

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.

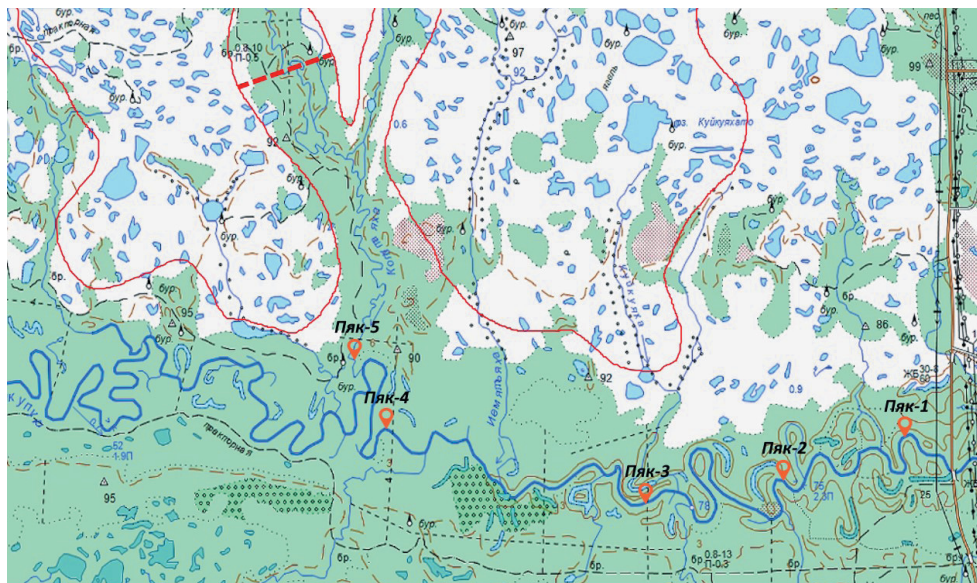
В июле 2020 года от Русского географического общества в адрес ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» поступило обращение с просьбой провести геоэкологическую оценку состояния рек Пякупур и Котутаяха в связи с попаданием углеводородного сырья с территории месторождения в водные объекты из-за аварии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

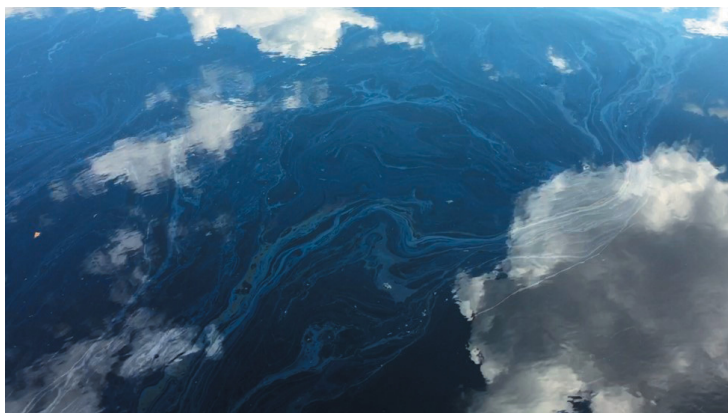


Рис. 2. Нефтяная пленка на поверхности воды реки Пякупур

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).

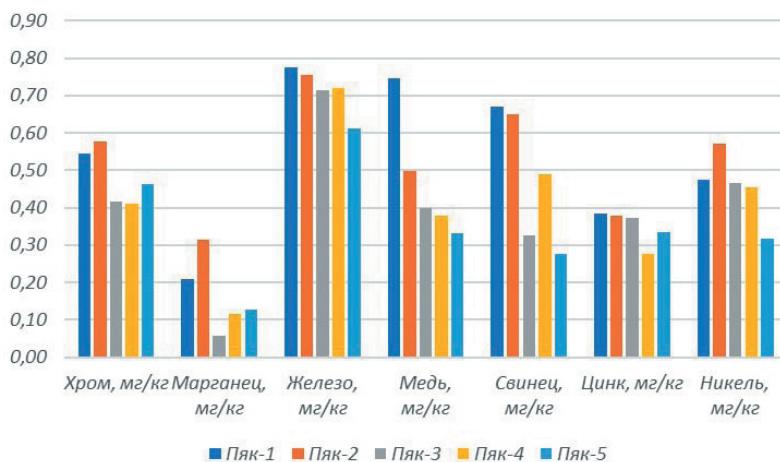


Рис. 4. Коэффициенты концентрации металлов в донных отложениях

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 среднерегionalное 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 Стандартинформ, 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 Стандартиформ, 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 // Гидрометеоиздат, 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.