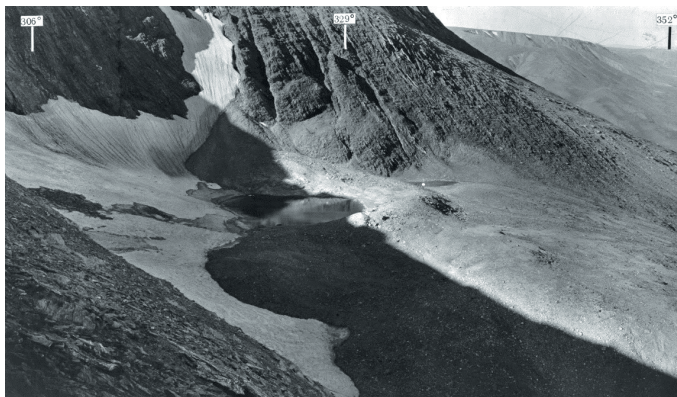


Рис. 17. Ледник Фотогеодезистов (Фото П.Н. Бруевич, август 1960)



Рис. 18. Ледник Фотогеодезистов (фото М.Н. Иванова, 30.08.2023)

В каре 3 разноуровневых мореноподпрудных озера. При обследовании в период МГГ длина ледника достигала 200 м, ширина 400 м. На аэрофотоснимке 1953 г. ледник спускался до нижнего озера, сейчас достигает

только верхнего озера. Ледник уменьшился до 100 м в длину и 200-300 в ширину.

Своим существованием ледник обязан метелевому снегопереносу с обширного плато, расположенного к западу. Повышенная аккумуляция обеспечивает достаточное снегонакопление для поддержания жизни ледника. На его поверхности вверху хорошо выделяются годовые слои, а нижняя часть, уходящая под воду озера, представлена льдом. Современные климатические тренды и озеро в каре способствуют ускоренной деградации этого ледника.

Заключение

Во время весенней экспедиции проведены геофизические и гляциологические исследования, которые включали радиолокационные измерения толщины снежного покрова, балансовые наблюдения на леднике. В результате получены данные о характеристиках снежного покрова в пределах поверхности ледника ИГАН, необходимые для оценки величины аккумуляции в 2022-2023 балансовом году. Предварительно (по результатам осенних наблюдений забуренных снегомерных вех), можно утверждать, что баланс массы 2022/2023 года в очередной раз был отрицательным. Продолжение наблюдений на развернутой сети снегомерных вех позволит в дальнейшем дать количественную оценку его величины.

Массив полученных данных радарных снегомерных измерений свидетельствует о практически неизменном количестве зимних осадков на протяжении последних лет. Это позволяет сделать вывод о том, что основной причиной интенсивного сокращения ледников Полярного Урала является солнечная радиация в летний период.

В августе 2023 г. нами отмечено, что в результате значительной абляции и вытаивания скального выступа, северная (каровая) и южная (присклоновая) части ледника ИГАН разделились физически на два отдельных ледника. Оценка прорывоопасности приледниковых озёр показала их условную стабильность и необходимость дальнейшего мониторинга. На леднике ИГАН обустроена сеть абляционных реек.

Проведены работы на леднике Анучина. По сравнению с предыдущим обследованием в 2017 и 2020 гг. выявлено, что ледник уменьшился, поперечный профиль центральной части ледника стал менее выпуклым, что свидетельствует о понижении высоты поверхности и сокращении объёма.

Состояние ледника Фотогеодезистов было оценено впервые за несколько десятков лет. Ледник значительно уменьшился в размерах, тем не менее благодаря метелевому снегопереносу с обширного плато, расположенного к западу, продолжает существовать. Современные климатические тренды и озеро в каре способствуют ускоренной деградации этого ледника.

Работа выполнена в рамках проекта Западно-Сибирского межрегионального НОЦ «Прогноз деградации мерзлоты и технология автоматизированного контроля несущей способности мерзлых грунтов под объектами капитального строительства»

Список литературы

1. Хабаков А.В. Полярный Урал и его взаимоотношения с другими складчатыми областями // Труды горно-геологического управления. Вып. 15. – М.-Л.: Изд-во Главсевморпути, 1945. – 77 с.
2. Долгушин Л.Д. Ледники Урала и некоторые особенности их эволюции. // Вопросы физической географии Урала. – М.: МОИП. – 1960. – с. 33-60.
3. Троицкий Л.С., Ходаков В.Г., Михалев В.И., Гуськов А.С., Лебедева И.М., Адаменко В.Н., Живкович Л.А. Оледенение Урала – М.: Наука, 1966 – 307 с.
4. Каталог ледников СССР. Том 03. Северный Край. Ч.3 Урал. / Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 52 с.
5. Троицкий Л.С. О современной динамике ледников Полярного Урала. / Гляциологические исследования № 9. – 1963. – М.: АН СССР. – с. 94-102.
6. Сурова Т.Г., Троицкий Л.С., Пуннинг Я.-М. Палеогеография и абсолютная хронология голоцена Полярного Урала. // Изв. АН ЭССР. Химия, Геология. – Таллин: Т. 24, № 2. 1975. – с. 152–159.
7. Троицкий Л.С. Гляциальный морфогенез и история оледенения Полярного Урала в позднем плейстоцене и голоцене // МГИ. Хрон., обс., вып. 28. – М.: ВИНТИ, 1976. – с. 39–54.
8. Мартин Ю.Л. Формирование лишайниковых синузий на моренах ледников Полярного Урала. Автореф. дисс. к.б.н. – Свердловск, 1967. – 22 с.
9. Мартин Ю.Л. Динамика лишайниковых синузий и их биогеохимическая роль в экстремальных условиях среды. Автореф. дисс. д.б.н. – Таллин, 1987. – 22 с.
10. Тюлина Т.Ю. Способы исследования свойств массива льда в тоннеле ледника Обручева. // МГИ. Хрон., обс., вып. 34. – М.: ВИНТИ, 1978. – с. 245–253.
11. Иванов М.Н. Эволюция оледенения Полярного Урала в позднем голоцене. Москва: МГУ, 2013.
12. Носенко Г.А., Муравьев А.Я., Иванов М.Н., Сеницкий А.И., Кобелев В.О., Никитин С.А. Реакция ледников Полярного Урала на современные изменения климата // Лед и снег. – 2020. – № 60(1). – С. 42–57.
13. Лаврентьев И.И., Носенко Г.А., Глазовский А.Ф., Шеин А.Н., Иванов М.Н., Леопольд Я.К. Толщина льда и снежного покрова ледника

ИГАН (Полярный Урал) по данным наземного радиозондирования в 2019 и 2021 гг. // Лёд и снег. 2023;63(1):5-16. <https://doi.org/10.31857/S2076673423010106>

Сведения об авторах

Шеин Александр Николаевич, 1981 г.р., закончил механико-математический факультет НГУ, в 2010 г. защитил кандидатскую диссертацию. «Научный центр изучения Арктики» (Салехард, Россия), ведущий научный сотрудник сектора криосферы, к.ф.-м.н, доцент. Сфера научных интересов: численное моделирование электромагнитных и температурных полей, криолитозона, геотехнический мониторинг, импульсная электро-разведка, электротомография, георадиолокация, процессы вызванной поляризации.

Иванов Михаил Николаевич, 1982 г.р., закончил географический факультет МГУ, в 2012 г. защитил кандидатскую диссертацию. МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, старший научный сотрудник, к.г.н. Сфера научных интересов: исследование колебаний ледников и климата, палеогляциология, эволюция криосферы, катастрофические процессы в криосфере, снежные лавины.

Носенко Геннадий Андреевич, 1953 г.р., в 1977 г. закончил МВТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Проектирование летательных аппаратов», в 1983 г. аспирантуру Института географии РАН, в 1984 г. защитил кандидатскую диссертацию, ведущий научный сотрудник отдела гляциологии Института географии РАН. Сфера научных интересов: режим ледников, изменения климата, методы дистанционного зондирования Земли, снежный покров.

Лаврентьев Иван Иванович, 1981 г.р., закончил географический факультет МГУ, в 2010 г. защитил кандидатскую диссертацию. Старший научный сотрудник отдела гляциологии Института географии РАН, к.г.н. Сфера научных интересов: режим ледников, изменения климата, методы дистанционного зондирования Земли, радиолокационная съемка, керновое бурение ледников.

Участие авторов

Шеин А.Н. — полевые работы, обработка данных, написание и редактирование текста;

Иванов М.Н. — полевые работы, обработка данных, написание и редактирование текста;

Носенко Г.А. – полевые работы, обработка данных, написание и редактирование текста;

Лаврентьев И.И. – полевые работы, обработка данных, написание и редактирование текста;

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Статья поступила в редакцию 26.01.2024 г., принята к публикации 27.02.2024 г.

The article was submitted on January 26, 2024, accepted for publication on February 27, 2024.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 504.4.054 504.4.062.2

doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.005

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕК ПЯКУПУР И КОТУТОЯХА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ВОСТОЧНО-ПЯКУТИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Роман Александрович Колесников¹, Александр Сергеевич
Печкин², Александр Сергеевич Красненко³, Елена
Владимировна Шинкарук⁴*

^{1, 2, 3, 4}Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

¹roman387@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>

²a.pechkin.ncia@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-8558-7247>

³aleks-krasnenko@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-8910-8525>

⁴elena1608197@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4782-6275>

Аннотация. В работе представлены результаты комплексной оценки гидроэкологической обстановки на участках рек Котутояха и Пякупур. Установлено, что водные объекты подвержены влиянию нефтегазового комплекса, осуществляющего добычу и транспортировку нефти в южной части Ямало-Ненецкого автономного округа. В результате нефтеразлива произошло загрязнение рек нефтью. В месте разлива и в нескольких точках ниже по течению наблюдается высокая концентрация нефтепродуктов в воде, однако постепенно их концентрация снижается. Качество воды изменяется от чрезвычайно грязной и очень грязной до умеренно загрязненной. В донных отложениях на обследуемом участке загрязнения нефтепродуктами не зафиксировано, что связано с особенностями их гранулометрического состава и краткосрочностью загрязнения. Авторами разра-

ботаны рекомендации улучшения экологической обстановки на водных объектах и рационализации использования имеющегося водноресурсного потенциала.

Ключевые слова: река Пякупур, река Котутаяха, Пуровский район, Ямало-Ненецкий автономный округ, нефтегазовый комплекс, нефтеразливы, зообентос, нефть, гидроэкология, геоэкология.

Цитирование: Колесников Р.А., Печкин А.С., Красненко А.С., Колесников Р.А., Шинкарук Е.В. Гидроэкологическое состояние рек Пякупур и Котутаяха в зоне воздействия объектов Восточно-Пякутинского нефтегазоконденсатного месторождения // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. №1 (122). С. 70-91. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.005.

Original article

HYDROECOLOGICAL STATE OF THE PYAKUPUR AND KOTUTOYAKHA RIVERS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE EAST-PYAKUTINSKOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD

Roman A. Kolesnikov¹, Alexander S. Pechkin², Alexander S. Krasnenko³, Elena V. Shinkaruk⁴

^{1, 2, 3, 4}Arctic Research Center, Salekhard, Russia

¹roman387@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>

²a.pechkin.ncia@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-8558-7247>

³aleks-krasnenko@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-8910-8525>

⁴elena1608197@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4782-6275>

Abstract. The paper presents the results of a comprehensive assessment of the hydroecological situation in sections of the Kotutoyakha and Pyakupur rivers. It has been established that water bodies are subject to the influence of the oil and gas complex that produces and transports oil in the southern part of the Yamalo-Nenets Autonomous District. As a result of the oil spill, rivers were polluted with oil. At the spill site and at several points downstream, there is a high concentration of oil products in the water, but their concentration is gradually decreasing. Water quality varies from extremely dirty and very dirty to moderately dirty. No contamination with petroleum products was detected in the bottom sediments in the surveyed

area, which is due to the peculiarities of their granulometric composition and the short-term nature of the contamination. The authors have developed recommendations for improving the environmental situation in water bodies and rationalizing the use of existing water resource potential.

Keywords: Pyakupur river, Kotutayakha river, Purovsky district, Yamalo-Nenets Autonomous District, oil and gas complex, oil spills, zoobenthos, oil, hydroecology, geocology.

Citation: Kolesnikov R.A, Pechkin A.S, Krasnenko A.S, Kolesnikov R.A, Shinkaruk E.V. Hydroecological state of the Pyakupur and Kotutayakha rivers in the zone of influence of the East-Pyakutinskoye oil and gas condensate field // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. № 1 (122). P. 70-91. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.005.

Введение

Химический состав речных вод территорий, вовлеченных в хозяйственный оборот, формируется в результате воздействия природных и антропогенных факторов [1]. Поступающие в водотоки при добыче и транспортировке углеводородного сырья загрязняющие вещества вызывают изменения естественных гидроэкологических характеристик рек [2].

Ямало-Ненецкий автономный округ является одним из регионов России, в котором идет активное хозяйственное освоение, связанное с развитием добывающей нефтегазовой промышленности [3]. В южной части региона, где осуществляют добычу и транспортировку нефти и газового конденсата, водные объекты довольно часто подвергаются загрязнению углеводородным сырьем в результате порывов трубопроводов [4]. Безопасность использования этих водных объектов зависит от их экологического состояния. В связи с этим управленческие решения по обеспечению устойчивого функционирования водных объектов должны основываться на комплексных гидроэкологических исследованиях [5].

Цель исследования – провести комплексную оценку гидроэкологической обстановки и разработать перечень мероприятий по обеспечению рационального использования водноресурсного потенциала реки Пякупур и ее притока реки Котутаяха, находящихся в зоне влияния инфраструктуры Восточно-Пякутинского нефтегазоконденсатного месторождения.

В качестве объекта исследований были выбраны река Пякупур и ее левый приток река Котутаяха. Исследования проведены на участке влияния на водотоки инфраструктуры Восточно-Пякутинского нефтегазоконденсатного месторождения. На месторождении осуществляется

добыча нефти. Месторождение расположено на территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа в бассейне реки Пякупур, в верховьях ее левых притоков, на северном склоне Сибирских Увалов. Район представляет собой озерно-аллювиальную равнину, заболоченную, изрезанную сетью долин многочисленных притоков реки Пякупур. Месторождение приурочено к Восточно-Пякутинскому локальному поднятию Надымской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В пределах месторождения три нефтяные залежи пластово-сводового и литологически экранированного типов.

Месторождение находится в районе с развитой инфраструктурой. Грунтовыми и бетонными дорогами оно связано с другими месторождениями и с городами Ноябрьск и Муравленко. В 10 км к востоку проходит нитка продуктопровода от Суторминского месторождения, по которой осуществляется транспортировка нефти и растворенного газа до Холмогорского и Федоровского месторождений и далее по магистральному нефтепроводу до г. Омска. По территории месторождения также проходят внутрипромысловые нефтепроводы. В 10 км севернее от слияния рек Котутаяха и Пякупур устроен нефтепровод, который пересекает реку Котутаяху в ее нижнем течении.

В июле 2020 года от Русского географического общества в адрес ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» поступило обращение с просьбой провести геоэкологическую оценку состояния рек Пякупур и Котутаяха в связи с попаданием углеводородного сырья с территории месторождения в водные объекты из-за аварии на трубопроводе.

Материалы и методы исследования

Комплексная гидроэкологическая оценка рек Пякупур и Котутаяха выполнена в 2020-2021 годах. Участок проведения работ: устье реки Котутаяха, участок реки Пякупур от места впадения реки Котутаяха до автомобильного моста через реку Пякупур (301-302 км а/д Сургут-Салехард). Координаты расположения станций отбора проб и проведения гидрологических работ, а также информация по ним приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Краткая характеристика станций отбора проб и проведения гидрологических работ

№ станции отбора проб	Координаты	Место отбора	Дата и время отбора	Условия отбора проб
Пяк-1	63°30'1.47"С 74°33'41.99"В	2 км от моста через р. Пякупур на 301-302 км а/д Сургут – Салехард, 56 км от г. Ноябрьск	06.07.2020 10:00	Пробы отобраны на расстоянии 15 м от левого берега. Проба воды отобрана с глубины 0-15 см. Скорость течения 0,37 м/с. Глубина 1,8 м. Температура воды +18,3°С. Нефтяной пленки не зафиксировано, характерный запах отсутствует
Пяк-2	63°29'42.79"С 74°29'58.64"В	5 км от моста через р. Пякупур на 301-302 км а/д Сургут – Салехард, 58 км от г. Ноябрьск	06.07.2020 12:00	Пробы отобраны на расстоянии 15 м от левого берега. Проба воды отобрана с глубины 0-15 см. Скорость течения 0,35 м/с. Глубина 2 м. Температура воды +18,7°С. Нефтяной пленки не зафиксировано, характерный запах отсутствует
Пяк-3	63°29'22.25"С 74°25'4.97"В	12-й км от моста через р. Пякупур на 301-302 км а/д Сургут – Салехард, 64 км от г. Ноябрьск	06.07.2020 14:00	Пробы отобраны на расстоянии 10 м от левого берега. Проба воды отобрана с глубины 0-15 см. Скорость течения 0,39 м/с. Глубина 1,87 м. Температура воды +18,7°С. На поверхности воды отмечены участки с радужной нефтяной пленкой, пробы воды имеют характерный запах нефтепродуктов
Пяк-4	63°30'24.29"С 74°16'25.95"В	17 км от моста через р. Пякупур на 301-302 км а/д Сургут – Салехард, 68 км от г. Ноябрьск	06.07.2020 16:00	Пробы отобраны на расстоянии 10 м от левого берега. Проба воды отобрана с глубины 0-15 см. Скорость течения 0,35 м/с. Глубина 1,90 м. Температура воды +18,4°С. Поверхность воды повсеместно покрыта нефтяной радужной пленкой, сильный запах нефтепродуктов
Пяк-5	63°31'8.43"С 74°15'41.35"В	Устье р. Котутаяха	06.07.2020 18:00	Пробы отобраны в центральной части русла на расстоянии 8 м от правого берега. Проба воды отобрана с глубины 0-15 см. Скорость течения 0,42 м/с. Глубина 2,3 м. Температура воды +18,0°С. Расстояние до места впадения в реку Пякупур 190 м. На расстоянии 180 м от точки отбора находятся боновые заграждения. Поверхность воды повсеместно покрыта нефтяной радужной пленкой, сильный запах нефтепродуктов. В районе бонов большое скопление нефти, часть которой перетекает через них



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ







- | | |
|--|---|
|  - Реки |  - Граница месторождения |
|  - Озера и старицы |  - Места отбора проб |
|  - Лес и заболоченные участки |  - Расположение трубопровода |

Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб и мест проведения гидрологических работ

Наблюдения за качественными и количественными показателями стока рек велись на 4 станциях реки Пякупур и 1 станции реки Котутаяха (таблица 1, рисунок 1). Выбор мест их расположения проводился на основе [6].

Полевые исследования выполнены в июле 2020 года, лабораторные исследования и камеральная обработка данных осуществлены в период с июля 2020 года по сентябрь 2021 года.

Полевые исследования включали обследование водотоков, водоохранных зон, отбор проб воды и донных отложений, отбор гидробиологических проб, измерение расходов воды с помощью гидрометрической микровертушки ГМЦМ-1. Изучение химического состава вод в полевых условиях (растворенный кислород, температура, электропроводность, рН, Eh, минерализация) проводились с помощью переносной комплект-лаборатории «Обь» (НПП «Инфраспак – Аналит» г. Новосибирск).

Отбор проб поверхностных вод для количественного химического анализа проводился в соответствии с требованиями [7, 8]. Пробы дон-

ных отложений весом 1 кг каждая отбирались в полиэтиленовые пакеты с zip-застежкой согласно [9].

Лабораторные исследования и камеральная обработка данных выполнены в период с июля 2020 года по сентябрь 2021 года. Стационарные измерения химического состава воды и донных отложений осуществлены на базе химико-аналитической лаборатории ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (лицензия Р/2019/3954/100/Л Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, по методикам, допущенным для выполнения измерений, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора).

В пробах поверхностной воды в лабораторных условиях определялось содержание NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , нефтепродуктов. Для определения массовой концентрации содержания нефтепродуктов в пробах природных вод и донных отложений флуориметрическим методом проводили их экстракцию гексаном. Полученный экстракт исследовали на анализаторе жидкости «Флюорат 02-5М» [10, 11]. Диапазон измерений концентраций для гексанового экстракта воды составляет 0,005–50 мг/дм³, для донных отложений составляет 0,005–20 мг/г.

В пробах донных отложений определялось содержание Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb и нефтепродуктов. Измерение концентрации химических элементов в образцах донных отложений выполнялось с использованием метода рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа (РФАЭД) на спектрометре БРА 135-f (АО НПП «Буревестник», г. Санкт-Петербург).

Оценка качества поверхностных вод проводилась на основании сопоставления результатов количественного химического анализа с предельно допустимыми концентрациями для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рыбхоз}) [12] и со средними региональными значениями контролируемых компонентов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, рассчитанных для Пуровского района [13]. Оценку качественных показателей стока проводили на основе расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ). Расчет ИЗВ выполнили по [14]:

$$\text{ИЗВ} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}(\text{СРЗ})_i} \right) / 6,$$

где n – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшее значение, независимо от того, превышают они ПДК (СРЗ) или нет (для поверхностных вод суши $n = 6$); C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества в воде; ПДК _{i} – предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества.

В соответствии с величиной ИЗВ установлены классы качества воды [14] (таблица 2).

Таблица 2. Индексы загрязнения воды и соответствующие им градации экологической опасности, а также классы качества воды

Класс качества воды	Уровень экологической опасности	Индекс загрязнения воды (ИЗВ)
1	Очень чистая	< 0,3
2	Чистая	0,3-1,0
3	Умеренно загрязненная	1,0-2,5
4	Загрязненная	2,5-4,0
5	Грязная	4,0-6,0
6	Очень грязная	6,0-10,0
7	Чрезвычайно грязная	> 10

Для донных отложений результаты количественных химических анализов сравнивались со средними региональными значениями контролируемых компонентов Ямало-Ненецкого автономного округа, рассчитанных для водных объектов Пуровского района [13]. Для количественной оценки степени загрязнения были рассчитаны коэффициент концентрации и суммарный показатель загрязнения в донных отложениях.

Для металлов в донных отложениях был определен коэффициент концентрации (K_k), в основе расчета которого лежит метод, основанный на градации кратности превышения содержания загрязняющих веществ относительно выбираемых показателей качества донных отложений [15]:

$$K_k = \frac{C_i}{C_{\phi}}$$

Оценка уровня загрязнения донных отложений является сложной задачей, так как для них не существует общепринятых предельно допустимых концентраций (ПДК), и поэтому в качестве критерия оценки служит суммарный показатель загрязнения (Z_c) и рассчитывается для каждой точки отбора проб по формуле [15]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_k(n - 1)$$

где K_k - коэффициент концентрации, n – число учитываемых элементов.

Отбор гидробиологических проб производился в преобладающих биотопах. На мягких грунтах использовался дночерпатель Петерсена, на песках и в зарослях – донный скребок, с захватом $1/4 \text{ м}^2$ с капроновым газом №23 (размер ячеек 350 мкм). Фиксация гидробиологических проб проводилась 95% этанолом. Камеральная обработка проведена стандартными

методами [16, 17] с использованием микроскопов МБС-10 ЛОМО с фотонасадками. Таксономическая идентификация зообентоса проводилась с использованием общепринятых определителей [18].

При изучении структуры макрозообентоса анализировали общее число видов (видовое богатство), численность (N , экз./м²), биомассу (B , г/м²). Для определения экологического состояния водоёмов использовался индекс Вудивисса рекомендованный [19].

На камеральном этапе выполнили заключение о современном гидро-экологическом состоянии рек Пякупур и Котутаяха в зоне влияния объектов Восточно-Пякутинского нефтегазоконденсатного месторождения, а также разработку природоохранных мероприятий. В качестве экологических норм (в соответствии с требованиями Минприроды России) использовались предельно-допустимые концентрации (ПДК) для водоемов рыбохозяйственного значения [12] и региональные значения содержания контролируемых компонентов для Пуровского района [13].

Физико-географическое описание объекта исследований. Река Пякупур протекает на севере Западной Сибири в юго-западной части Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа. Является левым притоком р. Пур. Образуется слиянием рек Янгъягун и Нючавотыяха, которые берут начало на северном склоне Сибирских Увалов. Длина реки 542 км, площадь бассейна 31,4 тыс. км². В бассейне реки насчитывается 1140 водотоков и около 32,6 тыс. озер. Основные притоки Вэнгапур и Пурпе. Питание преимущественно снеговое. Половодье начинается в мае, достигает пика спустя 2-3 недели и заканчивается в июле-августе. Средняя продолжительность половодья 2,5 месяца. Наибольшие многолетние колебания уровня – 5,4 м. Средний расход воды 305 м³/с, наибольший – свыше 3000 м³/с. Замерзает обычно во второй половине октября, вскрывается – в третьей декаде мая – начале июня. Средняя продолжительность ледостава 220 дней, средняя толщина льда в конце зимы 85 см. Река Котутаяха является левым притоком р. Пякупур. Вытекает из болот, в 17 км западнее от г. Муравленко. Длина реки 58 км, основные притоки Екусяяха и Ёхтынъях [20].

Результаты и обсуждение

В ходе визуального осмотра исследуемых рек было установлено, что участок реки Котутаяха в ее нижнем течении и до места впадения в реку Пякупур, а также участок реки Пякупур от места впадения в нее реки Котутаяха до станции Пяк-3 загрязнены углеводородной жидкостью с характерным нефтяным запахом и свойственной для углеводородов маслянистой пленкой радужного цвета образующейся на поверхности воды (рисунок 2).

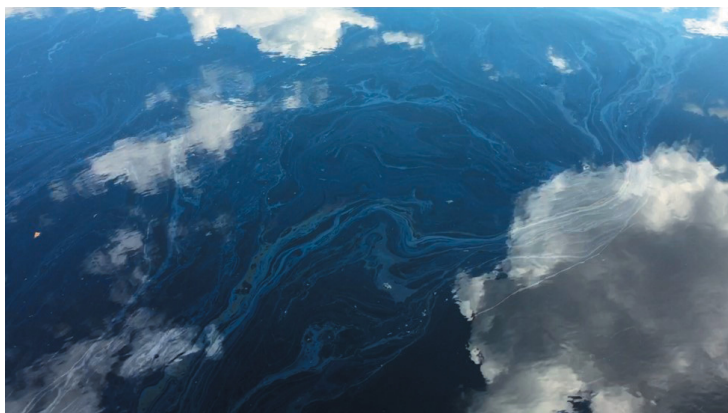


Рис. 2. Нефтяная пленка на поверхности воды реки Пякупур

При обследовании берега реки Пякупур было выявлено, что он во многих местах захламлен коммунальными отходами (бытовой мусор, стеклотара, жестяные и пластиковые банки, газовые зажигалки, разбитые пластиковые канистры из-под горюче-смазочных материалов и т.д.), брошенными рыбаками, туристами. В условиях жаркой погоды данные объекты могут стать причиной возникновения лесных пожаров. На берегу реки Котутаяха в районе установленного бонового заграждения зафиксированы 4 шурфа, в которых находилась собранная с бонов нефть (рисунок 3).



Рис. 3. Боновое заграждение на реке Котутаяха и шурф, заполненный нефтью, уловленной боровым заграждением

Перечисленные выше нарушения оказывают негативное воздействие на экологическое состояние исследуемых рек, снижают рекреационную ценность водотоков. Поэтому необходимо не допускать разливов нефти и предотвращать ее попадание в водные объекты. Также следует ликвидировать захламление водоохраных зон изученных водных объектов.

Данные количественного химического анализа показали, что на всех станциях отбора проб реакция среды слабокислая (рН изменяется от 4,7 до 6,5). Исключение составляет станция Пяк-1 в районе моста через реку Пякупур. Здесь реакция среды нейтральная, рН достигает 7,6 (таблица 3).

Таблица 3. Результаты количественного химического анализа поверхностной воды исследуемых участков рек Пякупур и Котутаяха

Станция отбора проб	рН	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	PO_4^{3-}	Нефтепродукты
	отн. ед	мг/дм ³				
Пяк-1	7,6	1,01	0,26	0,12	< 0,05	0,079
Пяк-2	5,6	1,31	0,29	0,12	< 0,05	0,2
Пяк-3	6,5	1,25	0,25	0,12	< 0,05	0,637
Пяк-4	4,7	1,44	0,29	0,12	< 0,05	5,3
Пяк-5	5,7	1,16	0,19	< 0,02	3,44	70,3
ПДК	6,7	0,5	40	0,08	0,15	0,5
СРЗ	6,7	0,63	0,52	не норм.	0,1	0,013

Во всех отобранных пробах зафиксировано содержание нефтепродуктов гораздо выше, чем наблюдается в фоновых пробах рек Пуровского района. Наибольшие концентрации выявлены в реке Котутаяха. Превышение природного фона составляет 5408 раз, превышение установленного ПДК_{рыбхоз} в 141 раз (таблица 3).

В реке Пякупур наибольшая концентрация нефтепродуктов фиксируется в пробах, отобранных вблизи места впадения реки Котутаяха (станция Пяк-4). Фоновые показатели превышены в 49 раз, 1,3 ПДК_{рыбхоз}. Ниже по течению концентрации нефтепродуктов постепенно уменьшаются, однако по-прежнему они выше фоновых показателей в 6-15 раз.

На всех станциях отбора в поверхностной воде фиксируется довольно высокое содержание азота аммонийного (NH_4^+), его концентрации варьируют от 1,01 мг/дм³ до 1,44 мг/дм³. По NH_4^+ превышение фонового показателя в 2-2,9 раз или 1,6-2,3 ПДК_{рыбхоз}.

Содержание NO_3^- в воде станции отбора проб реки Котутаяха составляет 0,19 мг/дм³, в реке Пякупур изменяется от 0,25 до 0,29 мг/дм³. Данные концентрации ниже среднерегиональных значений, рассчитанных для Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа (0,52 мг/дм³) и ПДК_{рыбхоз} (40 мг/дм³).

Концентрации NO_2^- в реке Котутаяха низкие, $0,02 \text{ мг/дм}^3$ при средне-региональном значении, рассчитанном для Пуровского района $0,08 \text{ мг/дм}^3$. В реке Пякупур напротив содержание диоксида азота в 1,5 раза выше среднерегионального значения и находится на уровне $0,12 \text{ мг/дм}^3$ на всех станциях отбора проб.

Содержание фосфатов (PO_4^{3-}) минимально в реке Пякупур и составляет менее $0,05 \text{ мг/дм}^3$ на всех станциях отбора проб при среднерегиональном значении $0,1 \text{ мг/дм}^3$ и $\text{ПДК}_{\text{рыбхоз}} 0,15 \text{ мг/дм}^3$. В реке Котутаяха концентрация фосфатов наоборот довольно высокая и составляет $3,44 \text{ мг/дм}^3$ (23 $\text{ПДК}_{\text{рыбхоз}}$, 34 СРЗ). Необходимо отметить, что такое высокое содержание PO_4^{3-} фиксируется в пробах той же станции отбора, где наблюдается максимальное содержание нефтепродуктов (Пяк-5) (таблица 3).

Расчеты ИЗВ показали, что наиболее высокое загрязнение наблюдается в реке Котутаяха (Пяк-5). Значение ИЗВ более 10, по уровню экологической опасности вода относится к чрезвычайно грязной, класс качества воды седьмой. К чрезвычайно грязной воде седьмого класса относится также участок от места впадения реки Котутаяха в реку Пякупур до станции отбора проб Пяк-4 реки Пякупур. На данном участке ИЗВ тоже более 10. Основной вклад в загрязнение воды вносит содержание нефтепродуктов (Таблица 4).

Таблица 4. Результаты расчета ИЗВ, классы качества воды и уровни экологической опасности для рек Пякупур и Котутаяха

Станция отбора проб	ИЗВ (с учетом СРЗ)		
	ИЗВ	Класс качества воды	Уровень экологической опасности
Пяк-1	1,7	3 класс	Умеренно загрязненная
Пяк-2	3,3	4 класс	Загрязненная
Пяк-3	8,7	6 класс	Очень грязная
Пяк-4	74	7 класс	Чрезвычайно грязная
Пяк-5	902	7 класс	Чрезвычайно грязная

Постепенно от станции отбора проб Пяк-3 к станции Пяк-1 ИЗВ снижается от 8,7 (Пяк-4) до 1,7 (Пяк-1). Вода из очень грязной (6-й класс) и загрязненной (4-й класс) превращается в умеренно загрязненную (3-й класс) (таблица 4).

В гранулометрическом составе донных отложений реки Пякупур доминирует фракция песка среднего ($0,5-0,25 \text{ мм}$), его содержание колеблется в пределах 74-92 %. Величина других фракций не велика, количество песка мелкого ($0,25-0,1 \text{ мм}$) находится в пределах 6-8 %, более мелкие фракции – на уровне 1-2 % (таблица 5).

Таблица 5. Гранулометрический состав донных отложений исследуемых участков рек Пякупур и Котутаяха

Станция отбора проб	Размер фракций, мм				
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,05-0,01	< 0,01
Содержание в %					
Пяк-1	1	90	8	1	0
Пяк-2	2	89	7	2	0
Пяк-3	1	92	6	1	0
Пяк-4	23	74	2	1	0
Пяк-5	44	52	3	1	0

Несколько иная ситуация наблюдается на участке от места впадения реки Котутаяха в реку Пякупур до станции отбора проб Пяк-4 реки Пякупур. При высоком содержании фракции песка среднего (до 74 %) наблюдается увеличение песка крупного (до 23 %). При этом количество песка мелкого падает до 2 %, более мелкие фракции размером 0,05-0,01 и менее 0,01 практически отсутствуют.

В донных отложениях исследуемого участка реки Котутаяха отмечено высокое количество фракции песка крупного (44 %) и песка среднего (52 %). Песок мелкий находится на уровне 3 %. Мелкодисперсные фракции практически отсутствуют, не более 1 %.

Особенности гранулометрического состава, в котором доминируют песчаные фракции и практически отсутствуют мелкодисперсные, илистые фракции определяют то, что в донных отложениях слабо аккумулируются загрязняющие вещества, так как происходит десорбция поллютантов в растворенное состояние. В результате концентрации загрязнителей в донных отложениях на таких участках довольно низкие, при высоких содержаниях в воде.

Химический анализ донных отложений показал, что реакция среды их водных растворов слабокислая, рН водной вытяжки 6,36-6,47, что соответствует среднерегionalному значению для Пуровского района ЯНАО.

Содержание нефтепродуктов в донных отложениях увеличивается по мере приближения к месту разлива нефти в реке Котутаяха и изменяется от 0,03 мг/кг на станции Пяк-1 до 6,47 мг/кг на станции Пяк-5 (таблица 6). Данные концентрации ниже среднерегionalного значения, установленного для донных отложений Пуровского района - 6,47 мг/кг. Вероятно, что указанный факт связан с особенностями гранулометрического состава, описанными выше в данной статье. Также это может указывать на краткосрочность загрязнения изучаемых рек нефтью, из-за чего они не успели накопиться в донных отложениях.

Таблица 6. Результаты количественного химического анализа поверхностной воды исследуемых участков рек Пякупур и Котутаяха

Станция отбора проб	рН водной вытяжки	Нефте-продукты	Хром	Марганец	Железо	Медь	Свинец	Цинк	Никель
	ед. рН								
Пяк-1	6,40	0,03	5,75	37,22	10512,11	1,93	2,7	4,96	1,97
Пяк-2	6,45	0,05	6,09	56,02	10225,59	1,29	2,62	4,89	2,37
Пяк-3	6,47	0,05	4,39	10,19	9678,04	1,03	1,31	4,81	1,93
Пяк-4	6,45	1,61	4,34	20,77	9778,74	0,98	1,97	3,56	1,89
Пяк-5	6,36	5,78	4,88	22,82	8296,60	0,86	1,11	4,33	1,31
СРЗ	6,37	6,47	10,56	179,09	13561,70	2,59	4,03	12,94	4,15

Концентрация железа в донных отложения изменяется в пределах 8296,60-10512,11 мг/кг, что не превышает среднерегionalные фоновые значения в Пуровском районе ЯНАО. Содержание марганца находится в пределах 10,19-56,02 мг/кг, что несколько ниже среднерегionalного значения 179,09 мг/кг. По остальным анализируемым металлам (свинец, цинк, хром, медь и никель) наблюдается аналогичная ситуация, концентрации данных металлов ниже среднерегionalных фоновых значений в 1,5-2,5 раза. В отличии от нефтепродуктов наибольшее количество всех изученных металлов и особенно железа, марганца, свинца, меди, зафиксировано в точках, находящихя ближе к мостовому переходу (таблица 6).

Рассчитанный коэффициент концентрации (Кк) исследуемых металлов показал, что наибольшее их накопление происходит на станциях отбора проб, расположенных ближе к мостовому переходу через реку Пякупур автомобильной дороги Салехард-Сургут (рисунок 4).

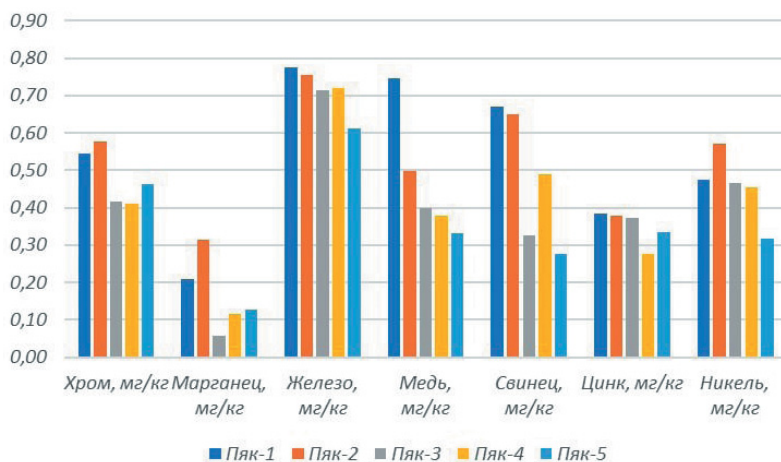


Рис. 4. Коэффициенты концентрации металлов в донных отложениях

Суммарный показатель загрязнения донных отложений (Z_c) изменяется от 23 (Z_c) для донных отложений реки Котутаяха до 17-20 (Z_c) для донных отложений реки Пякупур. Рассчитанные показатели указывают на средний уровень загрязнения донных отложений. Наибольшие показатели $Z_c = 23$ и 20 фиксируются на участках с наивысшей концентрацией нефтепродуктов (станции Пяк-5 и Пяк-4). Также довольно высокий показатель загрязнения ($Z_c = 19$) на станции Пяк-1 в районе моста, где при очень низком содержании нефтепродуктов наблюдаются наиболее высокие концентрации железа, марганца, свинца, меди (таблица 7).

Таблица 7. Суммарный показатель загрязнения донных отложений

Станция отбора проб	Суммарный показатель загрязнения донных отложений	Уровень загрязнения
Пяк-1	19	Средний
Пяк-2	18	Средний
Пяк-3	17	Средний
Пяк-4	20	Средний
Пяк-5	23	Средний

В ходе проведения работ авторами были даны гидробиологические характеристики исследованных объектов. Сообщества зообентоса являются удобным объектом для наблюдений за антропогенными изменениями, динамикой процессов самоочищения и эволюцией водных экосистем [21]. Видовой состав и характеристики сообществ донных беспозвоночных широко применяются в различных системах биоиндикации и гидробиологического мониторинга за состоянием водных экосистем. В загрязненных водоемах и водотоках из его состава выпадают целые группы беспозвоночных животных, происходят изменения таксономического состава зообентоценозов. Состав населения водоемов и водотоков остается относительно стабильным, если они находятся в своей естественной среде обитания [22, 23].

Несмотря на количество нефтепродуктов в донных отложениях, не превышающее среднерегиональное значение, исследования показали, что биота реагирует достаточно сильно на нефтяное загрязнение воды. В пробах обследованного участка реки было зарегистрировано 8 таксонов макробеспозвоночных. Наибольшим видовым богатством характеризовались личинки двукрылых (5 видов). Зарегистрирован 1 вид пиявок, 3 вида двусторчатых моллюсков и 2 вида жесткокрылых (таблица 8).

Таблица 8. Структура зообентоса реки Пякупур

Таксон	Станция Пяк-1		Станция Пяк-2		Станция Пяк-3		Станция Пяк-4		Станция Пяк-5	
	экз/м ²	г/м ²	экз/м ²	г/м ²	экз/м ²	г/м ²	экз/м ²	г/м ²	экз/м ²	г/м ²
Nematoda	4	0,01	20	0,02	4	0,01	-	-	-	-
Oligohaeta	110	0,32	30	0,08	94	0,21	20	0,05	5	0,01
Hirudinea	-	-	-	-	20	0,42	-	-	-	-
Chironomidae	64	0,51	75	0,53	86	0,53	46	0,31	-	-
Mollusca	3	2,1	4	2,3	4	3,1	-	-	-	-

Наибольшим видовым богатством характеризовалась станция Пяк-3. Здесь было зарегистрировано 19 таксонов беспозвоночных. Минимальное количество таксонов – 4, из них основное количество приходится на хирономид на станциях Пяк-4 и Пяк-5.

Для биологической оценки качества водотоков был применен индекс Вудивисса как один из наиболее надёжных и широко используемых в мире методов биологической оценки качества воды (таблица 9). Индекс учитывает общее разнообразие населяющих водоем донных беспозвоночных и наличие в нем организмов, принадлежащих к индикаторным группам [24].

Таблица 9. Определение качества воды биоиндикацией

Станция отбора проб	Индекс Вудивисса / модификация индекса
Пяк-1	3/4 IV Загрязненный
Пяк-2	3/4 IV Загрязненный
Пяк-3	5/6 III Незначительно загрязненный
Пяк-4	2/3 II Грязный
Пяк-5	1/2 I Очень грязный

По результатам биоиндикации были отмечены наиболее грязные участки. Станция на реке Котутояха (Пяк-5) и участок от места впадения реки Котутояха в реку Пякупур до станции Пяк-4 реки Пякупур относятся к классу очень грязный и грязный. Участки станций Пяк-1 и Пяк-2 в районе мостового перехода относятся к классу загрязненных. Наименьшим загрязнением отличается станция Пяк-3 (класс незначительно загрязненный) (таблица 9).

Полученные данные свидетельствуют о том, что вследствие разлива нефти произошло антропогенное загрязнение водных объектов нефтью. Постепенно с удалением от места разлива содержание нефти снижается. Высокие концентрации свинца и меди в донных отложениях в районе

автомобильного моста свидетельствуют о негативном влиянии автотранспорта на водный объект. Концентрации железа и марганца определены природно-климатическими условиями района исследований.

Для улучшения экологической обстановки на водных объектах и рационализации использования имеющегося водноресурсного потенциала является целесообразным проведение следующих мероприятий:

- для предотвращения попадания нефти в водные объекты необходимо обеспечить нормальную эксплуатацию трубопроводов, внедряя комплекс научно-технического и аппаратно-программного обеспечения;

- заблаговременно проводить мероприятия, направленные на предотвращение чрезвычайных ситуаций, а также на максимально возможное снижение размеров вреда при их возникновении;

- использовать боновые заграждения, позволяющие надежно локализовать нефтеразливы;

- провести мероприятия по ликвидации захламления водоохранной зоны водных объектов коммунальными отходами;

- вести учет туристов и проводить с ними просветительскую деятельность на предмет опасности оставления коммунальных отходов в водоохранной зоне и близлежащих лесных массивов, в том числе и с точки зрения их пожарной опасности.

Заключение

Обследование рек Котутояха и Пякупур показало, что участок реки Котутояха в ее нижнем течении и до места впадения в реку Пякупур, а также участок реки Пякупур от места впадения в нее реки Котутаяха до станции Пяк-3 загрязнены углеводородной жидкостью с характерным нефтяным запахом и свойственной для углеводородов маслянистой пленкой радужного цвета, образующейся на поверхности воды. В устье реки Котутаяха установлено боновое заграждение, которое не обеспечивало локализацию нефтеразлива, в результате чего нефть из реки Котутаяха проникала в реку Пякупур. В связи с чем в аналогичных ситуациях требуется применение более эффективных средств локализации нефтеразливов.

На берегу реки Котутаяха в районе установленного бонового заграждения зафиксированы 4 шурфа, в которых находилась собранная с бонов нефть. В водоохранной зоне реки Пякупур выявлены участки, захламленные коммунальными отходами, оставленными рыбаками и туристами. В условиях жаркой погоды данные объекты могут стать причиной возникновения лесных пожаров. Требуется проведение мероприятий, направленных на ликвидацию захламленных участков, и принятие мер по недопущению дальнейшего загрязнения водоохранных зон и прилегающих лесных массивов.

Анализ химического состава отобранных проб воды показал, что основными загрязняющими веществами в водах рек Пякупур и Котутаяха на обследованных участках являются нефтепродукты и азот аммонийный (NH_4^+), также в реке Пякупур высоки концентрации диоксида азота (NO_2^-), а в реке Котутаяха – фосфатов (PO_4^{3-}).

Из результатов расчета индекса загрязнения воды и индекса Вудивисса видно, что на участке разлива в реке Котутаяха водный объект относится к наиболее экологически опасному и грязному классу. Однако разлив нефти и ее попадание в реку Котутаяха привели к загрязнению не только данного водотока в его нижнем течении, но и загрязнению части реки Пякупур. Постепенно с удалением от источника разлива вниз по течению реки Пякупур концентрация нефти стала меньше.

Донные отложения всего обследованного участка рек являются однокомпонентными песчаными грунтами с содержанием песка более 90%, тонкодисперсные, илистые фракции не превышают 3-4 %. В основной массе проб среди песчаных фракций доминирует песок средний – 89-92%. В отложениях реки Котутаяха и на участке реки Пякупур, где происходит слияние двух рек, количество песка среднего снижается до 52-74% и увеличивается содержание песка крупного до 23-44%.

Свойства гранулометрического состава определяют особенности перераспределения химических элементов, в том числе поллютантов, которые не аккумулируются в донных отложениях так как происходит их десорбция в растворенное состояние. В результате концентрации загрязнителей в донных отложениях довольно низкие, при высоких содержаниях в воде. При этом, несмотря на то, что концентрации нефтепродуктов в донных отложениях ниже чем среднерегionalные значения, их содержание увеличивается по мере приближения к месту разлива нефти в реке Котутаяха. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях ниже среднерегionalных значений. Однако наблюдается увеличение их концентрации в районе мостового перехода через реку Пякупур.

Полученные данные свидетельствуют о том, что вследствие разлива нефти произошло антропогенное загрязнение водных объектов нефтью. Постепенно с удалением от места разлива содержание нефти снижается. Высокие концентрации свинца и меди в донных отложениях в районе автомобильного моста свидетельствуют о негативном влиянии автотранспорта на водный объект. Концентрации железа и марганца определены природно-климатическими условиями района исследований.

По результатам биоиндикации были отмечены наиболее экологически неблагоприятные участки. Станция на реке Котутаяха (Пяк-5) и участок от места впадения реки Котутаяха в реку Пякупур до станции Пяк-4 реки Пякупур относятся к классу очень грязных и грязных.

Из представленных результатов химического анализа, биоиндикации, оценки экологической нагрузки на основе расчета индексов загрязнений воды и донных отложений, коэффициентов концентрации, а также на основе осмотра водоохраных зон видно, что водные объекты река Котутояха и река Пякупур на обследуемых участках подвержены негативному воздействию антропогенной деятельности (добыча и транспортировка углеводородного сырья, эксплуатация автомобильной дороги и мостового перехода, туристическая деятельность). Негативное воздействие на экологическое состояние исследуемых рек снижает рекреационную ценность водотоков. Поэтому необходимо не допускать разливов нефти и предотвращать ее попадание в водные объекты, минимизировать попадание загрязненных сточных вод с автодороги и моста. Также следует ликвидировать захламление водоохраных зон изученных водных объектов.

Список источников

1. Иванов В.А., Морейдо В.М., Прокопьева К.Н., Тарбеева А.М., Колесников Р.А., Чалов С.Р. Современные условия гидрологических процессов малых рек юга Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2023. № 3 (120). – С. 52-75.
2. Привалова Н.М., Двадненко М.В., Некрасова А.А., Привалов Д.М., Попова О.С. Воздействие нефти и нефтепродуктов на окружающую среду // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 125(01). – С. 1-10.
3. Ларченко Л.В., Колесников Р.А. Дифференциация социально-экономического развития арктических регионов России // Инновации. 2017. № 10 (228). – С. 69-75.
4. Доклад об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2022 году // <https://dprg.yanao.ru/documents/active/273069/> (дата обращения 04.01.2024).
5. Волкова Н.Е., Иванютин Н.М., Подовалова С.В. Оценка гидроэкологического состояния водных объектов бассейна реки Малый Салгир // Вестник московского университета. Серия 5. География. 2021. № 3. – С. 27-36.
6. РД 52.24.309-2016 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши // Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Росгидромет. - Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2016.
7. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб // Сб. ГОСТов. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2019.
8. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осад-

- ков // Контроль качества воды: Сб. ГОСТов. – М.: ФГУП Стандар-тинформ, 2010.
9. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность // Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 г.
 10. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных (включая морские), питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».
 11. ПНД Ф 16.1:2.21-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02».
 12. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 21.04.2023).
 13. Справочник по применению региональных значений содержания контролируемых компонентов на региональных полигонах экологического мониторинга при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Тюмень. 2020. – 16 с.
 14. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов. М.: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 166 с.
 15. Косинова И.И., Соколова Т.В. Методологические особенности оценки экологического состояния донных отложений искусственно созданных водных объектов // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2015. № 3. – С. 113-121.
 16. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем под ред. В.А. Абакумова // Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, 1992. – 320 с.
 17. Автаева Т.А., Кушалиева Ш.А. Насекомые как биоиндикаторы состояния городской среды. // Материалы международной научно-практической конференции «Зеленая инфраструктура городской среды: современное состояние и перспективы развития». Воронеж. 2017. – С. 3-5.
 18. Шарапова Т.А. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири. Новосибирск.: Наука, 2007. – 167 с.

19. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков // Контроль качества воды: Сб. ГОСТов. - М.: ФГУП Стандартинформ, 2010.
20. Вальгамова С.И., Вануйто Г.И. и др. Словарь гидронимов Ямало-Ненецкого автономного округа. // Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», 2012. – 390 с.
21. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем под ред. В.А. Абакумова // Гидрометеоздат, Санкт-Петербург, 1992. – 320 с.; Шарапова Т.А. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири // Новосибирск: Наука, 2007. – 167 с.
22. Красненко А.С., Суппес Н.Е. Экологическая оценка стоячих вод города Ишима методами биоиндикации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1-6. – С. 1157-1159.
23. Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Мельниченко И. П. Проблемы охраны биоресурсов при обустройстве Бованенковского газоконденсатного месторождения // Экономика региона. 2012. № 4(32). – С. 68-79.
24. Красненко А.С., Печкин А.С. Состояние некоторых водоемов Верхне-Тазовского заповедника по результатам работ 2019 года // Природопользование и охрана природы: Охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России: Материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Томск, 21-23 апреля 2020 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет. 2020. – С. 190-195.

Сведения об авторах

Колесников Роман Александрович, ямальский геоэколог, специалист в области охраны окружающей среды, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник сектора геоэкологии ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». Эксперт Национального арктического научно-образовательного консорциума, эксперт ситуационного центра сферы туризма Российского государственного университета туризма и сервиса, член Международной ассоциации ландшафтной экологии. Член редакционных коллегий научного журнала «Научный вестник ЯНАО» и научно-практического журнала «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата». Автор и соавтор более 90 научных работ. Область научных интересов: охрана окружающей среды и рациональное природопользование, геоэкология, геохимия, ландшафтоведение, почвоведение и

география почв, палеоэкология и экологическое прогнозирование, рекреационное природопользование.

Печкин Александр Сергеевич, в 2013 году окончил Саратовский государственный университет по специальности «Природопользование». Работает в ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» научным сотрудником сектора геоэкологии. Область научных интересов: геоэкология, урбоэкология, геохимия.

Красненко Александр Сергеевич, в 2003 окончил Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова (в настоящее время ТюмГУ) по специальности учитель биологии с дополнительной специальностью география. В 2011 году защитил диссертацию по специальности зоология. С 2015 года работает в «Научном центре изучения Арктики» (г. Салехард, Россия). Старший научный сотрудник сектора биоразнообразия. Область научных интересов: гидробиология, функционирование водных экосистем, донные беспозвоночные, биоиндикация.

Шинкарук Елена Владимировна, в 2000 году окончила биологический факультет Тюменского государственного университета по специальности биология, заведующая химико-аналитической лабораторией ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». Область научных интересов: экология, биология, лабораторные исследования, генетика

Участие авторов

Колесников Р.А. — организация и проведение научного исследования, сбор и камеральная обработка полевых материалов, написание и редактирование текста статьи.

Печкин А.С. — сбор и первичная обработка материала, работа с текстом.

Красненко А.С. — сбор и обработка материалов, определение гидробиологических организмов, анализ материала, работа с текстом.

Шинкарук Е.В. — лабораторные исследования проб, работа с текстом.

Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Статья поступила в редакцию 30.10.2023 г., принята к публикации 27.02.2024 г.

The article was submitted on October 30, 2023, accepted for publication on February 27, 2024.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.41 631.42 502.63 911.5 (571.121)

doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.006

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ПРИУРАЛЬСКОГО РАЙОНА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

*Иван Сергеевич Недбаев¹, Роман Александрович
Колесников², Ростислав Игоревич Локтев³, Мария
Александровна Брючко⁴, Людмила Павловна Хохлова⁵,
Светлана Алексеевна Шацкова⁶, Алина Альбертовна
Артамонова⁷*

^{1, 4, 5, 6, 7}Санкт-Петербургский государственный университет,

Санкт-Петербург, Россия

^{2, 3}Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

¹i.nedbaev@spbu.ru

²roman387@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>

³rost.lok@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5696-945X>

⁴bryuttt@mail.ru

⁵lyudmila.khokhlova5@yandex.ru

⁶svetlana.shatskova@yandex.ru

⁷artamonova.alina1584@gmail.com

Аннотация. В статье представлены данные по изучению уникальных свойств почв Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), их формирование в условиях северного климата и влияние на экосистемы. Работа проведена в Приуральском районе ЯНАО на трех экологических профилях. Авторы отмечают высокое содержание глинистых минералов и органических соединений, которые придают почвам сорбционные свойства и плодородие. Статистический анализ выявил среднюю положительную корреляцию между кис-

лотностью почв и содержанием гумуса. Вертикальный экологический профиль изменения свойств почв и растительных сообществ отражает влияние рельефа на распределение типов почв и видов растений. Богатство гумуса и меньшая кислотность характерны для почв горной тундры.

Ключевые слова: Ямало-Ненецкий автономный округ, Приуральский район, Салехард, почва, гумус, лесотундра, горная тундра, кислотность, экологический профиль.

Цитирование: Недбаев И.С., Колесников Р.А., Локтев Р.И., Брючко М.А., Хохлова Л.П., Шацков С.А., Артамонова А.А. Особенности почв Приуральского района Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. №1 (122). С. 92-105, doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.006.

Original article

SOIL FEATURES OF THE PRIURALSKY REGION OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Ivan S. Nedbaev¹, Roman A. Kolesnikov², Rostislav I. Loktev³, Maria A. Bruchko⁴, Ludmila P. Khokhlova⁵, Svetlana A. Shatskova⁶, Alina A. Artamonova⁷

^{1, 4, 5, 6, 7}Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

^{2, 3}Arctic Research Center, Salekhard, Russia

¹i.nedbaev@spbu.ru

²roman387@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>

³rost.lok@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5696-945X>

⁴bryutt@mail.ru

⁵lyudmila.khokhlova5@yandex.ru

⁶svetlana.shatskova@yandex.ru

⁷artamonova.alina1584@gmail.com

Abstract. The article presents data on the study of the unique properties of soils in the Yamalo-Nenets autonomous district, their formation in northern climate conditions and their impact on ecosystems. The work was carried out in the Priuralsky region of the Yamal-Nenets Autonomous

District on three environmental profiles. The authors note the high content of clay minerals and organic compounds, which give the soils sorption properties and fertility. Statistical analysis revealed an average positive correlation between soil acidity and humus content. The vertical ecological profile of changes in the properties of soils and plant communities reflects the influence of relief on the distribution of soil types and plant species. Rich humus and lower acidity are characteristic of mountain tundra soils.

Keywords: Yamal-Nenets Autonomous District, Priuralsky region, Salekhard, soil, humus, forest-tundra, mountain tundra, acidity, geoecological profile.

Citation: Nedbaev I.S., Kolesnikov R.A., Loktev R.I., Bruchko M.A., Khokhlova L.P., Shatskova S.A., Artamonova A.A. Soil features of the Priuralsky region of the Yamal-Nenets Autonomous District // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets autonomous district. 2024. № 1 (122). P. 92-105. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.006.

Введение

Почва является уникальным природным образованием, обладающим рядом свойств, присущих живой и неживой природе. Она характеризуется высоким содержанием глинистых минералов, которые благодаря своим сорбционным свойствам позволяют удерживать практически все поступающие в нее химические элементы и соединения. Другой особенностью почвы является наличие в ней гумусовых веществ, вследствие чего она обладает плодородием. Почва имеет значительное влияние на окружающую среду, являясь основой для сельского хозяйства, важным компонентом углеродного цикла Земли, средой обитания для множества живых организмов. Также почва оказывает существенное влияние на гидросферу, так как она воздействует на гидрологический цикл и водные ресурсы, влияет на сток воды. Почва может служить фильтром, задерживая загрязнения и улучшая качество поверхностных и грунтовых вод. Понимая и осознавая роль почвы для окружающей среды, ее изучение становится особенно актуальным. Исследование природных систем невозможно в отрыве от изучения особенностей почвенного покрова, так как почва находится в постоянной связи с многими компонентами экосистем [1, 2, 3].

Почвы северных регионов обладают своей спецификой и особенностями образования. Суровые климатические условия замедляют процесс их формирования, почвы имеют свои специфические свойства, включая высокий уровень кислотности, отсутствие глубоких горизонтов и ограниченные запасы питательных веществ. Почвенный покров северных

регионов требует пристального внимания в условиях возрастающих экологических рисков. Особый интерес в изучении представляют почвы Ямало-Ненецкого автономного округа, где осуществляются чрезвычайно масштабные программы освоения природной среды и месторождений полезных ископаемых. Почвы Ямальского региона изучены недостаточно, что с учетом масштабности и протяженности территории делает почвенно-экологические и почвенно-химические исследования особенно актуальными [4, 5].

Целью настоящего исследования стало изучение особенностей почв Приуральского района Ямало-Ненецкого автономного округа, которые формируются в различных ландшафтных условиях лесотундры равнинной части ЯНАО и горной тундры Полярного Урала. Данное исследование, помимо изучения состояния современных почв и ландшафтов, может быть использовано и в качестве источника информации для развития рекреационной деятельности в регионе, поскольку один из экологических профилей заложен на месте планируемой экологической тропы в горном массиве Рай-Из.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определить характеристики почв (гранулометрический состав, кислотность и содержание гумуса) в разных ландшафтных условиях;
- описать характерные особенности для различных типов почв, встречающихся на территории исследования;
- определить наличие или отсутствие корреляционных связей между изученными параметрами состояния почв для выбранной территории;
- проследить изменчивость почвенных характеристик на различных участках геохимической катены в горной тундре Полярного Урала.

Материалы и методы исследования

Во время исследования были изучены почвы равнинной части лесотундры, предгорий Полярного Урала и горных тундровых ландшафтов Полярного Урала. В июле 2023 года совершен полевой выезд для описания и отбора проб почв, изучения растительности, заложения экологического профиля. Полевые исследования проводились на территории Приуральского района Ямало-Ненецкого автономного округа в окрестностях города Салехарда, в 45 км на восток от Салехарда в районе с. Аксарка и в 65-70 км на северо-запад от Салехарда (Полярный Урал) (рисунок 1).

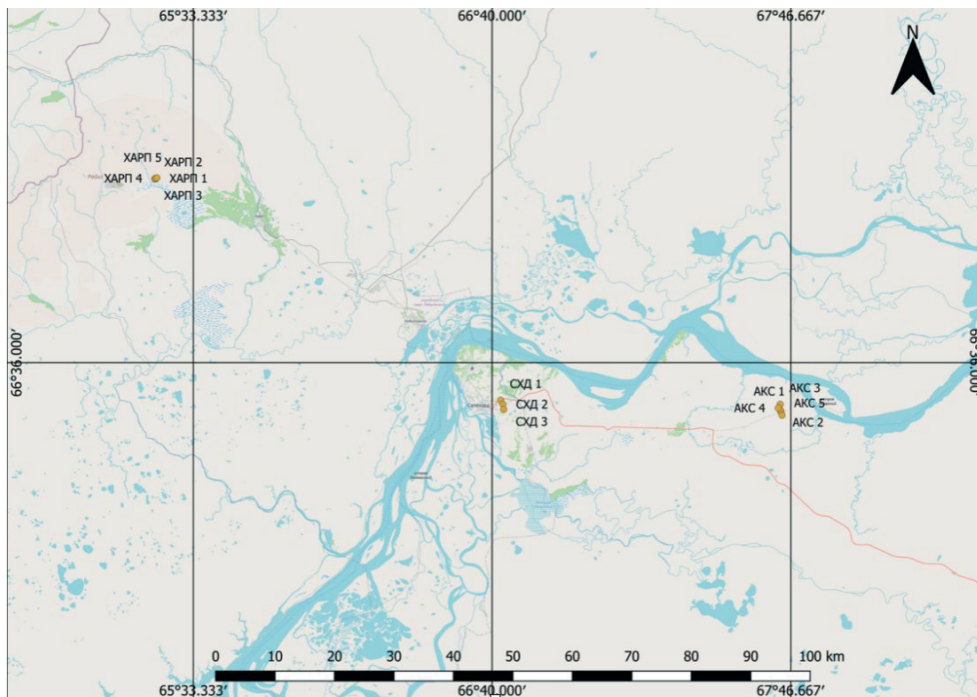


Рис. 1. Месторасположение пробных площадей экологических профилей «СХД», «АКС» и «ХАРП»

На территории исследования было заложено 3 экологических профиля. Первый профиль «СХД» находится в непосредственной близости от города Салехарда и включает 3 пробные площади. Данный профиль репрезентативный для изучения почв тундровых ландшафтов лесотундры. Профиль «АКС» расположен в 3 км к юго-западу от с. Аксарка, на нем проведена работа на 5 пробных площадях и изучены почвы редколесья лесотундровой зоны. Последний профиль «ХАРП» стал классическим вертикальным профилем, протяженностью от нижней до верхней части склона массива Рай-Из. Профиль находился на первой части будущей экологической тропы к леднику Романтиков, и на нем были исследованы почвы горных тундр на 5 пробных площадях.

На каждой пробной площади на всех профилях заложены почвенные разрезы, проведено их описание, отобраны пробы почвы, фиксировались растительные сообщества. Изучение почвенных разрезов включало в себя подробное описание всех выделенных горизонтов. Морфологическое описание выполнялось по стандартной методике. Фиксировались следующие характеристики горизонтов: мощность, цвет, влажность, плотность, структура, гранулометрический состав, новообразования и включения, переход и граница горизонта [6].

Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017 [7]. Все пробы были точечными. С учётом небольшой мощности почвенных разрезов (так как близко к поверхности залегала многолетняя мерзлота) пробы отбирались из всех почвенных горизонтов, кроме подстилающей породы. Всего было отобрано 17 проб почвы. Отобранные пробы помещались в матерчатый мешочек или зип-пакет и по возвращении в камеральные условия сушились до воздушно-сухого состояния.

В дальнейшем были проведены следующие лабораторные анализы проб почв: определение общего содержания гумуса, кислотности почв и их гранулометрический состав. Для определения общего содержания гумуса использовался метод Тюрина. Метод основан на окислении углерода органического вещества почвы бихроматом калия в присутствии серной кислоты. Количество кислорода, используемого для окисления органического углерода, определяется разницей между количеством хромовой кислоты, использованной для окисления, и количеством хромовой кислоты, не использованной после окисления. В качестве окислителя используется раствор дихромата калия в серной кислоте, предварительно разбавленный водой в соотношении 1:1. Избыток хромовой кислоты, не использованной для окисления углерода, титровался раствором соли Мора. По количеству дихромата калия, окислившего гумус, определяют количество органического углерода в почве.

Сущность метода определения механического (гранулометрического) состава почвы заключается в установлении процентного содержания фракций различного диаметра в образце почвы.

Определение кислотности почвы (рН почвы) выполнено при помощи потенциометра. Кислотность почв выражается через величину водородного показателя (рН). рН – отрицательный логарифм концентрации ионов H^+ в почвенном растворе. О реакции в почвах судят по результатам измерения рН. При определении рН в водной вытяжке или суспензии находят активную кислотность почвы, при определении рН в солевой вытяжке или суспензии – потенциальную кислотность почвы.

Все лабораторные исследования проведены в учебной лаборатории физико-химических методов анализа управления технического обеспечения образовательных программ по направлениям география, геология, геоэкология и почвоведение Санкт-Петербургского государственного университета.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены результаты статистического анализа образцов лабораторных исследований по показателям гранулометрического состава, кислотности и содержания гумуса почвенных проб. В качестве

инструмента статистического анализа описания выборок используется медианное значение, а также значения 25-го и 75-го квартилей, так как количество проб в каждой группе невелико [8]. Результаты сгруппированы по двум признакам: ландшафтные условия и типы почв.

Таблица 1. Кислотность, содержание органического вещества и гранулометрический состав почвенных горизонтов по выборкам

Выборка	pH	% гумуса	% физической глины	доминирующий механический состав
По ландшафтным условиям				
Почвы кустарниковых тундровых участков лесотундры (окрестности г. Салехарда) (n = 5)	<u>4,9</u> 4,7-5	<u>0,6</u> 0,1-1	<u>23</u> 9-24	лёгкий суглинок
Почвы редколесья (окрестности с. Аксарка) (n = 5)	<u>4,8</u> 4,7-5,2	<u>0,3</u> 0,3-1,2	<u>39</u> 31-46	средний суглинок
Почвы горных тундровых ландшафтов Полярного Урала (окрестности пос. Харп) (n = 6)	<u>6,9</u> 6,8-6,9	<u>2,7</u> 1,5-4,2	<u>29</u> 24-33	лёгкий суглинок
По типам почв				
Альфегумусовые почвы (n = 3)	<u>4,7</u> 4,6-4,9	<u>0,1</u> 0,1-1,8	<u>24</u> 15-24	лёгкий суглинок
Криогенные почвы (n = 4)	<u>5</u> 4,9-5,1	<u>0,8</u> 0,5-1	<u>29</u> 24-30	лёгкий суглинок
Криометаморфические почвы (n = 4)	<u>4,8</u> 4,7-5	<u>0,3</u> 0,2-1,8	<u>46</u> 42-47	тяжёлый суглинок
Глеезёмы (n = 2)	6,8-6,9	1,4	34-57	тяжёлый суглинок
Органо-аккумулятивные почвы (n = 2)	6,9	3,8-5,4	23-27	лёгкий суглинок
Литозёмы (n = 2)	6,5-6,9	1,5	18-30	лёгкий суглинок

В гранулометрическом составе преобладают суглинистые почвы различной тяжести. Глинистые фракции доминируют в почвах лесотундры. Среднее региональное значение содержания гумуса для глинистых и суглинистых почв территории Ямало-Ненецкого автономного округа – 2,71% (таблица 2). Анализ процентного содержания гумуса в отобранных пробах почвы показал, что значения варьируются в диапазоне от 0,1% до 5,4%.

Наиболее богаты гумусом почвы горных тундровых ландшафтов Полярного Урала, здесь медианное значение 2,7% (близко к среднему региональному), среди типов почв высокое содержание отмечено у органо-аккумулятивных 3,8%-5,4%. Средние по содержанию органического вещества глеезёмы и литозёмы горных тундровых ландшафтов Полярного Урала: 1,4% и 1,5% соответственно. Относительно высокое содержание гумуса обусловлено процессами накопления органического вещества (на нижней части склонов Полярного Урала) и сменой почв на глеезёмы и органо-аккумулятивные серогумусовые почвы с относительно высоким со-

держанием гумуса в дерновом горизонте, а также формированием самих почв на дунитах как ультраосновных подстилающих породах.

Показатели содержания гумуса в почвах тундровых участков лесотундры и почвах лесотундры значительно ниже: от 0,3% до 0,6%. Так, альфегумусовые почвы содержат в среднем 0,1% гумуса, криометаморфические – 0,3% и криогенные – 0,8%.

При проведении анализа на кислотность выявлено, что уровень pH варьируется в диапазоне 4,7-6,9. Минимальные значение 4,7-4,8 соответствует почвенным образцам альфегумусовых и криометаморфических горизонтов и характерно для почв тундровых участков и редколесья лесотундровой зоны. Наиболее высокие показатели уровня pH почвы 6,9 были отмечены у образцов почв горной тундры: глеезёмов и литозёмов и органо-аккумулятивных почв.

Среднее региональное значение pH для глинистых и суглинистых почв на территории Ямало-Ненецкого автономного округа – 5,4 (водная вытяжка). Средние региональные значения по отделам почв: 5,68 для глеезёмов и криозёмов. На исследуемой территории криозёмы оказались более кислыми (медианное значение pH 5) – они приурочены к тундровым участкам и редколесью лесотундровой зоны. Глеезёмы с показателями кислотности 6,8-6,9 на исследуемой территории расположены в горной тундре и характеризуются меньшими показателями кислотности по сравнению со среднерегionalными практически на единицу. Среднее региональное значение кислотности криометаморфических почв 5,61. Медианный показатель для почв изученной территории зоны лесотундры 4,8.

Наиболее высокие значения pH у литозёмов (6,5-6,9) и органо-аккумулятивных почв (6,9), что обосновано залеганием почв на дунитах (таблица 2).

Таблица 2. Сравнение измеренных значений кислотности и содержания гумуса в почвах Приуральского района ЯНАО и средних региональных показателей

	рН водной вытяжки	рН солевой вытяжки	% гумуса
	Средние региональные значения исследуемых показателей в почвенном покрове на территории Ямало-Ненецкого автономного округа		
Общее	5,4	4,07	2,71
Криозёмы и глеезёмы	5,68	4,25	–
Криометаморфические почвы	5,61	4,01	–
Альфегумусовые почвы	5,36	4,03	–
Медианные значения исследуемых показателей в почвенном покрове на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, 2023 год			
Тундровые участки лесотундры (г. Салехард)	4,9	4	0,6

Продолжение таблицы 2

	рН водной вытяжки	рН солевой вытяжки	% гумуса
	Средние региональные значения исследуемых показателей в почвенном покрове на территории Ямало-Ненецкого автономного округа		
Участки редколесья лесотундры (с. Аксарка)	4,8	3,6	0,3
Горная тундра (Полярный Урал)	6,9	5,6	2,7
Медианные значения исследуемых показателей в почвенном покрове на территории Приполярного Урала, 2013 год [9]			
Альфегумусовые почвы	4,8	3,9	–
Криометаморфические почвы	4,6	3,6	–
Глеезёмы	4,9	3,6	–

Наибольшее содержание гумуса и нейтральные по кислотности почвы в зоне горной тундры, где встречаются глеезёмы, органо-аккумулятивные почвы и литозёмы. В зоне лесотундры исследованная территория занята среднекислыми криогенными и криометаморфическими почвами с наименьшим из исследованных содержанием гумуса (менее 1%).

При проведении статистического анализа с помощью линейного коэффициента корреляции выявлена средняя степень зависимости показателей кислотности почвы и содержания гумуса. Коэффициент корреляции составил $r(\text{pH}, \% \text{ гумуса}) = 0,52$, связь средняя положительная.

Во всех исследуемых образцах был проведен анализ содержания физической глины и определен доминирующий механический состав. Значения варьируются от 9% до 57%. В основном, тяжелыми суглинками представлены криометаморфические почвы, здесь среднее содержание физической глины составляет 46%, и глеезёмы со значением показателя 34% и 57%. Для альфегумусовых почв характерен легкосуглинистый механический состав с медианным значением 24% содержания физической глины [10].

Лесотундровые почвы содержат наибольшее количество физической глины 39%, а тундровые почвы сложены легкими суглинками с медианным значением содержания физической глины 23%.

На рисунке 2 представлен вертикальный профиль изменения характеристик почв и доминантных видов растительных сообществ на склоне Полярного Урала. В рамках проводимого исследования не было выявлено зависимости изменения рН и содержания гумуса в почве от высоты, но тип почвы и растительное сообщество меняется. Так, у подножия и нижней части склона преобладают ерники (*Betula nana L.*), осоки (*Carex sp*) и лишайники (*Lichenes*). В этой части мезорельефа почвы торфяно-глеезёмы и глеезёмы. Выше по склону, в средней части тип почвы – литозём серогумусовый, а в верхней части склона основу растительного сообщества составляют голубика (*Vaccinium myrtillus*), осоки (*Carex sp*) и лишайники

(*Lichenes*) на серогумусовых почвах. Доминанты в биоценозе, расположенные на вершине профиля – можжевельник (*Juniperus communis*), осоки (*Carex sp*) и лишайники (*Lichenes*), и почвы представлены литозёмами серогумусовыми [11].

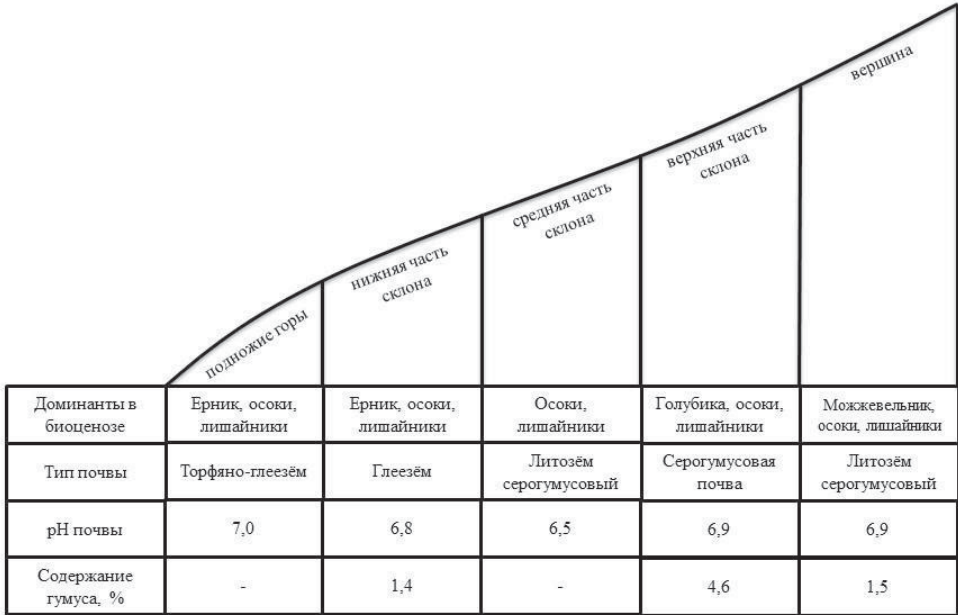


Рис. 2. Вертикальный профиль изменения характеристик почв и доминантных видов растительных сообществ склона Полярного Урала

В вертикальном профиле прослеживается зависимость распределения типов почв от положения в рельефе. Выше по склону расположены почвы с мощностью не более 30 см с включением крупных обломков.

Заключение

В статье изучены особенности почв Приуральского района Ямало-Ненецкого автономного округа в различных ландшафтных условиях. Для почв тундровых участков и редколесья лесотундры характерен среднекислый уровень кислотности, в то время как в горных тундровых ландшафтах Полярного Урала, в основном, нейтральные почвы. Также почвы лесотундры бедны содержанием гумуса (менее 1 %), а почвы горных тундровых ландшафтов сопоставимы с региональными фоновыми значениями по этому показателю. Преобладание глинистых фракций наблюдается в почвах лесотундры.

Из описанных почв наиболее высоким рН отличались органо-аккумулятивные почвы и литозёмы горных тундровых ландшафтов. Причи-

ной этому, вероятно, выступают подстилающие породы, представленные дунитами (ультраосновной породой). Данный факт также обусловил и более высокое содержание гумуса в данных почвах.

Нижняя часть склонов Полярного Урала характеризуется повышенным увлажнением и в силу холодного климата там формируются глеевые почвы. В верхних частях склона развит процесс накопления органического вещества, что приводит к образованию серогумусовых почв. При этом для элювиальных и трансэлювиальных фаций горных тундр типичны литозёмы.

Многообразие почвенных условий обуславливает необходимость дальнейшего изучения почв Ямало-Ненецкого автономного округа. При планировании рекреационной деятельности и создании экологических туристических и научно-образовательных маршрутов рекомендуется принимать во внимание разнообразие и уникальность почв лесотундры и горной тундры.

Список источников

1. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. – Новосибирск: Наука, СО РАН, 1993. – 232 с.
2. Соколов И.А., Конюшков Д.Е. О законах генезиса и географии почв // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 777-788.
3. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент // Изучение и освоение природной среды. - М., 1976. – С. 153-170.
4. Абакумов Е.В., Алексеев И.И. Шамилишвили Г.А. Состояние почвенного покрова ЯНАО: разнообразие, морфология, химизм и антропогенная трансформация // Научный Вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2016. – № 4 (93). – С. 4-7.
5. Почвы Ямало-Ненецкого автономного округа (морфология и разнообразие) // состав.: Р.А. Колесников, А.С. Печкин, Е.Н. Моргун; ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». – Салехард, СПб.: ГеоГраф, 2022. – 100 с.
6. Розанов Б. Г. Морфология почв. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 294 с.
7. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа // М.: Стандартиформ, 2018.
8. Шорохова И.С. Статистические методы анализа / И. С. Шорохова, Н. В. Кисляк, О. С. Мариев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 300 с.
9. Дымов А.А., Жангуров Е.В., Старцев В.В. Почвы северной части При-

- полярного Урала: морфология, физико-химические свойства, запасы углерода и азота // Почвоведение. — 2013. — № 5. — С. 507.
10. Справочник по применению средних региональных значений содержания контролируемых компонентов на мониторинговых полигонах при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, подготовленный в 2014 году в рамках НИР по государственному контракту № 18/14 от 25.06.2014 «Осуществление экологического мониторинга Ямало-Ненецкого автономного округа». — Братск: Департамент природных ресурсов и экологии Ямало-Ненецкого автономного округа, 2014. — 19 с.
 11. Справочник по применению региональных значений содержания контролируемых компонентов на региональных полигонах экологического мониторинга при оценке состояния и уровня загрязнения окружающей среды на территории Ямало-Ненецкого автономного округа 2020 г. — Тюмень: Департамент природных ресурсов и экологии Ямало-Ненецкого автономного округа, 2020. — 17 с.

Сведения об авторах

Недбаев Иван Сергеевич, старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле. Ведущий эксперт, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства. Научные интересы: химическое загрязнение почв, методы оценки качества почв, восстановление нарушенных ландшафтов, индикаторы изменений экосистем под антропогенным воздействием, климатическая политика в сфере лесного хозяйства.

Колесников Роман Александрович, геоэколог, специалист в области охраны окружающей среды, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник сектора геоэкологии ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». Эксперт Национального арктического научно-образовательного консорциума, эксперт ситуационного центра сферы туризма Российского государственного университета туризма и сервиса, член Международной ассоциации ландшафтной экологии. Член редакционных коллегий научного журнала «Научный вестник ЯНАО» и научно-практического журнала «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата». Автор и соавтор более 90 научных работ. Область научных интересов: охрана окружающей среды и рациональное природопользование, геоэкология, геохимия, ландшафтоведение, почвоведение и география почв, палеоэкология и экологическое прогнозирование, рекреационное природопользование.

Локтев Ростислав Игоревич, научный сотрудник сектора геоэкологии ГАУ ЯНАО «Научного центра изучения Арктики», заместитель председателя Совета молодых учёных и специалистов при губернаторе Ямало-Ненец-

кого автономного округа, специалист в сфере рекреационной географии, сервиса и туризма. Является победителем Всероссийского конкурса «Мастера гостеприимства». Автор и соавтор 32 научных работ. Область научных интересов: рекреационное природопользование, геоэкология, география, геоинформационные системы.

Брючко Мария Александровна, студентка 2-го курса магистратуры, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, программа CORELIS (Комплексное изучение окружающей среды полярных регионов), кафедра геоэкологии.

Хохлова Людмила Павловна, студентка 2-го курса магистратуры, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, программа CORELIS (Комплексное изучение окружающей среды полярных регионов), кафедра геоэкологии.

Шацкова Светлана Алексеевна, студентка 2-го курса магистратуры, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, программа CORELIS (Комплексное изучение окружающей среды полярных регионов), кафедра геоэкологии.

Артамонова Алина Альбертовна, студентка 3-го курса бакалавриата, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра «Экологии и природопользования».

Участие авторов

Недбаев И.С. – проведение научного исследования, сбор и обработка полевых материалов, анализ результатов химических анализов, написание текста статьи.

Колесников Р.А. – редактирование и написание текста статьи, организация полевых исследований.

Локтев Р.И. – редактирование и написание текста статьи, проведение полевых исследований.

Брючко М.А. – сбор и обработка полевых материалов, проведение лабораторных химических анализов отобранных почвенных образцов, анализ результатов химических анализов, написание текста статьи.

Хохлова Л.П. – сбор и обработка полевых материалов, проведение лабораторных химических анализов отобранных почвенных образцов, написание текста статьи.

Шацкова С.А. – сбор и обработка полевых материалов, проведение лабораторных химических анализов отобранных почвенных образцов, написание текста статьи.

Артамонова А.А. – проведение лабораторных химических анализов отобранных почвенных образцов, анализ результатов химических анализов, написание текста статьи.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Статья поступила в редакцию 22.01.2024 г., принята к публикации 27.02.2024 г.

The article was submitted on January 22, 2024, accepted for publication on February 27, 2024.

ЭКОЛОГИЯ

ЭКОЛОГИЯ

Научное сообщение

УДК 004.773.5(100):[574.4(212.3):57.033]

doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.007

ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ОНЛАЙН-СЕМИНАР «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ И СУБАРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И КЛИМАТА»

*Алёна Юрьевна Левых¹, Надежда Владимировна
Ганжерли², Владислав Сергеевич Исаев¹*

¹Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

²Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

¹aljurlev@mail.ru

²n.v.ganzherli@utmn.ru

¹tpomed@rambler.ru

Аннотация. В статье представлены основные сведения о втором международном научном онлайн семинаре «Актуальные вопросы изучения арктических и субарктических экосистем в условиях глобальных изменений природной среды и климата», состоявшемся по инициативе государственного автономного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард) 15 и 16 декабря 2023 года: цель семинара, состав организаторов, участников и слушателей, тематика докладов, основные предложения по дальнейшей научной деятельности и возможным перспективам проведения следующего семинара.

Ключевые слова: глобальные изменения природной среды, изменения климата, биологическое разнообразие, ландшафтное разнообразие, почвы, полярное земледелие, Арктическая зона.

Цитирование: Второй международный научный онлайн-семинар «Актуальные вопросы изучения арктических и субарктических эко-

систем в условиях глобальных изменений природной среды и климата» / А.Ю. Левых, Н.В. Ганжерли, В.С. Исаев // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2024. (122). № 1. – С. 108-119. doi: 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.007.

Science communication

SECOND INTERNATIONAL SCIENTIFIC ONLINE SEMINAR «PRESSING ISSUES OF STUDYING THE ARCTIC AND SUBARCTIC ECOSYSTEMS IN THE CONTEXT OF GLOBAL ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE»

Alyona Yu. Levykh¹, Nadezhda V. Ganzherli², Vladislav S. Isaev¹

¹Arctic Research Center, Salekhard, Russia

²Tyumen State University, Tyumen, Russia

¹aljurlev@mail.ru

²n.v.ganzherli@utmn.ru

¹tpomed@rambler.ru

Abstract. The article provides general information about the Second International Scientific Online Seminar "Pressing Issues of Studying the Arctic and Subarctic Ecosystems in the Context of Global Environment and Climate Change" held on December 15-16, 2023, at the initiative of the Arctic Research Centre (Salekhard, Russia): the purpose of the seminar, the list of organizers, participants, and attendees, its discussion areas and highlights, the main proposals to develop research contacts and desirable prospects for the next seminar.

Keywords: global environmental change, climate change, biodiversity, landscape diversity, soils, polar agriculture, Arctic zone.

Citation: Second International Symposium "The Connection between Climate Change and Biological and Landscape Diversity Change in the Arctic and Subarctic Regions" / A.Yu. Levykh, N.V. Ganzherli, V.S. Isaev // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2024. (122). № 1. P. 108–119 . doi 10.26110/ARCTIC.2024.122.1.007.

На базе государственного автономного учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики» (ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики») 15 и 16 декабря 2023 года по инициативе сотрудников сектора биоразнообразия состоялся второй международный научный онлайн семинар «Актуальные вопросы изучения арктических и субарктических экосистем в условиях глобальных изменений природной среды и климата» (далее – Семинар).

Основная цель данного мероприятия – создание коммуникативной площадки для профессионального общения, установления и развития сотрудничества в направлении изучения высокоширотных экосистем. Как представитель Ямало-Ненецкого автономного округа Научный центр изучения Арктики привлек к организации Семинара научно-исследовательские и научно-образовательные организации России (Арктический научно-исследовательский стационар (филиал) Института экологии растений и животных УрО РАН, Институт водных и экологических проблем СО РАН, Институт экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Тюменский научный центр СО РАН, Научный центр мирового уровня «Агротехнологии будущего», Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Тюменский государственный университет, Сургутский государственный университет) и зарубежных стран (Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне (Совместный университет, учреждённый МГУ имени М. В. Ломоносова (МГУ) и Пекинским политехническим институтом (ППИ)) (Китай), Институт ботаники Министерства науки и образования Азербайджанской Республики).

По сравнению с первым Семинаром [1] в 2023 году значительно расширился географический состав участников: от Санкт-Петербурга на западе до Магадана на востоке, от Салехарда на севере до Гуанчжоу на юге. В мероприятии приняли участие более 50 учёных из 18 научных организаций, в том числе 11 исследователей из пяти учреждений Китайской Народной Республики (Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне, Фуданьский университет, Юньнаньский университет, Институт геохимии Гуанчжоу, Куньминский университет науки и технологий). Кроме самих докладчиков в работе Семинара приняли участие эксперты и слушатели, в том числе сотрудники Института систематики и экологии животных СО РАН (г. Новосибирск), Института биологии Коми Научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар), Северо-Казахстанского университета имени Манаша Козыбаева (г. Петропавловск, Казахстан), Государственного природного заповедника «Малая Сосьва» имени В.В. Раевского (г. Советский), Природного парка «Кондинские озёра» (г. Советский). Несмотря на существенную разницу во времени (до 5 часов) на всём протяжении Семинара в его работе участвовали представители разных часовых поясов. В течение

двух дней на Семинаре одновременно присутствовало 28-45 человек. Всё это свидетельствует о высоком уровне заинтересованности научной общест­венности заявленной темой.

Участников семинара приветствовал директор Научного центра изучения Арктики В.С. Исаев (г. Салехард), выразив открытость к обсужде­нию возможного научного сотрудничества.

На Семинаре был представлен 31 доклад по четырём направлениям: 1) Методические подходы к изучению влияния глобальных климатических изменений на природные комплексы; 2) Влияние климатических изме­нений на устойчивость и разнообразие арктических и субарктических экосистем; 3) Эколого-климатические риски социально-экономического развития Арктической зоны и пути их предотвращения. Экологические проблемы урбанизации в Арктике; 4) Структура и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий, состояние популяций редких и малочисленных видов животных и растений в Арктике и Субарктике.

В докладах китайских исследователей были освещены, главным обра­зом, методические подходы к изучению влияния современных климатиче­ских изменений на природные комплексы разного масштаба на примере высокогорных и арктических экосистем (Бо Йао, Фуданьский универси­тет; Ван Нин, Дин Пин, Институт геохимии Гуанчжоу; Жанг Ливэй, Лю Янг, Пэн Бо, Куньминский университет науки и технологий), методиче­ские подходы к датированию ледниковых озёр (Ивэй Чен, Институт гео­химии Гуанчжоу), палеоре­конструкции гидрологического режима болот в зоне многолетней мерзлоты (К.В. Бабешко, Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне), реконструкции поверхностной влажности мерзлотных тор­фяников (Гу Сююань, Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне), а также исследование в масштабах континента об обусловленных климатом зако­номерностях распределения сообществ свободноживущих одноклеточных животных (Су Цзяхуэй, Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне) [2-5].

Российскими участниками были представлены концептуальные раз­работки по организации мониторинга орнитофауны в системе экологиче­ского мониторинга в акватории Северного морского пути (М.В. Гаврило, В.Г. Пчелинцев, Арктический и антарктический научно-исследователь­ский институт, г. Санкт-Петербург), по агропромышленному реосвое­нию севера как перспективному вектору развития арктических регио­нов в условиях глобальной климатической и геополитической динамики (Е.В. Абакумов с соавторами, Санкт-Петербургский государственный университет, Научный центр мирового уровня «Агротехнологии будущего», г. Санкт-Петербург), результаты разработки и апробирования модели оценки пригодности ландшафтов Полярного Урала для летних стоянок оленеводов, проведённого с использованием данных ландшафтных ис-

следований, интервьюирования оленеводов и комплекса инструментов геообработки пространственных данных (Д.В. Черных с соавторами, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул), предложения по развитию системы особо охраняемых природных территорий для сохранения редких и исчезающих животных в Ямало-Ненецком автономном округе (С.Б. Розенфельд, Институт экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, г. Москва) [6-12].

В большинстве докладов были рассмотрены результаты изучения биологического разнообразия (популяционного, видового, биоценотического) в разных ландшафтах во взаимосвязи с локальными и глобальными изменениями природной среды и климата в различных частях Арктической зоны – на севере Западной Сибири (в ЯНАО) (Д.В. Золотов, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул; А.Ю. Левых с соавторами, Научный центр изучения Арктики, г. Салехард; А.А. Киряков с соавторами, И.А. Фуфачёв с соавторами, Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги), на полуостровах Таймыр (М.Ю. Соловьёв, А.Б. Поповкина, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва) и Чукотский (Д.А. Барыкина, О.Д. Проккопенко, Д.В. Соловьёва), Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, г. Магадан; И.И. Горелов, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург) [13-16].

В ряде докладов обсуждены результаты прикладных исследований, важных для сохранения ландшафтов и традиционного природопользования в северных регионах (В.В. Елсаков, Институт биологии Коми Научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар; С.Ю. Абдульманова с соавторами, А.Н. Терёхина с соавторами, Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги), результаты изучения отдельных краснокнижных видов животных и их местообитаний (А.А. Соколов, А.Н. Болтунов, Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги, Научно-экспедиционный центр «Морские млекопитающие», г. Москва; С.Л. Болдырев, Научный центр изучения Арктики, г. Салехард), результаты исследования экологического состояния ряда ООПТ и объектов историко-культурного наследия с целью их сохранения и развития экологического каркаса ЯНАО (Е.Н. Моргун, Научный центр изучения Арктики, г. Салехард), опыт использования беспилотных летательных аппаратов в топографических и популяционно-экологических исследованиях (Р.М. Ильясов, Научный центр изучения Арктики, г. Салехард) [17-26].

Особого внимания заслуживают доклады о результатах исследований мало изученных на территории Арктики и Субарктики групп живых ор-

ганизмов – простейших (А.Д. Чулей, К.В. Бабешко, Гу Сююань, Су Цзяхуэй, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва; Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне) и насекомых (Е.Н. Шутова, Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги), а также о появлении и распространении в высоких широтах не характерных для них ранее видов беспозвоночных и позвоночных животных (Е.С. Бабушкин с соавторами, Сургутский государственный университет; О.Б. Покровская с соавторами, Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги) [5, 27].

Из представленных участниками докладов следует, что процессы климатически обусловленной трансформации компонентов арктических экосистем активно развиваются. В связи с этим необходимо уделять больше внимания поиску индикаторов перестроек экосистем, осуществлять стационарные исследования, активно внедрять новые информационные технологии. Участники отметили необходимость сохранения и развития основных направлений исследований, реализуемых ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики».

По итогам двухдневной работы Семинара была подготовлена Резолюция.

В целом, признавая актуальность тематики Семинара и необходимость наличия мобильной площадки для межрегионального и международного профессионального взаимодействия, участники Семинара предлагают:

1) продолжать на базе ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» проведение научных семинаров по актуальным вопросам изучения арктических и субарктических экосистем; с учётом расширения состава участников в текущем году последующие семинары провести с разделением по тематическим направлениям, в том числе с привлечением зарубежных специалистов;

2) с учётом значительного интереса к Семинару рассмотреть перспективы:

- организации очных (возможно, полевых) семинаров на базе ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» как более эффективного способа общения между учёными и как возможность знакомства с природными объектами арктической зоны РФ;

- повышения статуса и изменения формата данного научного мероприятия, например, проведение его в форме конференции или симпозиума в смешанном формате (очно и онлайн), с изданием сборника тезисов, на ежегодной (или чуть реже) основе;

3) признать высокую актуальность и поддержать дальнейшие исследования в Арктической зоне Российской Федерации, в т.ч. в ЯНАО и на сопредельных территориях:

популяционно-экологические

- краснокнижного атлантического моржа на северо-западном побережье полуострова Ямал;
- песца — одного из ключевых нативных видов арктических экосистем;
- отдельных видов птиц и их биотических взаимосвязей;
- дикого северного оленя в лесной и тундровой зонах ЯНАО;
- сопряжённые долговременные наблюдения за популяциями мелких наземных грызунов и хищников-миофагов на полуострове Ямал;

фаунистические и экологические

- мониторинговые исследования авифауны на побережье северных морей;
- недостаточно изученных в арктической зоне групп организмов — насекомых, простейших;
- продвижения в высокие широты бореальной фауны и распространения чужеродных видов позвоночных и беспозвоночных животных;
- животных — индикаторов экологического состояния природных комплексов (в наземных экосистемах — птиц, мелких млекопитающих, в водных — макробеспозвоночных животных и др.);

комплексные междисциплинарные

- растительности и животного населения на основе ландшафтной структуры территории в разных природных зонах;
- динамики взаимосвязей человек — северный олень — растительность — климат;
- почвенные: экологические, агробиологические и агротехнологические исследования;
- геохимические исследования природных вод, почв, растительности, животных;

4) расширить тематику исследований, включающих изучение динамики парниковых газов и углерода в целом в арктической зоне;

5) признать, что действующая система особо охраняемых природных территорий федерального, регионального и местного значения не полностью обеспечивает решение задач по сохранению и неистощительному использованию гусеобразных и обратиться в органы Исполнительной власти ЯНАО с предложением рассмотреть возможность закрепления действовавших в ЯНАО зон покоя водоплавающей дичи в период весенней охоты параметрами охоты или переводом их в ранг региональных сезонных заказников;

6) вследствие того, что браконьерство угрожает численности дикого северного оленя как напрямую, так и косвенно — в виде фактора беспокойства, даже при охоте на другую дичь, и наиболее крупная популяция дикого северного оленя в ЯНАО сохранилась только в Красноселькупском и

прилегающей с севера части Тазовского района, признать, что для защиты данного вида необходимо создание заказника регионального значения с запретом посещения и охоты на территории Красноселькупского и Тазовского районов площадью 954 085 га; для дальнейшего совершенствования системы охраны дикого северного оленя необходимо создание межрегионального заказника, а также совместная разработка сроков, норм и квот на охоту на дикого северного оленя в Красноярском крае с участием представителей профильных департаментов ЯНАО и ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»;

7) для предметного обсуждения актуальных направлений (тем) научных исследований организовать рабочие семинары по предварительной договорённости между заинтересованными лицами (организациями).

Оргкомитет Семинара выражает глубокую благодарность руководству библиотеки «Культурный центр «Наследие»» (г. Салехард) за предоставление площадки, информационно-коммуникационные средства и за техническое сопровождение Семинара.

Авторы статьи искренне признательны А.А. Соколову, С.Б. Розенфельд, В.В. Елсакову, Е.С. Бабушкину, К.В. Бабешко, В.С. Жукову за предложения и плодотворное обсуждение резолюции.

Список источников

1. Левых А.Ю., Курхинен Ю.П. Международный научный онлайн-семинар «Актуальные вопросы изучения арктических и субарктических экосистем в условиях глобальных изменений природной среды и климата» // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2023. № 1 (118). – С. 72–81. doi: 10.26110/ARCTIC.2023.118.1.005.
2. Guo L., Yang Y., Fraser P.J., Velders G.J.M., Liu Zh., Cui D., Quan J., Cai Zh., Yao B., Hu J., Fang X. Projected increases in emissions of high global warming potential fluorinated gases in China // Communications Earth & Environment. 2023. Vol. 4. Issue 1. P. 205.
3. Zhang L., Xia X., Liu Sh., Zhang S., Li S., Wang J., Wang G., Gao H., Zhang Zh., Wang Q., Wen W., Liu R., Yang Zh., Stanley W.H., Raymond P.A. Significant methane ebullition from alpine permafrost rivers on the East Qinghai–Tibet Plateau // Nature Geoscience. 2020. Vol. 13. Issue 5. P. 349-354.
4. Chen Y., Aitchison J.C., Zong Y., Li Sh.-H. OSL dating of past lake levels for a large dammed lake in southern Tibet and determination of possible controls on lake evolution // Earth Surface Processes and Landforms. 2016. Vol. 41. Issue 11. P. 1467-1476.
5. Saldaev D., Babeshko K., Chernyshov V., Esaulov A., Gu X., Kriuchkov N., Mazei N., Saldaeva N., Su J., Tsyganov A., Yakimov B., Yushkovets

- S., Mazei Y. Biodiversity of Terrestrial Testate Amoebae in Western Siberia Lowland Peatlands // *Data*. 2023. Vol. 8. Issue 11. P. 173.
6. Гаврило М.В. Состояние российской популяции белой чайки *Pagophila eburnea* в условиях современных климатических перестроек // *Русский орнитологический журнал*. 2023. Т. 32. № 2278. – С. 851-853.
 7. Гаврило М.В., Пчелинцев В.Г., Чупин И.И. Обыкновенная гага *Somateria mollissima* на северо-востоке Карского моря // *Русский орнитологический журнал*. 2023. Т. 32. № 2376. – С. 5718-5719.
 8. Моргун Е.Н., Абакумов Е.В., Низамутдинов Т.И. [и др.]. Полярное земледелие в Ямало-Ненецком автономном округе. Возрождение. Салехард-СПб.: Центр научных технологий «Астерион», 2022. – 250 с.
 9. Моргун Е.Н., Абакумов Е.В. Исследования в области сельского хозяйства и урожайность сельскохозяйственных культур в ЯНАО: ретроспективный анализ (1932-2019 гг.) // *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2019. № 3 (104). – С. 4-9.
 10. Лубенец Л.Ф., Черных Д.В., Локтев Р.И., Колесников Р.А. Горные ландшафты Полярного Урала как объекты традиционного природопользования (По результатам опросов оленеводов) // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2023. Т. 15, № 2. – С. 365–373. doi: 10.21177/1998-4502-2023-15-2-365-373.
 11. Розенфельд С.Б., Тимошенко А.Ю., Смбаев С.Д. Роль и принципы организации сезонных охотничьих заказников для сохранения и неистощительного использования гусеобразных птиц в местах их массовых концентраций на миграционных остановках. // *Успехи формирования и функционирования сети особо охраняемых природных территорий и изучение биологического разнообразия*. Мат-лы междунардн. науч.-практич. конф. Костанай. 2014. – С. 42-46.
 12. Розенфельд С.Б., Киртаев В.Г. Необходимость создания сети сезонных ООПТ для сохранения мигрирующих водоплавающих // *Вклад особо охраняемых природных территорий Архангельской области в сохранение природного и культурного наследия*. Материалы докладов межрегиональной научной конференции, посвящённой 100-летию заповедной системы России. 2017. – С. 186-191.
 13. Черных Д.В., Золотов Д.В., Бирюков Р.Ю., Колесников Р.Ю., Печкин А.С. Катенарная дифференциация геосистем Надымских сопок // *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2022. № 3 (116). – С. 80-96. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.116.3.005.
 14. Левых А.Ю., Черных Д.В., Золотов Д.В., Бирюков Р.Ю. Сообщества мелких млекопитающих Надымских сопок и их изменения вдоль ландшафтной катены // *Сибирский экологический журнал*. 2023. Т. 30. № 6. – С. 839-853.

15. Розенфельд С.Б., Поповкина А.Б., Соловьев М.Ю., Киртаев Г.В., Рогова Н.В. Опыт оценки численности и распределения гусей и казарок на полуострове Таймыр методом авиаучёта // Труды Зоологического института РАН. 2023. Т. 327. № 4. – С. 643–658.
16. Розенфельд С.Б., Бысыкатова-Харми И.П., Барыкина Д.А., Киртаев Г.К., Соловьёва Д.В. Современные тренды популяций стерха (*Grus leucogeranus*) и канадского (*Grus canadensis*) журавля (Gruidae, Gruiformes) в тундрах Якутии и Чукотки по данным авиаучётов // Зоологический журнал. 2023. Т. 102. № 2. – С. 181–194.
17. Елсаков В.В. Информационные технологии в развитии пастбищного оленеводства Европейского севера // Вестник АГАТУ. 2023. № 4 (12). С. 51–59.
18. Южаков А.А., Зуев С.М., Елсаков В.В., Лайшев К.А. Особенности организации изгородного содержания северных оленей в лесной зоне Тюменского севера // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 10. – С. 103–113.
19. Grigoriev A.A., Shalaumova Yu.V., Balakin D.S., Erokhina O.V., Abdulmanova S.Yu., Moiseev P.A., Camarero J.Ju. Alpine Shrubification: Juniper Encroachment into Tundra in the Ural Mountains // Forests. 2022. Vol. 13. Issue 12. P. 2106.
20. Terekhina A., Filippova V., Volkovitskiy A., Shklyar K., Orekhov P., Sokolova N., Abdulmanova S., Sokolov A. Influence of Indigenous Herding Activities on the Spatio-Temporal Distribution of Reindeer During the Summer-Autumn Period: Case From Yamal, Russia // Human Ecology. 2023. Vol. 51. Issue 1. P. 21–34.
21. Boltunov A.N., Semenova V.S., Sokolov A.A., Kucheyko A.A. Newly Detected Haul-Out of Atlantic Walruses (*Odobenus rosmarus rosmarus*) on Yamal Peninsula Has Become the Biggest in the Kara Sea // Polar Biology. 2021. Vol. 44. P. 2077–2083. doi: <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02942-0>.
22. Левых А.Ю., Замятин Д.О., Моргун Е.Н. Оценка природных комплексов Куноватского заказника в районе реинтродукции стерха (*Leucogeranus leucogeranus*) // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12. № 1. – С. 64–75.
23. Низамутдинов Т.И., Сулейманов А.Р., Моргун Е.Н., Гусев Ан.В., Тупахина О.С., Гусев Ал.В., Плеханов А.В., Тупахин Д.С., Абакумов Е.В. Почвы заполярного археологического памятника «Поселение Лабитнанги 1 (Комяцкая деревня)»: морфологический анализ и химическая характеристика // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. № 114. – С. 66–108.
24. Моргун Е.Н., Левых А.Ю., Ильясов Р.М., Кременецкая М.В., Суппес Н.Е. К созданию локальной системы ООПТ ЯНАО: священное ме-

- сто «Ангальский мыс» как памятник природы // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11. № 1. – С. 86-98.
25. Ильясов Р.М., Пушкарев В.Е., Плесовских К.А. Применение аэрофотосъёмки и воздушной лидарной съёмки для отслеживания изменений ровности дорожного полотна в арктических условиях // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2023. № 3 (120). – С. 6-18.
26. Ильясов Р.М., Колесников Р.А. Практика использования беспилотных летательных аппаратов при проведении мониторинга водных объектов и их водоохранных зон // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 3 (116). – С. 97-110.
27. Babushkin E.S., Nekhaev I.O., Vinarski M.V., Yanygina L.V. Aliens and Returnees: Review of Neobiotic Species of Freshwater Mollusks in Siberia from the Kazakhstan Steppe to the Arctic Tundra // Diversity. 2023. Vol. 15. Issue 3. P. 465. <https://doi.org/10.3390/d15030465>

Сведения об авторах

Алёна Юрьевна Левых, 1969 г.р., в 1991 г. окончила Тюменский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент. С 1991 по 2020 г. преподавала в Ишимском педагогическом институте им. П.П. Ершова (филиале) Тюменского государственного университета. С 2021 года работает в ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия). Область научных интересов: популяционная биология мелких млекопитающих, фауна и экология популяций и сообществ животных, общая экология.

Ганжерли Надежда Владимировна, 1984 г.р., в 2007 г. окончила факультет романо-германской филологии Тюменского государственного университета, в 2015 г. получила степень магистра лингвистики в Тюменском государственном университете. Преподает в Тюменском государственном университете. Область научных интересов: экология; компьютерная лингвистика, юмор, ненецкий язык.

Исаев Владислав Сергеевич, 1969 г.р., в 1993 году окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кандидат геолого-минералогических наук, доцент; старший научный сотрудник кафедры геокриологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова; почетный профессор Международной Академии Холода и член ученого Совета геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. С 2023 года – директор ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия). Область научных интересов: геокриологический фоновый мониторинг, термоабразия арктических берегов, комплексные геокриоло-

логические исследования в Арктике, инженерная геология, геотехнический мониторинг, термостабилизация грунтов.

Статья поступила в редакцию 28.01.2024 г., принята к публикации 27.02.2024 г.

The article was submitted on January 28, 2024, accepted for publication on February 27, 2024.

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District

№ 1 (122) 2024

В журнале публикуются исследования, посвященные вопросам развития Арктического региона планеты. Для нас важно представить комплексный взгляд на процессы, происходящие в этом регионе, поэтому принимаются рукописи, освещающие проблематику с разных точек зрения, – исторической, экономической, экологической, биологической, социокультурной.

Особое внимание уделяется исследованиям в сфере мерзотоведения, криологии Земли, экологии и геоэкологии, истории и образа жизни коренных малочисленных народов Севера, адаптации современного человека к условиям Арктики.

Журнал ориентирован на исследователей, работников органов государственного и муниципального управления, аспирантов и студентов университетов стран Арктики.

Журнал является рецензируемым, индексируется и реферируется в наукометрической базе данных Российского Индекса Научного Цитирования (РИНЦ).

Сайт журнала: <http://arctic-89.ru/>

12+

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ №ФС77-81250 от 08.06.2021 г.

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Учредитель и издатель: ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»

Адрес учредителя, издателя и редакции:

629008, Россия, Ямало-Ненецкий АО, г. Салехард, ул. Республики, 20, оф. 203,
тел. 8 (34922) 4-41-32, e-mail: vvp2014@bk.ru

Подписной индекс: П6404

Распространяется в печатном виде. Все статьи журнала находятся в открытом доступе (Open Access)

Фото на обложке: Александр Шеин (г. Салехард)

© Государственное автономное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики»

Подписано в печать 20.03.2024 г. Дата выхода в свет 29.03.2024 г.

Формат 70x100¹/₁₆. Печать цифровая. Усл. печ. л. 7,5.

Гарнитура Newton. Бумага Colotech Plus. Тираж 100 экз. Заказ № 356738.

Цена свободная.

Отпечатано в типографии «Золотой тираж» (ООО «Омскбланкиздат»)

г. Омск, ул. Орджоникидзе, 34,

тел. (3812) 212-111

www.золотойтираж.рф
