

ОПАСНЫЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА
В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ ОСТРОВА ВРАНГЕЛЯМ. П. Погожева^{1,2,3}, Н. А. Чекменева², А. О. Долгова², О. Е. Черногоров⁴, П. С. Кулемеев⁵,
А. Р. Груздев⁶, А. М. Кораблев⁷¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (Москва, Российская Федерация)² Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова (Москва, Российская Федерация)³ Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН (Москва, Российская Федерация)⁴ Провиденский инспекторский участок Центра Государственной инспекции по маломерным судам Главного управления МЧС России по Чукотскому автономному округу (поселок городского типа Провидения, Чукотский автономный округ, Российская Федерация)⁵ Государственный природный заповедник «Остров Врангеля» (Чукотский автономный округ, Российская Федерация)⁶ Национальный парк «Гыданский» (поселок Тазовский, Ямало-Ненецкий автономный округ, Российская Федерация)⁷ Главное командование Военно-морского флота Российской Федерации (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 11 марта 2025 г.

Для цитирования

Погожева М. П., Чекменева Н. А., Долгова А. О. и др. Опасные загрязняющие вещества в природной среде острова Врангеля // Арктика: экология и экономика. — 2026. — Т. 16, № 1. — С. ?—?. — DOI: 10.25283/2223-4594-2026-1-?-?.

Работа посвящена изучению содержания стойких органических загрязнителей (СОЗ) и тяжелых металлов (ТМ) на острове Врангеля в рамках экспедиции «УМКА-2022». Цель исследования — оценить уровень загрязнения абиотических и биотических компонентов природной среды, что важно для понимания экологической ситуации в Арктике. Были проанализированы образцы грунта, морской воды и биоты на наличие СОЗ и ТМ с использованием современных методов. Результаты показали наличие 69 загрязняющих веществ 1–3-го классов опасности во всех пробах с наибольшими концентрациями в центральной части острова и у побережья Чукотского моря. В грунте зафиксированы превышения предельно допустимых концентраций для хрома, марганца, никеля, кобальта, свинца и кадмия. В поверхностных водах также обнаружены превышения по кадмию, свинцу и никелю. Анализ данных о загрязнении острова подтвердил значительный уровень антропогенной нагрузки и деградации экосистем, особенно в районах бухты Роджерс, бухты Сомнительная и мыса Гавай.

Ключевые слова: загрязнение природной среды, загрязняющие вещества, стойкие органические загрязнители, СОЗ, тяжелые металлы, экологический мониторинг, остров Врангеля, Арктическая зона.

Введение

Проблема защиты арктических экосистем от загрязнений и других негативных воздействий становится в последнее время все более актуальной в условиях расширения хозяйственной и иной деятельности в Арктике [1]. Несмотря на удаленность от промышленных центров и сельскохозяйственных источников загрязнения, Арктика является местом

скопления загрязняющих веществ. Атмосферный перенос, океанические течения, речной сток переносят загрязняющие вещества, выбрасываемые в более низких широтах [2].

Для арктических районов характерны низкие уровни интенсивности масс- и энергообменов, замедленные процессы самоочищения, короткие пищевые цепи, способствующие быстрому перемещению загрязняющих веществ к конечным потребителям, в том числе к человеку. Загрязняющие

вещества переносятся на большие расстояния от источника образования, накапливаются в тканях растений и живых организмов, в продуктах питания и традиционных кормах, что создает опасность для здоровья населения. Специфика Арктики такова, что серьезные локальные загрязнения могут при определенных условиях приобретать региональный и даже циркумполярный характер. Поэтому проблема загрязнения окружающей среды в Арктике находится в центре внимания всех арктических государств. Ее освоение в прежние годы не предполагало утилизации или вывоза остатков жизнедеятельности человека, и их накопление привело к образованию так называемого накопленного экологического вреда. С начала 2010-х годов ежегодно проводится экологическая очистка Арктики на островах и побережье от накопленного ущерба — уборка и вывоз для утилизации металлических конструкций, строительного и бытового мусора, горюче-смазочных материалов, брошенной техники и оборудования, так как утилизация на месте невозможна. Несмотря на работы по ликвидации экологического ущерба на острове Врангеля в рамках программы по очистке Арктики, обширные площади на территории заповедника по-прежнему остаются сильно загрязненными. Объекты накопленного экологического вреда, постепенно разрушаясь и деградируя, причиняют существенный вред уязвимым арктическим природным экосистемам. Кроме того, изменение климата также оказывает влияние на экологическую ситуацию. К числу наиболее опасных и распространенных загрязнителей окружающей среды в Арктике относятся нефтяные углеводороды, стойкие органические загрязнители (СОЗ), кислотообразующие вещества и радионуклиды, а также тяжелые металлы (ТМ) [3]. СОЗ — высокотоксичные химические вещества, длительное время сохраняющиеся в окружающей среде и способные перемещаться на большие расстояния в глобальных масштабах. Они способны наращивать свои концентрации в живых организмах в процессах биоаккумуляции, представляют серьезную опасность для здоровья человека и дикой природы.

В настоящее время правовое регулирование в области производства и обращения химических соединений охватывает различные аспекты и затрагивает разные группы химических веществ. Это привело, по утверждению исследователей, к «некоторому отсутствию согласованности, а также к фрагментарным правилам, которые трудно определить или интерпретировать» [3]. В результате международные правила разрозненны, их применимость зависит от природы и характеристик конкретного вещества и места его производства или использования. В частности, для опасных веществ отсутствие общих правил представляет реальную проблему [4]. В ограничительный список международных конвенций, таких как Стокгольмская

конвенция¹, продолжают добавлять все новые и новые загрязняющие вещества, вызывающие обеспокоенность, но эти действия имеют отложенный характер и могут быть неэффективными, так как деятельность конвенций ограничена и методы контроля выполнения этих обязательств часто отсутствуют.

На сегодняшний день официально зарегистрировано около 350 тыс. химических веществ, и каждый год в торговлю продолжают поступать новые [6; 7]. Хотя многие СОЗ (например, пестициды — ДДТ, токсафен, хлордан и др.) были запрещены к производству и применению во многих странах в 70—90-х годах XX столетия, их продолжают находить в окружающей среде в значительных количествах, что в основном является наследием выбросов в прошлом, но может быть и следствием того, что их регулирование не работает должным образом.

Благодаря техническому прогрессу в области аналитической химии стало возможно выявление большого количества новых химических соединений, опасных для Арктики (Chemicals of emerging Arctic concern — CEAC). Соответствующие исследования начались совсем недавно, поэтому оценить пространственно-временные закономерности в настоящее время невозможно. Также очень мало известно о потенциальном влиянии CEAC на живые организмы [5]. Усовершенствованные аналитические методики, современное оборудование, программы исследований и технологии целевого и нецелевого скрининга продолжают выявлять химические соединения, которые ранее оставались незамеченными, или представлялось маловероятным, что они могут присутствовать в Арктике. Хотя эти вещества были обнаружены в Арктике недавно, они часто использовались и ранее и часто присутствовали в окружающей среде в течение многих лет и даже десятилетий. Данные соединения могут поступать в эти районы как из локальных источников, так и из удаленных мест [8]. Среди локальных источников наиболее значимыми считаются горно-металлургические и целлюлозно-бумажные комбинаты, нефтегазовые комплексы, объекты судостроения, сбросы неочищенных сточных вод в населенных пунктах. Экологическую ситуацию также усложнило начавшееся освоение запасов углеводородного сырья. Обнаружение новых соединений в Арктике, которые не имеют местных источников, особенно важно, поскольку это свидетельствует об их способности распространяться по всему миру. Новые исследования также должны стать основой для обновления существующих нормативных документов и расчета предельно допустимых концентраций (ПДК) этих веществ [3].

¹ Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, 2001). — Ратифицирована федеральным законом от 27 июня 2011 г. № 164-ФЗ.

Проблемы регионов

Несмотря на актуальность данных исследований, на сегодняшний день недостаточно работ, посвященных этой теме, особенно в удаленных районах, поэтому сравнение данных, полученных разными группами ученых, затруднительно [9]. Практически нет исследований временных тенденций СЕАС в абиотических или биотических средах, и лишь в немногих работах описано их содержание в хищниках высшего порядка [10; 11].

Сегодня экологическая безопасность арктических экосистем, создание комфортной и безопасной среды для жизни — один из национальных приоритетов². В связи с этим настоящее исследование представляется особенно важным. Цель данной работы — оценка содержания опасных загрязняющих веществ в различных компонентах природной среды острова Врангеля, как абиотических (в арктическом грунте и почвах, морской воде, поверхностных водах суши), так и биотических (в животных и птицах). Для достижения этой цели были решены задачи по анализу содержания в пробах стойких органических загрязнителей с определением уровня и класса опасности, а также по определению в них уровня концентрации тяжелых металлов и металлоидов. В работе не только представлены новые теоретические данные по содержанию опасных загрязняющих веществ на труднодоступной территории, но и приводятся практические рекомендации для проведения дальнейших мониторинговых работ и ликвидации накопленного экологического вреда. Результаты этой работы применимы как в районе исследования на острове Врангеля, так и на других островах и морях российской Арктики. Мониторинг содержания опасных загрязняющих веществ поможет понять в целом состояние арктических экосистем в настоящий момент, а также отследить изменения, происходящие под действием усиливающейся антропогенной нагрузки и изменения климата, и усовершенствовать принимаемые меры и затем оценить их эффективность [12].

Район исследования

Остров Врангеля находится в Северном Ледовитом океане между Восточно-Сибирским и Чукотским морями, располагаясь на границе западного и восточного полушарий. Он делится 180-м меридианом на две почти равные части и отделен от материка (северное побережье Чукотки) проливом

Лонга, ширина которого в самой узкой части составляет около 140 км. Остров административно относится к Чукотскому автономному округу и является частью Федерального государственного природного заповедника «Остров Врангеля», созданного в 1976 г. С 2004 г. он включен в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО и считается самым северным объектом этого списка [1].

Остров Врангеля служит примером эволюционного развития различных арктических природных комплексов, включая горные, равнинные и прибрежные экосистемы. Это уникальная автономная территория, развивавшаяся в условиях полной изоляции после отделения от материковой суши. Здесь можно найти реликтовые виды, сохранившиеся со времени неоплейстоцена, а также около 40 эндемичных видов и подвидов растений, насекомых, птиц и млекопитающих. Разнообразие растительного покрова и сочетание типично арктических с относительно южными (американскими и азиатскими) видами свидетельствуют о богатой истории развития островного природного комплекса. Заповедник обладает исключительным для Арктики биологическим разнообразием, включая множество редких и исчезающих видов, охраняемых как на государственном, так и на международном уровнях [1].

Район исследования охватывал всю территорию острова Врангеля. Полевой этап проходил в два этапа: первый — в августе-сентябре 2022 г. в рамках научной части комплексной арктической экспедиции «Умка 2022», второй — в сентябре 2022 г. во время проведения сотрудниками заповедника «Остров Врангеля» ежегодного «кругового маршрута».

Материалы и методы

Материал для данной работы был собран в рамках научной части комплексной арктической экспедиции «Умка 2022», организованной главным командованием Военно-морского флота РФ и Русским географическим обществом. Экспедиция проходила с 25 августа по 26 сентября 2022 г. на острове Врангеля и состояла из двух блоков: учета белых медведей и оценки современного экологического состояния острова. В рамках первого блока экспедиции, посвященного учетам белого медведя, было проведено опробование метода мониторинга белых медведей с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) «Орлан». Для оценки степени загрязненности в отдельных «импактных» районах острова съемка была проведена с повышенными частотой и подробностью.

Во второй блок задач полевого этапа входил отбор проб различных компонентов природной среды (речной воды, морской воды, снега, почвы и донных отложений) и проб биоты (животных, птиц) для последующего анализа в лаборатории на содержание загрязняющих веществ. Результатам этих работ и посвящено настоящее исследование.

² Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018 г. № 204; указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» от 21 июля 2020 г. № 474; приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении Плана выполнения Российской Федерации обязательств, предусмотренных Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях» от 3 октября 2017 г. № 529.

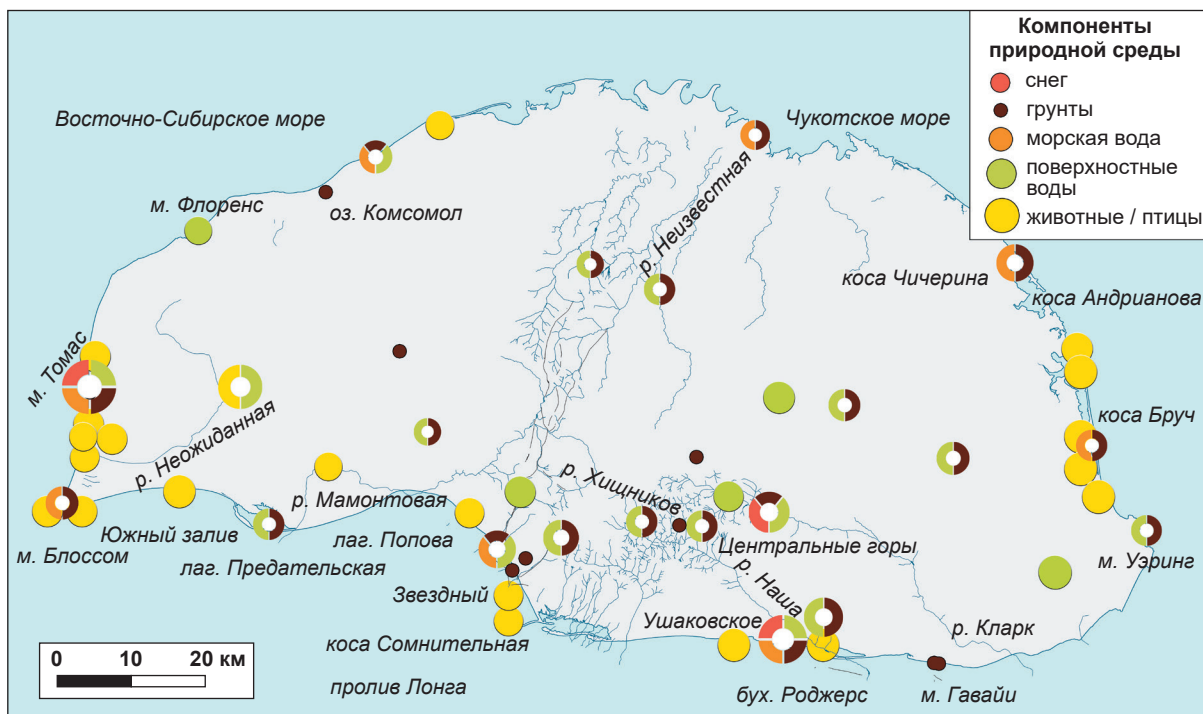


Рис. 1. Схема отбора проб
Fig. 1. Sampling scheme

Отбор проб на СОЗ и ТМ осуществлялся по утвержденным методикам³ точно по всему острову. Пробы грунта на СОЗ отбирались при помощи металлического совка/ложки в предварительно подготовленные конверты из алюминиевой фольги. Конверты упаковывались в двойные zip-пакеты и дважды маркировались. Пробы грунта на ТМ отбирались в герметичные zip-пакеты пластиковой ложечкой без контакта с металлическими предметами. Далее пробы замораживались, транспортировка до лаборатории осуществлялась в сумках-холодильниках. Пробы воды отбирались в стерильные стеклянные склянки и хранились охлажденными до момента анализа. Пробы биоты отбирались со встреченных павших животных и птиц, некоторые пробы шерсти белого медведя отбирались также с лежек и специальных ловушек для шерсти, установленных ранее сотрудниками заповедника. Пробы печени и жира отбирались в стерильные пробирки, фиксировались этиловым медицинским спиртом. Пробы перьев и шерсти отбирались в герметичные пакеты. С мест отбора проб брались географические координаты с помощью GPS приемника Garmin eTrex32 (Германия), пробы соответствующим образом маркировались, все метаданные заносились в полевой журнал отбора проб. Всего во время полевых этапов работ в различных частях острова было отобрано 127 проб (рис. 1). Из них на качественное содержание СОЗ было проанализировано

28 проб речной воды, 11 проб морской воды, 4 пробы снега, 10 проб почвенного покрова, 8 проб печени животных и птиц, 4 пробы перьев птиц, 4 пробы шерсти и 3 пробы жира белого медведя методом целевого скрининга.

Кроме того, была определена концентрация ТМ, а также металлоидов, щелочных и щелочноземельных и переходных металлов в абиотических компонентах природной среды. В табл. 1 отражены количество проб в разных компонентах природной среды, виды металлов как загрязнителей и нормативы предельно допустимых концентраций. Для всех тяжелых металлов приведены показатели, характеризующие предельные концентрации основных неорганических веществ, влияющих на качество питьевой воды, воды подземных и поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в соответствии с нормативным перечнем⁴. По каждому типу показателей приведены данные Всемирной организации здравоохранения, Агентства по охране окружающей среды США (US Environment Protection Agency — USEPA), Европейского сообщества и Госкомсанэпиднадзора России по российским единицам измерений.

Во время лабораторного этапа работ анализировались качественное содержание СОЗ и количественное содержание ТМ. Работы проводились в лаборатории химико-аналитического контроля 27

³ ГОСТ 17.1.5.05-85, РД 52.10.243-92, РД 52.10.778-2013, РД 52.18.289-90, РД 52.10.556-95.

⁴ СанПиН 1-2-3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 1. Тяжелые металлы, металлоиды, щелочные, щелочноземельные и переходные металлы в абиотических компонентах природной среды, исследованные в ходе экспедиции «УМКА-2022»

Table 1. Heavy metals, metalloids, alkaline, alkaline-earth and transition metals in abiotic components of the natural environment studied during the UMKA-2022 expedition

Компоненты природной среды		Тяжелые металлы	Металлоиды	Щелочные, щелочно-земельные и переходные тяжелые металлы	Количество проб	Нормативные документы ПДК
Абиотические	Арктические почвы и донные отложения	Хром Cr, марганец Mn, кобальт Co, никель Ni, медь Cu, свинец Pb, ртуть Hg, кадмий Cd, цинк Zn, ванадий V	Сурьма Sb, мышьяк As	—	28	СанПиН 1-2-3685-21
	Поверхностные воды суши (речная и озерная вода)	Хром Cr, марганец Mn, кобальт Co, никель Ni, медь Cu, цинк Zn, свинец Pb, ртуть Hg, висмут Bi, таллий Tl, молибден Mo, вольфрам W	Бор B, сурьма Sb, мышьяк As, селен Se, теллур Te	Литий Li, бериллий Be, натрий Na, магний Mg, алюминий Al, калий K, кальций Ca, титан Ti, железо Fe, стронций Sr, серебро Ag	29	СанПиН 1-2-3685-21; World Health Organization, Principles and methods for the assessment of risk from essential trace elements, 2002; (US Environment Protection Agency — USEPA), Act C. A. Environmental Protection Agency, 2004; Directive 86/278/EEC
	Снег				4	
	Морские воды				12	

Научного центра Министерства обороны РФ в октябре-декабре 2022 г.

Качественное определение на предмет наличия или отсутствия содержания определенных СОЗ в пробах определялось целевым скринингом методом газовой хромато-масс-спектрометрии с электронной ионизацией с использованием газового хроматографа Agilent 8890 (Agilent Technologies, Санта-Клара, Калифорния, США). Для обработки и идентификации спектров использовалось программное обеспечение Agilent MassHunter Qualitative Analysis 10.0. Для количественного определения содержания ТМ в пробах использовался трехквadrupольный масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой Agilent 8900 ICP-QQQ с программным обеспечением «MassHunter 4.6 Workstation Software for 8900 ICP-QQQ». Для подготовки проб к анализу применялась микроволновая система подготовки проб Milestone ETHOS UP

(Италия) с программным обеспечением «EasyWAVE». Для количественного химического анализа вод, почв, донных отложений и биологических сред на ТМ использовались утвержденные методики 5 в соответствии с аккредитацией лаборатории.

Результаты исследований и обсуждение

Стойкие органические загрязнители — широкий класс стойких химических веществ, обладающих сходными характеристиками, которые делают их потенциально опасными для окружающей среды. Важнейшие характеристики — стойкость к биодеградации, накопление биотой, плохая растворимость в воде и высокая липофильность (накопление в жирах) [13]. Считается, что в Арктике происходит накопление этих веществ [14; 27]. Почвы и грунты

⁵ ПНДФ 14.1:2:4.135-98, ПНДФ 16.1:2.3:3.11-98, М-МВИ-80-2008, МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03.

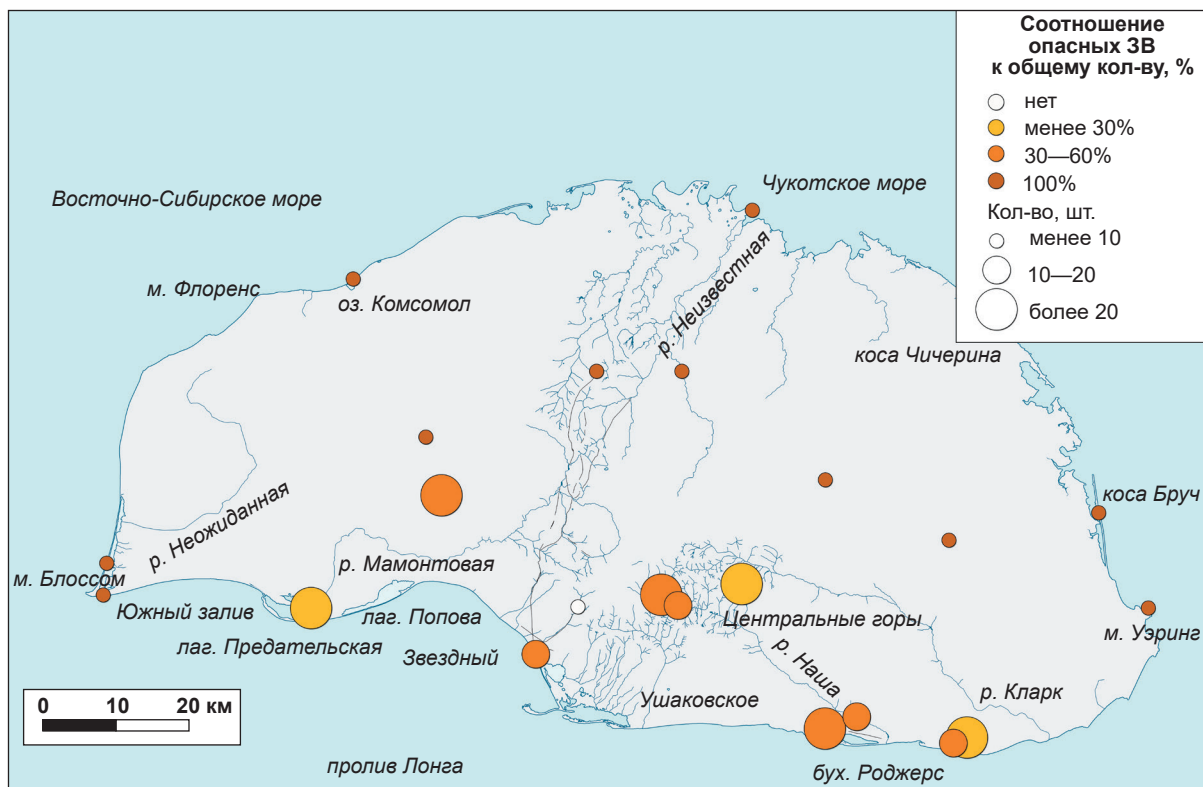


Рис. 2. Картограмма количества обнаруженных СОЗ 1–3-го классов опасности в грунтах острова Врангеля
Fig. 2. Distribution of POPs of hazard class 1–3 in the soils of Wrangel Island

представляют собой наиболее объективный и стабильный индикатор техногенного загрязнения экосистем в отличие от воды и атмосферного воздуха, которые являются миграционными экосистемами [15]. В данном исследовании в результате проведения анализов в лаборатории СОЗ были обнаружены практически во всех пробах. Всего было зарегистрировано 69 СОЗ 1–3-го классов опасности. Наибольшее их количество обнаружено в пробах грунта в центральной части острова, в районе Центральных гор, в районе истоков рек Кларк и Наша, а также в районе Мамонтовых гор и на юго-восточном побережье острова, омываемом Чукотским морем, в районе бухты Роджерс (рис. 2). Определенные виды СОЗ были обнаружены в почвах на северном побережье острова, в двух местах — в районе мыса Флоренс и в районе косы Чичерина, в Восточно-Сибирском море. Перечень идентифицированных СОЗ в компонентах природной среды острова представлен в табл. 2.

В поверхностных водных объектах суши и реках острова обнаружение СОЗ 1–3-го классов опасности в целом совпадает с распределением СОЗ в почвах. Наибольшие количества наблюдались в тех водных объектах, рядом с которыми были отобраны пробы почв и донных отложений: в центральной части острова, в районе Центральных гор, в районе истоков рек Кларк и Наша, а также в районе Мамонтовых гор и на юго-восточном побережье

острова, омываемом Чукотским морем, в районе бухты Роджерс (рис. 2 и 3). Также более 5 СОЗ 1–3-го классов опасности в воде водных объектов зафиксировано в районе Восточного плато и на восточном побережье острова, в ручье, впадающем в залив Дублицкого. Данные химических анализов, съемки БПЛА и квадрокоптеров в целом подтверждают существенное загрязнение отдельных районов острова.

Воздушный перенос — нередко самый быстрый путь поставки загрязняющих веществ, в том числе на удаленные от источников выбросов территории [16–18]. Попадая в атмосферу, загрязняющие вещества переносятся воздушными потоками и выпадают на подстилающую поверхность в результате «сухого» осаждения или вымываются атмосферными осадками, а как следствие увеличивают антропогенную нагрузку на наземные экосистемы [19–21]. Таким образом, атмосферный перенос можно отследить по анализу атмосферных осадков.

В нашем исследовании пробы снега на содержание СОЗ были отобраны в трех местах, где это было возможно в летний период: в районе истока и впадающих ручьев реки Наша (где зафиксированы 7 СОЗ 1–3-го классов опасности), в районе мыса Гавайи (5 СОЗ) и в районе бухты Роджерс (3 СОЗ) (рис. 4). Доля СОЗ 1–3-го классов опасности в общем количестве идентифицированных в пробах СОЗ составила от 20% до 30%.

Таблица 2. Перечень СОЗ, идентифицированных в компонентах природной среды острова Врангеля
 Table 2. List of POPs identified in components of the natural environment of Wrangel Island

Биота		Грунт		Речная вода	
Вещество	Класс опасности	Вещество	Класс опасности	Вещество	Класс опасности
Метилвинилкетон	1	Толуол	3	м-ксилен (1,3-диметилбензол, м-ксилол)	3
Бис(2-этилгексил)фталат	2	Гексаналь	3	Хлорбензол	3
Диметилфталат	2	Гептаналь	3	N-(2-трифторметилфенил)-пиридин-3-карбоксамид	3
Диэтилфталат	2	м-ксилен м-ксилол	3	1,3,5-триметилбензол	3
Нонаналь	2	3,7-диметилоктан-1-ол	3	Метилизоцианат	1
Пиридин	2	Н-нонаналь	2	Триметилсилиловый эфир бензойной кислоты	3
Пиридин-3-карбоксамид	2	Нонаналь	2	1,1,1,2-тетрахлорэтан	3
1,2,4-триметилбензол	3	2,4-бис(1,1-диметилэтил)-фенол	2	1,3,5-триметилбензол	3
1-бутанол	3	Диэтилфталат	2	Дибутилцианамид	2
1-нонанол	3	Дибутилфталат	2	2,4-бис(1,1-диметилэтил)-фенол	3
1-пентанол	3	Диметилфталат	2	Дибутилфталат	2
3-метилбутановая кислота	3	р-толуолальдегид	3	Бис(2-этилгексил)фталат	2
3-метил-бутановая кислота	3	п-изопропилтолуол	3	1-Гептанол	2
4-метил-3-пентен-2-он	3	р-изопропилтолуол	3	1-нонанол	3
4-метил-бензальдегид	3	т-толуолальдегид	3	Гексаналь	3
N,N-диметиламиноэтанол	3	о-толуолальдегид	3	Бис-2-этилгексиловый эфир гексадионовой кислоты	2
Бензацетальдегид	3	р-ксилен	3	м-ксилен м-ксилол	3
Бензолальдегид	3	п-ксилен	3	м-ксилен (1,3-диметилбензол, м-ксилол)	3
Бутиролактон	3	4-метилпентановая кислота	3	Грунт	
Гептаналь	3	N-нитрозодифениламин	2	Вещество	Класс опасности
м-ксилен	3	2-этил-1-гексанол	3	7,12-диметилбензолантрацен	3
м-ксилен м-ксилол	3	1-гептанол	2	Бифенил	2
п-ксилен	3	3-метилбутановая кислота	3	Пентановая кислота	3
Триэтиламин	3	Циклогексанон	3	1-метил-3-(1-метилэтил)-бензол	2
Уксусная кислота	3	Бензофуран	2	Фталевый ангидрид	2
Фенилэтиловый спирт	3	1,2-бензофенантрен	2	Бензолальдегид	3

Окончание табл.2

Морская вода		Снег		Этилбензол	3
Вещество	Класс опасности	Вещество	Класс опасности	Фенол	2
Гексаналь	3	1-метил-3-(1-метилэтил)-бензол	2	Ди-п-бутилфталат	2
3-метил-2-бутеналь	3	п-изопропилтолуол	3	4-метил-бензальдегид	3
м-ксилен м-ксилол	3	Гексаналь	3	Пирен	1
Дибутилцианамид	2			Фталата ангидрид	2
Пиридин-3-карбоксамид, оксид, N-(2-трифторметилфенил)	3			Битуролактон	3
Хлорбензол	3			1-метил-фенантрен	2

Пробы морской воды были отобраны по периметру острова. На юге — в районе бухты Роджерс, бухты Сомнительная и бухты Предательская (Чукотское море), на западе — у мыса Блоссом, в месте слияния Чукотского и Восточно-Сибирского морей, в районе кос, севернее лагуны Вайгач, на севере — в лагуне Нанауна, у мыса Эванс, в бухте Песцовая и у побережья косы Чичерина. Наибольшее число СОЗ 1—3-

го классов опасности зафиксировано в водах бухты Роджерс и на севере в бухте Песцовая. Самые низкие значения зафиксированы в водах лагуны Предательская (рис. 5).

На юге и юго-западе острова были исследованы пробы биоты (образцы шерсти, жира, печени, перьев птиц). Места, где были обнаружены трупы животных и птиц, показаны как станции отбора проб биоматериала.

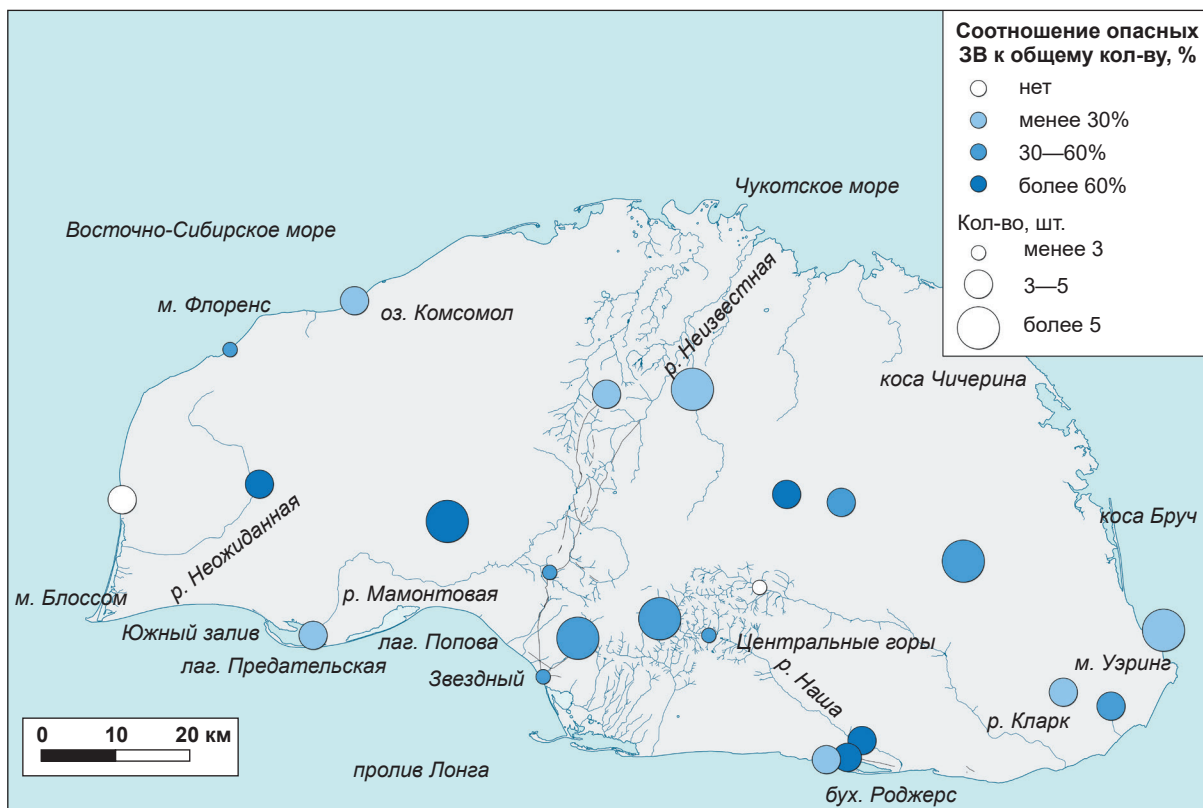


Рис. 3. Картограмма количества обнаруженных СОЗ 1—3-го классов опасности в водах водотоков и других поверхностных водных объектах острова Врангеля

Fig. 3. Distribution of the content of POPs of class 1—3 in the waters of watercourses and other surface water bodies of Wrangel Island

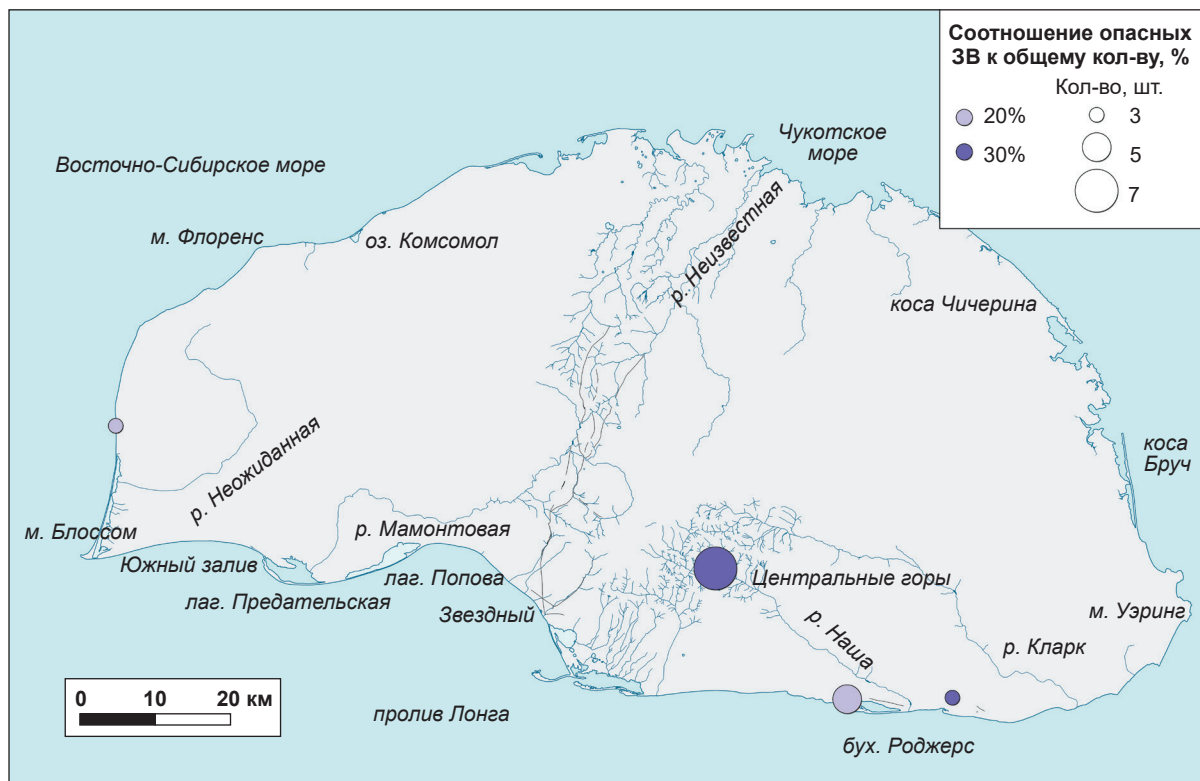


Рис. 4. Картограмма количества обнаруженных СОЗ 1–3-го классов опасности в пробах снега острова Врангеля
Fig. 4. Map of the number of detected POPs of hazard class 1–3 in snow samples from Wrangel Island

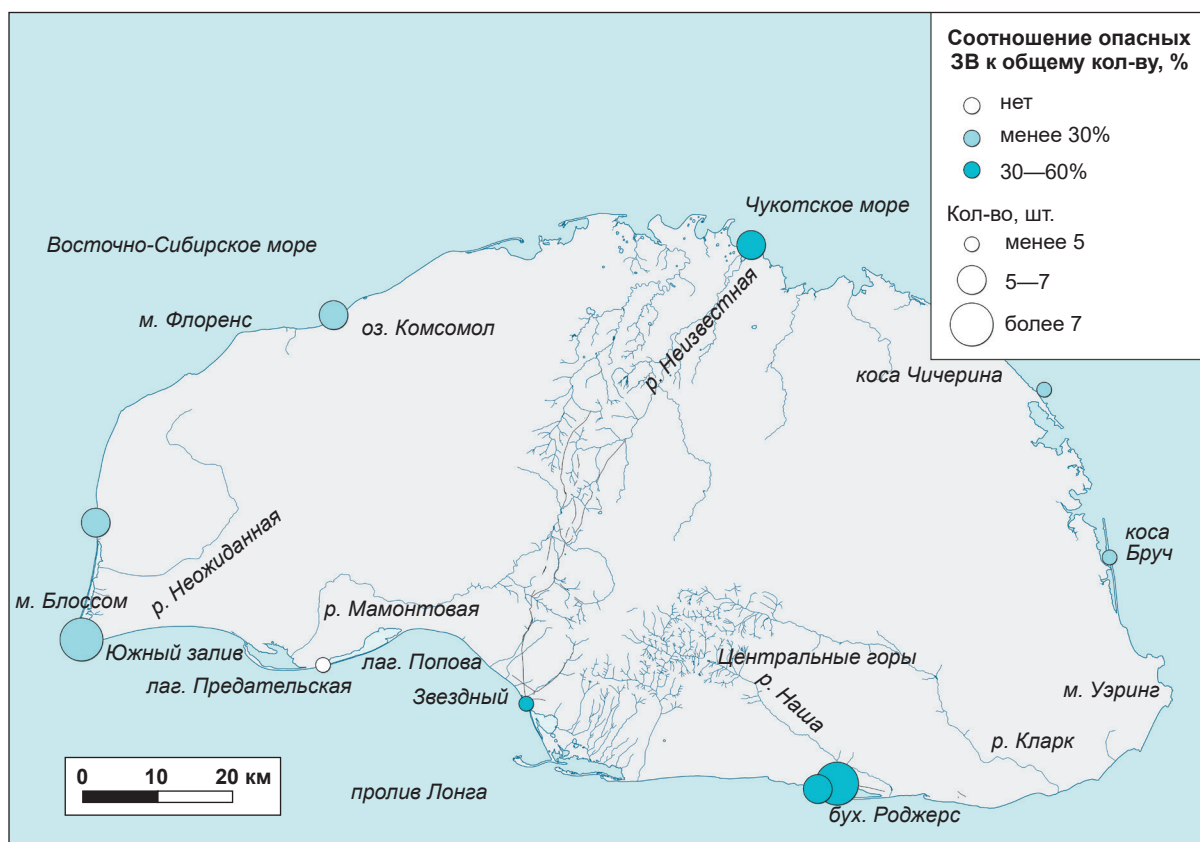


Рис. 5. Картограмма количества обнаруженных СОЗ 1–3-го классов опасности в пробах морской воды, омывающих острова Врангеля
Fig. 5. Map of the number of detected POPs of hazard class 1–3 in samples of seawater washing Wrangel Island

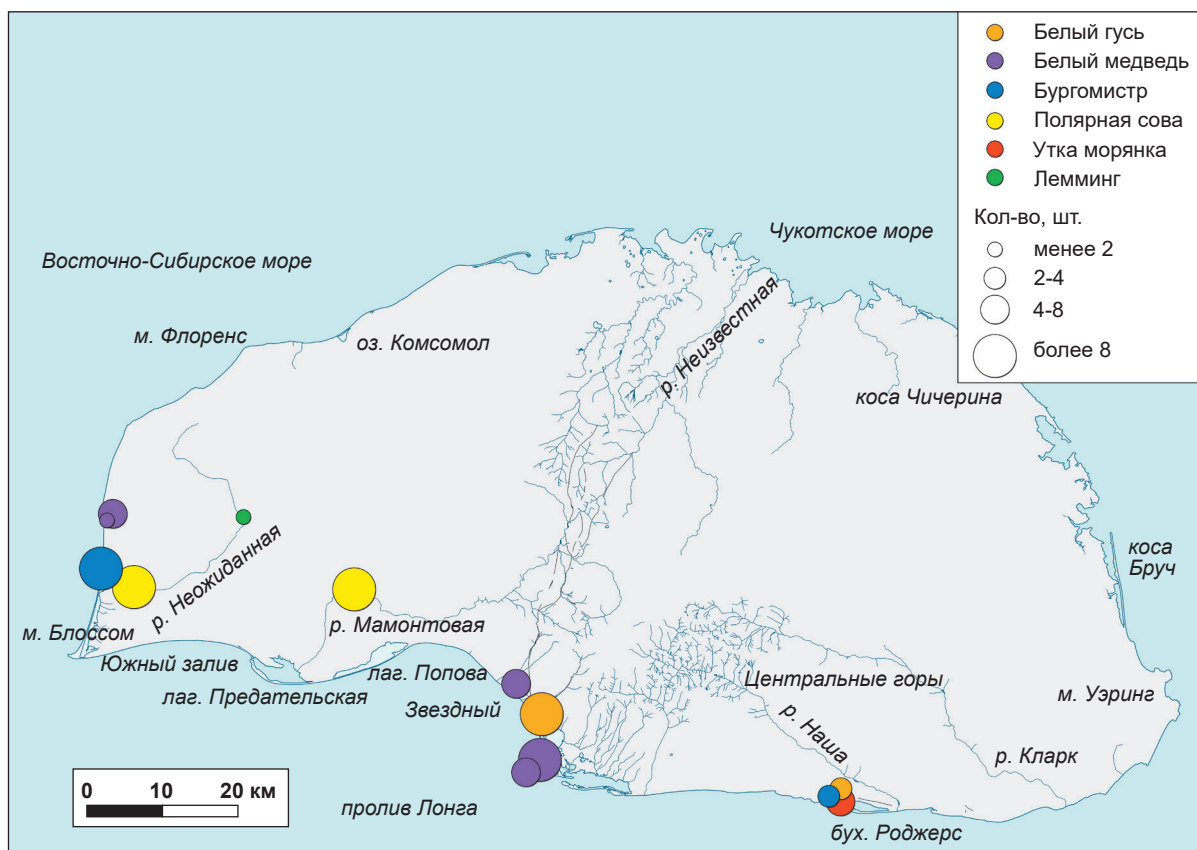


Рис. 6. Картограмма количества обнаруженных СОЗ 1–3-го классов опасности в пробах биоты острова Врангеля
Fig. 6. Map of the number of detected POPs of hazard class 1–3 in biota samples of Wrangel Island

териала на исследование СОЗ и тяжелых металлов. Количество обнаруженных СОЗ 1–3-го классов опасности в пробах была различной (рис. 6), доказательств, что животные и птицы умерли из-за высокого содержания СОЗ, не зарегистрировано, не ясно также, умерли они естественной смертью или по причине других обстоятельств. Ранее на острове Врангеля в летописях природы фиксировались массовые падежи птиц по невыясненной причине [22].

Тяжелые металлы. Во всех пробах почв и донных отложений, отобранных на исследование содержания тяжелых металлов, было зафиксировано превышение хрома (6,40 и 76,39 мг/кг — 128,1 и 1527,8 ПДК [23] соответственно); на 16 из 28 станций были зафиксированы превышения кобальта (4,4 ПДК) и мышьяка (4,4 ПДК). Хром и мышьяк относятся к наиболее токсичным металлам для Арктической зоны [3]. Превышение ПДК по никелю было зафиксировано только на одной станции, находящейся на побережье Восточно-Сибирского моря. Содержание марганца наблюдалось повсеместно, на всех станциях, но превышений норматива не отмечалось. Для почв и грунтов арктических островов характерны высокие концентрации марганца. Превышения свинца были выявлены на двух станциях: вблизи реки Наша, южная часть восточной половины

острова Врангеля, — 43,7 ПДК (5685,21 мг/кг), и на мысе Литке, восточное побережье острова, — 1,1 ПДК (140,64 мг/кг). Превышение по кадмию выявлено в одной пробе, в районе реки Наша, — 3,4 ПДК (6,79 мг/кг).

Пробы морской воды на определение ТМ были взяты с 12 станций, расположенных в разных местах по периметру острова. Из наиболее токсичных и опасных ТМ на 5 из 12 станций было выявлено превышения кадмия [23] — от 1,4 ПДК до 8,5 ПДК, превышений рыбохозяйственного норматива⁶ не выявлено. В последние годы кадмий входит в список приоритетных загрязнителей, поступающих в морскую среду [24; 25]. Превышение ПДК свинца выявлено на 7 станциях из 12. Повышенное валовое содержание составило от 0,032 мг/дм³ (3,2 ПДК) до 0,0512 мг/дм³ (5,1 ПДК). На всех исследуемых морских станциях кроме одной, по данным результатов анализов, ртуть не обнаружена либо значения меньше предела обнаружения методики

⁶ Приказ министра сельского хозяйства России «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 13 декабря 2016 г. № 552.

Проблемы регионов

анализа. Только на одной станции 173/11М, расположенной на северном побережье острова у устья реки Неизвестная, впадающей в бухту Песцовая, обнаружено превышение ПДК по ртути в несколько сотен раз как рыбохозяйственного норматива, так и гигиенического. Концентрация составила 0,0406 мг/дм³. Столь высокая концентрация ртути, вероятно, связана со стоком реки Неизвестная, но понять, является ли это антропогенным загрязнением или генезис повышенной концентрации носит природный характер, не представляется возможным, необходимы дополнительные исследования. Так как место является выносом речного стока, то возможно накопление ртути в донных осадках или поступление из верхнего слоя в воды, что требует дальнейших детальных исследований, так как валовое фоновое содержание данного металла разное для морей арктического бассейна [26]. Изменение климата приводит к таянию морского льда и вечной мерзлоты, что может высвобождать ртуть, хранящуюся в этих слоях почвы и льда. В арктических экосистемах организмы могут накапливать ртуть в своих тканях, что приводит к увеличению концентрации ртути на верхних уровнях пищевой цепи. Эти факторы совместно способствуют повышению уровня ртути в арктических морях, что создает серьезные риски для здоровья экосистем и местных сообществ [26; 27].

Пробы речных и других поверхностных вод суши были отобраны на 29 станциях в реках и водотоках. Из них 8 станций были оценены как чистые, на них все исследуемые в поверхностных водах металлы и металлоиды в количестве 31 не превышали ПДК. Из наиболее опасных ТМ превышения выявлены для следующих: кадмий — в 8 пробах, свинец — в 5 пробах, никель — в 8 пробах. Наиболее загрязненной станцией, где выявлены превышения норматива по 11 ТМ, является 162/18Р, расположенная на мысе Литке, омываемом Чукотским морем. Исследования химического состава воды рек арктического региона актуальны в связи с использованием их в качестве местных источников водоснабжения, а также для решения ряда экологических и научных проблем. Последние касаются специфики формирования солевого состава речной воды в районах Крайнего Севера. В областях повсеместного развития вечной мерзлоты подземная составляющая водного баланса отсутствует. Поэтому солевой состав речной воды формируется исключительно за счет привноса солей с атмосферными аэрозолями (особенно в приморских районах) и в результате выщелачивания из пород в зоне сезонного оттаивания. Исследование солевого состава воды в реках Арктики позволяет также оценить роль естественных источников ее загрязнения. Одним из них могут быть выходы коренных пород, содержащих минералы, неустойчивые в зоне гипергенеза [28; 29], а также таяние самой многолетней мерзлоты [30].

В 2012 г. были получены первые сведения о химическом составе речной воды острова Врангеля. Показано, что ее состав отражает литолого-геохимическую специфику коренных пород и рудной минерализации [28]. В отличие от многих районов Крайнего Севера вода рек острова характеризуется повышенным фоном общей минерализации (0,3—2 г/л), существуют естественные очаги загрязнения поверхностных вод. Для таких водотоков характерны низкие значения pH (2,4—5,5), повышенные значения суммарной минерализации (до 6—23 г/л) и SM_{eq} тип воды (по классификации Алекина). Эти воды содержат аномально высокие концентрации тяжелых и цветных металлов, а также редкоземельных элементов, урана и тория. Отмеченные в нашем исследовании превышения содержания тяжелых металлов в воде водотоков острова Врангеля могут также происходить от естественных источников загрязнения, а часть из них может быть связана и с антропогенным воздействием. То же касается и морских прибрежных вод, в которых были отмечены превышения нормативов по кадмию и свинцу. Данная тема подробно рассматривалась в проведенных нами ранее работах на архипелаге Шпицберген, где с помощью лабораторных экспериментов доказано высвобождение определенных биогенных элементов и тяжелых металлов с вытаиванием многолетней мерзлоты [29—31]. Эти и другие исследования подтверждают связь ухудшения экологической обстановки в Арктике не только в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой, но и с потеплением климата и оттаиванием многолетнемерзлых пород и тем самым с усилением действия природных источников загрязнения.

Заключение

Анализ фондовых данных и открытых источников об истории освоения острова Врангеля, загрязнении отдельных его районов, а также анализ материалов, полученных в экспедиции «Умка 2022», позволили сделать однозначный вывод о значительном уровне загрязнения, деградации экосистем и почв в отдельных исследованных районах острова. Химический анализ проб компонентов природной среды подтвердил эти выводы. Наибольшей антропогенной нагрузке подвержены районы бухты Роджерс, бухты Сомнительная и мыса Гавайи, где также были зарегистрированы наиболее обширные объекты накопленного экологического вреда съемками БПЛА. Исследования показали, что, находясь преимущественно на южном берегу острова, большинство загрязняющих веществ поступает с талыми водами в прибрежные с островом районы Чукотского моря (пролив Лонга), являясь источником для последующего трансграничного переноса. Низкие темпы и степени разложения опасных загрязняющих веществ приводят к их накоплению в окружающей среде, растениях и животных, передаваясь по пищевым цепям к хищникам высшего порядка (белому

медведю и человеку). Сотрудники заповедника отмечали также случаи прямого воздействия бытового мусора на животных — запутывание и застревание в консервных банках медвежат [22].

Данная работа уникальна для всего арктического региона, подобные исследования в этих районах ранее не проводились. Они представляются особенно актуальными ввиду резкого ухудшения качества питьевой воды на острове в последние годы, зарегистрированных случаев падежа птиц и животных, отравления людей. Полученные данные могут быть использованы для разработки программ дальнейших исследований и мероприятий по охране окружающей среды в арктическом регионе. Результаты исследования будут полезны для научных и проектных организаций, занимающихся мониторингом состояния экосистем, а также для разработки стратегий устойчивого развития Арктики. Данные о загрязнении могут служить основой для дальнейших исследований и оценки рисков, связанных с антропогенным воздействием на арктические экосистемы.

Цели данного исследования в целом были достигнуты, однако много вопросов осталось еще не изученными. Во-первых, не всегда было возможно сделать выводы об источниках поступления загрязняющих веществ: локальные они или привнесены трансграничным переносом, каков их генезис — естественный или антропогенный. Во-вторых, не хватает информации о количественном содержании идентифицированных СОЗ. Современные технологии позволяют идентифицировать химические соединения даже в следовых количествах, но по приведенным данным, к сожалению, невозможно сделать вывод о концентрациях найденных веществ. Авторы надеются, что в этой экспедиции было положено начало нового направления исследований в данном районе, исследования будут продолжены и следующие работы дадут более подробную оценку состояния загрязнения природной среды острова Врангеля.

Финансирование

Работа выполнена в рамках госзадания Института океанологии РАН FMWE-2024-0021 «Структурно-функциональная организация, биологическая продуктивность и механизмы современной климатической и антропогенной изменчивости морских и океанических экосистем; экосистемы Арктического бассейна и морей России в современных условиях, биоресурсный потенциал океанических и морских экосистем» и при поддержке госбюджетной темы научно-исследовательской лаборатории геоэкологии Севера географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

Благодарность

Авторы выражают признательность командованию Военно-морского флота РФ, Русскому геогра-

фическому обществу, Заповеднику «Остров Врангеля» за содействие в проведении этих исследований. Авторы особо благодарны лаборатории химико-аналитического контроля федерального государственного бюджетного учреждения «27 Научный центр» Министерства обороны России за проведение химического анализа проб.

Литература/References

1. Национальный атлас Арктики. — М.: Росреестр, 2017. — 496 с.
National Atlas of the Arctic. Moscow, Rosreestr, 2017, 496 p. (In Russian).
2. AMAP, 2017. AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, Norway, 2016, 353 p.
3. Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации / Отв. ред. Б. А. Моргунов. — М.: Науч. мир, 2011. — 200 с.
Diagnostic analysis of the state of the environment of the Arctic zone of the Russian Federation. Ed. by B. A. Morgunov. Moscow, Scientific World, 2011, 200 p. (In Russian).
4. Sands P., Peel J. Principles of international environmental law. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2012.
5. Sonne Ch., Dietz R., Jenssen B. M., Su Shiung Lam, Letcher R. J. Emerging contaminants and biological effects in Arctic wildlife. Trends in Ecology & Evolution, 2021, vol. 36, iss. 5, pp. 421—429.
6. Outlook II, Global Chemicals. From Legacies to Innovative Solutions: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development, 2019, UN Environment Programme.
7. Wang Z. et al. Toward a global understanding of chemical pollution: a first comprehensive analysis of national and regional chemical inventories. Environ. Sci. Technol., 2020, 54, pp. 2575—2584.
8. AMAP Assessment 2020: POPs and Chemicals of Emerging Arctic Concern: Influence of Climate Change. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Tromsø, Norway, 2021, 134 p.
9. Котова Е. И. и др. Состав взвеси в снежном покрове западного сектора Российской Арктики // Лед и Снег. — 2025. — Т. 64, № 4. — С. 591—601.
Kotova E. I. et al. Suspended sediment composition in the snow cover of the western sector of the Russian Arctic. Ice and Snow, 2025, vol. 64, no. 4, pp. 591—601. (In Russian).
10. AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern, Arctic Monitoring and Assessment Programme.
11. Muir D. et al. Identifying further chemicals of emerging arctic concern based on 'in silico' screening of chemical inventories. Emerg. Contam., 2019, 5, pp. 201—210.
12. AMAP Assessment 2015: Temporal Trends in Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitor-

- ing and Assessment Programme. Oslo, Norway, 2015, 71 p.
13. Rigét F. et al. Temporal trends of legacy POPs in Arctic biota, an update. *Science of the total environment*, 2010, vol. 408, no. 15, pp. 2874—2884.
14. Macdonald R. W. et al. Contaminants in the Canadian Arctic: 5 years of progress in understanding sources, occurrence and pathways. *Science of the Total Environment*, 2000, vol. 254, no. 2-3, pp. 93—234.
15. Мотузова Г. В., Безуглова О. С. Экологический мониторинг почв. — М., 2007. — 237 с.
Motuzova G. V., Bezuglova O. S. Ecological monitoring of soils. Moscow, 2007, 237 p. (In Russian).
16. Duce R. A., Liss P. S., Merrill J. T. The atmospheric input of trace species to the World Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 1991, vol. 5, no. 3, pp. 193—259.
17. Шевченко В. П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. — М.: Наука, 2006. — 226 с.
Shevchenko V. P. Influence of aerosols on the environment and marine sedimentation in the Arctic. Moscow, Nauka, 2006, 226 p. (In Russian).
18. Лисицын А. П. Аридная седиментация в Мировом океане. Рассеянное осадочное вещество атмосферы // Геология и геофизика. — 2011. — Т. 52, № 10. — С. 1398—1439.
Lisitsyn A. P. Arid Sedimentation in the World Ocean. Atmospheric dispersed sedimentary matter. *Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52, no. 10, pp. 1398—1439. (In Russian).
19. Голубева Н. И., Бурцева Л. В., Гинзбург В. А. Тяжелые металлы в атмосферных осадках а побережье Баренцева моря // Метеорология и гидрология. — 2010. — № 5. — С. 60—70.
Golubeva N. I., Burtseva L. V., Ginzburg V. A. Heavy metals in atmospheric precipitation on the coast of the Barents Sea. *Meteorology and Hydrology*, 2010, no. 5, pp. 60—70. (In Russian).
20. Суркова Г. В., Еремина И. Д., Мордкович П. А. О влиянии крупномасштабного атмосферного переноса на химический состав и количество атмосферных осадков в центре европейской территории России // Метеорология и гидрология. — 2010. — № 4. — С. 36—44.
Surkova G. V., Eremina I. D., Mordkovich P. A. About the influence of the large-scale atmospheric transport on the chemical composition and amount of atmospheric precipitation in the center of the European territory of Russia. *Meteorology and Hydrology*, 2010, no. 4, pp. 36—44. (In Russian).
21. Stanek L. W., Sacks J. D., Dutton S. J., Dubois J. J. B. Attributing health effects to apportioned components and sources of particulate matter: an evaluation of collective results. *Atmospheric Environment*, 2011, vol. 45, pp. 5655—5663.
22. Государственный природный заповедник «Остров Врангеля». Летопись Природы 2017 года. — Певек, 2018. — 275 с.
Wrangel Island State Nature Reserve. *Annals of Nature* 2017. Pevек, 2018, 275 p. (In Russian).
23. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник-2021 / Под общ. ред. А. Н. Коршенко. — М.: ФГБУ «ГОИН», 2023. — 248 с.
Quality of marine waters by hydrochemical indicators. *Yearbook-2021*. Under the general editorship of A. N. Korshenko. Moscow, FGBU "GOIN", 2023, 248 p. (In Russian).
24. Arctic environmental atlas. Kathleen Crane & Jennifer Lee Galasso. Office of naval research, Naval research laboratory, Hunter college. 1999.
25. Никифоров М. В., Черкашин С. А. Оценка влияния кадмия, цинка и свинца на выживаемость предличинок морских рыб // Исследовано в России. — 2004. — Т. 7. — С. 427—444.
Nikiforov M. V., Cherkashin S. A. Assessment of the influence of cadmium, zinc and lead on the survival rate of marine fish larvae. *Researched in Russia*, 2004, vol. 7, pp. 427—444. (In Russian).
26. Фёдоров Ю. А. и др. Ртуть в донных осадках Белого моря: распределение, источники и хронология захоронения // Океанология. — 2019. — Т. 59, № 1. — С. 153—162.
Fedorov Yu. A. et al. Mercury in bottom sediments of the White Sea: distribution, sources and chronology of burial. *Oceanology*, 2019, vol. 59, no. 1, pp. 153—162. (In Russian).
27. Пасына Ж. М., Keeler G. J. Sources of mercury in the Arctic. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1995, vol. 80, pp. 621—632.
28. Лаврушин В. Ю., Груздев А. Р. Солевой состав рек острова Врангеля // Литология и полезные ископаемые. — 2012. — № 1. — С. 3.
Lavrushin V. Y., Gruzdev A. P. SALT composition of the rivers of Wrangel Island. *Lithology and Mineral Resources*, 2012, no. 1, p. 3. (In Russian).
29. Погожева М. П., Якушев Е. В., Петров И. Н., Яески Е. А. Экспериментальное исследование влияния таяния многолетней мерзлоты на содержание биогенных элементов и тяжелых металлов в морской воде при абразионном разрушении арктических берегов // Арктика: экология и экономика. — 2021. — Т. 11, № 1. — С. 67—75.
Pogojeva M. P., Yakushev E. V., Petrov I. N., Yaeski E. A. Experimental study of the impact of permafrost thawing on the content of nutrients and heavy metals in seawater during abrasion of Arctic shores. *Arctic: Ecology and Economy*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 67—75. (In Russian).
30. Pogojeva M. et al. Experimental study of the influence of thawing permafrost on the chemical properties of sea water. *Russian J. of Earth Sciences*, 2018, vol. 18, no. 5, C. 1—6.
31. Pogojeva M. et al. Arctic inshore biogeochemical regime influenced by coastal runoff and glacial melting (case study for the Templefjord, Spitsbergen). *Geosciences*, 2022, vol. 12, no. 1, p. 44.

Информация об авторах

Погожева Мария Петровна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией экологического мониторинга морской среды, Государственный океанографический институт им. Н. Н. Зубова (119034, Россия, Москва, Кропоткинский пер., д. 6, стр. 1); научный сотрудник, географический факультет, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1); старший научный сотрудник, лаборатория биогидрохимии, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский просп., д. 3), e-mail: pogojeva_maria@mail.ru.

Чекменева Наталья Алексеевна, научный сотрудник, лаборатория экологического мониторинга, отдел мониторинга морской среды, Государственный океанографический институт им. Н. Н. Зубова (119034, Россия, Москва, Кропоткинский пер., д. 6, стр. 1), e-mail: tchekmeneva.n@yandex.ru.

Долгова Анна Олеговна, научный сотрудник, лаборатория экологического мониторинга Отдела мониторинга морской среды, Государственный океанографический институт им. Н. Н. Зубова (119034, Россия, Москва, Кропоткинский пер., д. 6, стр. 1), e-mail: a.dolgova_goin@mail.ru.

Черногоров Олег Евгеньевич, государственный инспектор, Провиденский инспекторский участок Центра ГИМС Главного управления МЧС России по Чукотскому автономному округу (689251, Россия, Чукотский автономный округ, поселок городского типа Provideniya, Чукотская ул., д. 1).

Кулемеев Павел Сергеевич, научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Остров Врангеля» (689400, Россия, Чукотский автономный округ, Певек).

Груздев Александр Рудольфович, научный сотрудник, ФГБУ НП «Гыданский» (629350, Россия, Ямало-Ненецкий автономный округ, поселок Тазовский, ул. Маргулова, д. 14).

Кораблев Андрей Михайлович, научный сотрудник, Главное командование Военно-морского флота Российской Федерации (190195, Россия, Санкт-Петербург, Адмиралтейский пр., д. 1).

HAZARDOUS POLLUTANTS IN THE NATURAL ENVIRONMENT OF WRANGEL ISLAND

Pogojeva, M. P.^{1,2,3}, Chekmeneva, N. A.², Dolgova, A. O.², Chernogorov, O. E.⁴, Kulemeev, P. S.⁵, Gruzdev, A. R.⁶, Korablev, A. M.⁷

¹ Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation)

² N. N. Zubov State Oceanographic Institute (Moscow, Russian Federation)

³ Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

⁴ Providenskiy Inspection Site of the Center for State Inspection of Small Vessels of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Chukotka Autonomous Area (Provideniya urban-type settlement, Chukotka Autonomous Area, Russian Federation)

⁵ State Natural Reserve "Wrangel Island" (Chukotka Autonomous Area, Russian Federation)

⁶ National Park "Gydansky" (Tazovsky settlement, Yamalo-Nenets Autonomous Area, Russian Federation)

⁷ Main Command of the Russian Federation Navy (St. Petersburg, Russian Federation)

The article was received on March 11, 2025

For citing

Pogojeva M. P., Chekmeneva N. A., Dolgova A. O., Chernogorov O. E., Kulemeev P. S., Gruzdev A. R., Korablev A. M. Hazardous pollutants in the natural environment of Wrangel Island. Arctic: Ecology and Economy, 2026, vol. 16, no. 1, pp. ?—?. DOI: 10.25283/2223-4594-2026-1-?-?. (In Russian).

Abstract

The research is focused on the study of the content of persistent organic pollutants (POPs) and heavy metals (HM) on Wrangel Island within the framework of the UMKA-2022 expedition. The purpose of the study is to assess the pollution level of abiotic and biotic components of the natural environment, which is important for understanding the environmental situation in the Arctic. Samples of soil, seawater and biota have been analyzed for the presence of POPs and HM using modern analytical methods. The results showed the presence of 69

Проблемы регионов

pollutants of hazard classes 1-3 in all samples, with the highest concentrations in the central part of the island and off the coast of the Chukchi Sea. In the soil, exceedances of maximum permissible concentrations (MPC) have been recorded for chromium, manganese, nickel, cobalt, lead and cadmium. Exceedances of cadmium, lead and nickel have been also detected in surface water. Analysis of pollution data on the island has confirmed a significant level of anthropogenic load and degradation of ecosystems, especially in the areas of Rogers Bay, Somnitelnaya Bay and Cape Hawaii.

Keywords: *environmental pollution, pollutants, persistent organic pollutants (POPs), heavy metals, environmental monitoring, Wrangel Island, Arctic zone.*

Funding

The work was carried out within the framework of the state task of the Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences FMWE-2024-0021 "Structural and functional organization, biological productivity and mechanisms of modern climatic and anthropogenic variability of marine and oceanic ecosystems; ecosystems of the Arctic basin and seas of Russia in modern conditions, bioresource potential of oceanic and marine ecosystems" and with support of the state research program of the Laboratory of Geoecology of the North, Geography faculty, Moscow State University.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the command of the Russian Navy, the Russian Geographical Society, and the Wrangel Island Nature Reserve for their assistance in conducting these studies. The authors express special gratitude to the Laboratory of Chemical and Analytical Control of the Federal State Budgetary institution "27 Scientific Center" of the Ministry of Defense of the Russian Federation for conducting chemical analysis of samples.

Information about the authors

Pogojeva, Maria Petrovna, PhD of Geography, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Ecological Monitoring of the Marine Environment, N. N. Zubov State Oceanographic Institute (6, building 1, Kropotkinsky Lane, Moscow, Russia, 119034); Researcher, Department of Geography, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie Gory, Moscow, Russia, 119991), Senior Researcher, Laboratory of Biohydrochemistry, Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences (36, Nahimovskiy Ave., Moscow, Russia, 117997), e-mail: pogojeva_maria@mail.ru.

Chekmeneva, Natalia Alekseevna, Researcher, Laboratory of Ecological Monitoring, Marine Environment Monitoring Department, N. N. Zubov State Oceanographic Institute (6, building 1, Kropotkinsky Lane, Moscow, Russia, 119034), e-mail: tchekmeneva.n@yandex.ru.

Dolgova, Anna Olegovna, Research Associate, Environmental Monitoring Laboratory, Marine Environment Monitoring Department, N. N. Zubov State Oceanographic Institute (6, building 1, Kropotkinsky Lane, Moscow, Russia, 119034), e-mail: a.dolgova_goin@mail.ru.

Chernogorov, Oleg Evgen'evich, State Inspector, Providenskiy Inspection Site of the Center for State Inspection of Small Vessels of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Chukotka Autonomous Area (Provideniya urban-type settlement, Chukotka Autonomous Area, Russia).

Kulemeev, Pavel Sergeevich, Researcher, State Natural Reserve "Wrangel Island" (Chukotka Autonomous Area, Russia).

Gruzdev, Alexander Rudolfovich, Researcher, National Park "Gydansky" (Tazovsky settlement, Yamalo-Nenets Autonomous Area, Russia).

Korablev, Andrey Mikhailovich, Research Associate, Main Command of the Navy (Bldg. 1, Admiralty Ave., St. Petersburg, Russia, 190195).

© Pogojeva M. P., Chekmeneva N. A., Dolgova A. O., Chernogorov O. E., Kulemeev P. S., Gruzdev A. R., Korablev A. M., 2026