

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЮЖНО-КАРСКОГО ШЕЛЬФА В СВЯЗИ С РАЗВЕДКОЙ И ОБУСТРОЙСТВОМ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Казанин А. Г., Радченко М. С., Солонина С. Ф., Проконина М. В.,
Артамонова Т. В., Шкарубо С. И.

АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (Мурманск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 31 марта 2025 г.

Для цитирования

Казанин А. Г., Радченко М. С., Солонина С. Ф. и др. Эколого-геологическая обстановка в центральной части Южно-Карского шельфа в связи с разведкой и обустройством нефтегазовых месторождений // Арктика: экология и экономика. — 2026. — Т. 16, № 2. — С. 250—263. — DOI: 10.25283/2223-4594-2026-2-250-263.

На основании комплексного анализа материалов АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», полученных в ходе работ по подготовке к изданию листов ГК-1000/3 («Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 третьего поколения»), составлена эколого-геологическая схема, дано подробное описание ландшафтов Южно-Карского шельфа, сделана оценка экологического состояния природных сред шельфа и их устойчивости. Данная оценка в связи с резким увеличением техногенной нагрузки на экологические системы Карского моря является актуальной основой для разработки рекомендаций по рациональному природопользованию, в том числе при обустройстве месторождений углеводородов, а также для планирования и проведения мероприятий по мониторингу и охране геологической среды.

Ключевые слова: Карское море, шельф, ландшафт, месторождение, углеводороды, загрязнение, экологические проблемы.

Введение

Карское море, особенно его южная часть, — ключевой район для исследования экологии Арктики. За последнее десятилетие здесь выполнен большой объем геолого-разведочных работ, что привело к открытию новых уникальных и крупных месторождений Южно-Карского бассейна: Победа (2014 г.), Северо-Обское (2018 г.), им. В. А. Динкова и Нярмейское (2019 г.), 75 лет Победы (2019 г.), им. маршала Жукова и им. маршала Рокоссовского (2020 г.) (рис. 1).

Развертывание нефтегазодобычи, а также рост транспортной активности в регионе неизбежно приводят к увеличению техногенной нагрузки на экологические системы Карского моря, а учитывая, что арктические моря относятся к наиболее уязвимым

природным объектам, необходимо проводить природоохранные мероприятия для повышения уровня экологической безопасности при добыче и транспортировке нефтепродуктов. Для научного обоснования решений по оптимизации природопользования необходимо комплексное исследование свойств ландшафтов, их морфологической структуры, современной динамики и развития.

С начала работ по геологической съемке шельфа (конец 80-х годов) в масштабе 1:1 000 000 АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (АО «МАГЭ») проводило опытные работы, направленные на изучение экосистемы шельфа и прогнозирование возможных последствий антропогенного воздействия. Разрабатывалась методика ландшафтно-экологического картирования по принципу выделения ландшафтов (как субаквальных, так и субаэральных) как «однородных парагенетических совокупностей абиотических и биотических харак-



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- 1 Лицензионные участки:
 1 – Русановский; 2 – Белоостровский; 3 – Скуратовский; 4 – Невский; 5 – Ленинградский;
 6 – Няремейский; 7 – Обручевский; 8 – Морской; 9 – Малыгинский; 10 – Северо-Тасийский;
 11 – Северо-Обский; 12 – Западно-Тасийский; 13 – Тасийский
- Месторождения нефти и газа

Рис. 1. Лицензионные участки и месторождения Южно-Карского шельфа
Fig. 1. License areas and fields on the South Kara shelf

теристик в “признаковом” и географическом пространстве» [10]. Но из-за неоднозначной трактовки принципов типизации и районирования донных ландшафтов, выбора совокупности определяющих параметров среды ландшафтно-экологические карты вызывали много возражений, так как одни авторы в понятие донных ландшафтов вкладывали все возможные составляющие морской среды, включая климатические и гидрографические показатели, а другие ограничивались выбором двух-трех ведущих факторов. По таким картам невозможно прочитать какую-либо конкретную фактическую информацию, так как оконтуренные участки представляют собой суммарный результат построений, а исходные данные не всегда понятны.

В дальнейшем с целью исключения субъективизма авторов и отражения на карте конкретных данных и параметров среды было предложено проводить геолого-экологическое картирование, при котором «...геолого-экологическая карта представляется как картографическое отображение геологической среды и ее влияния на биоту и среду

обитания человека. В понятие геологической среды включаются донные осадки и придонные воды, а в качестве основного индикатора их экологического состояния рассматриваются бентосные организмы» [12]. В основу была положена литологическая карта, составляемая с наименьшей долей субъективизма и отражающая конкретный фактический материал. Седиментационные процессы, проявленные в гранулометрическом составе донных осадков, обуславливают распределение загрязняющих веществ на шельфе.

При таком подходе к картопостроению акватория подразделялась на области по степени политехногенного загрязнения, а в пределах областей картировались аномалии по присутствующим там загрязнителям. Гранулометрический состав донных отложений показан крапом. По данной методике построены геозекологические схемы Госгеолкарты-1000 предыдущего издания (новая серия).

Для приведения субаквальных и субэкральных ландшафтов к единой типизации коллектив специалистов в области морской геологии и экологии (АО

«МАГЭ», ВНИИОкеангеология, Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН) разработал и внедрил технологию геолого-экологического картирования морских акваторий [9] на морфоструктурно-ландшафтной основе.

Морфоструктурные области разделяются по их роли в формировании экологической обстановки на три экодинамические группы: денудации, транспортировки и аккумуляции. В пределах морфоструктурных областей выделяются ландшафтные подразделения, определяемые как «относительно однородные участки территории, различные по закономерным сочетаниям типов и форм рельефа, вещественного состава четвертичных и дочетвертичных образований» [13]. Эта методика впоследствии применялась для построения эколого-геологических схем для всех листов Госгеолкарты-1000/3 и наиболее полно отражала весь комплекс природных процессов с наложением процессов техногенеза.

Выполненные работы по картосоставлению существенно пополняют государственную информационную базу данных об эколого-геологическом состоянии природной среды северных морей России и являются исходной базой для обоснования постановки более детальных исследований.

Цель настоящей статьи — представить результаты эколого-геологического картирования Южно-Карского шельфа, провести типизацию и районирование ландшафтов, оценить экологическую ситуацию района и устойчивость ландшафтов в условиях антропогенного воздействия.

Методы

В основу построения эколого-геологической схемы положена типизация ландшафтов путем обобщения рельефообразующих, лито- и гидродинамических факторов, биотических и техногенных параметров. Для этого использованы батиметрическая, геоморфологическая, четвертичная и литологическая карты, построенные в рамках работ по созданию и подготовке к изданию листов S-41, S-42, S-43 [6; 7].

Для комплексной оценки загрязнения придонных сред проанализирован фактический материал, полученный в ходе морских работ АО «МАГЭ» в 2017 г., обработаны результаты лабораторных исследований гранулометрического, радионуклидного и полуколичественного спектрального анализов донных осадков, а также привлечены результаты аналитических исследований сторонних организаций: ПАО «Газпром» (Белоостровский и Ленинградский лицензионные участки) [2; 3], ФГБУ «ВНИИ-Океангеология» в Обской [16] и Байдарацкой [15] губах. Особенности распространения донных сообществ на акватории составлены по литературным источникам [17; 18].

Результаты исследований

В ходе эколого-геологического картирования было выполнено ландшафтное районирование, ос-

новным классификационным признаком которого является приуроченность определенного типа ландшафта к морфоструктурам и интервалам глубин. Каждый тип ландшафта характеризуется гидродинамическим режимом, сходными процессами седиментации осадков и однородностью сочетания биоценозов.

С учетом перечисленных критериев по комплексу признаков в пределах изученной акватории выделены ландшафты склонов, равнин, возвышенностей и впадин. Ландшафты группируются в морфоструктурные области: денудации и транспортировки, транспортировки и аккумуляции, аккумуляции (рис. 2, табл. 1).

Ландшафты склонов представлены двумя подтипами. Первый подтип развит в пределах прибрежных абразионно-аккумулятивных склонов на глубинах до 20 м, сложенных морскими и ледово-морскими отложениями. В условиях стабильно интенсивной гидродинамики с преобладанием процессов размыва и транспортировки здесь формируются алевритовые пески, что способствует поселению здесь подвижных сестонофагов.

Второй подтип развит в пределах абразионно-аккумулятивных склонов на глубинах до 50 м с морскими и ледово-морскими отложениями. Основным типом осадков здесь являются мелкообломочные миктиты и алевропелиты, гидродинамика нестабильная, преимущественно умеренная, преобладают процессы транспортировки. Донное «население» представлено подвижными сестонофагами.

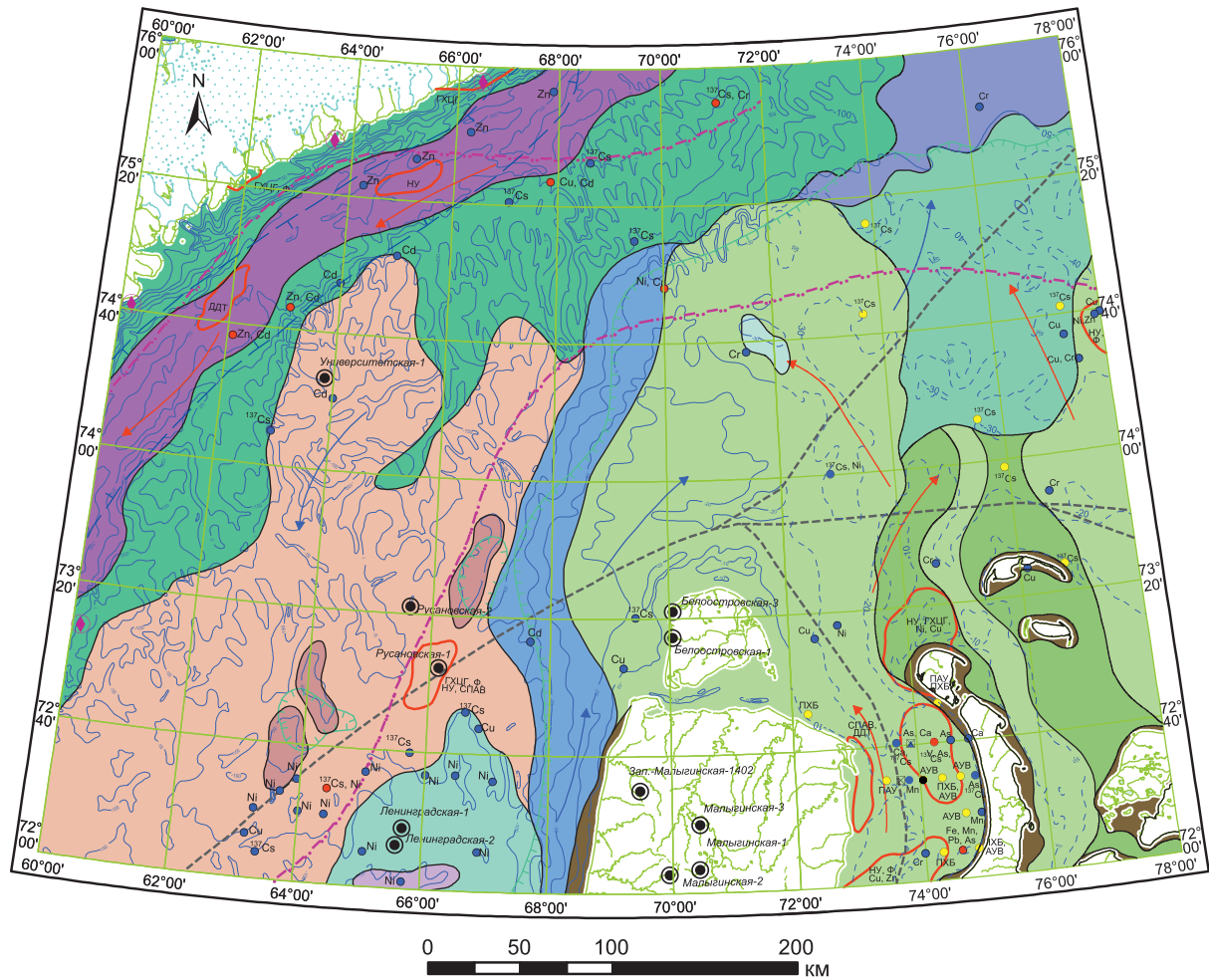
Ландшафты плато, равнин и террас представлены несколькими подтипами.

Морские террасы и равнины на глубинах до 10 м, сложенные морскими волновыми отложениями. Осадки песчаные и алевро-песчаные, формирующиеся в условиях стабильно умеренной гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и размыва. Трофические группировки представлены подвижными сестонофагами и собирающими детритофагами.

Морские и аллювиально-морские равнины на глубинах до 20 м, сложенные морскими и аллювиально-морскими отложениями. Осадки в основном песчаные, гидродинамика стабильно умеренная, процессы размыва и транспортировки. В трофических группировках преобладают подвижные сестонофаги.

Аллювиально-морские равнины на глубинах до 30 м, сложенных морскими ундальювиальными отложениями. Основной тип осадков — алевропелиты и алевриты, умеренная гидродинамика, преобладают процессы аккумуляции. Преобладают собирающие детритофаги и грунтоеды.

Морские равнины на глубинах до 50 м, сложенные морскими отложениями, осадки пелито-алево-алевопелитовые, формируются в условиях умеренной гидродинамики с преобладанием процессов аккумуляции. Трофические группировки — подвижные сестонофаги.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**
- Аномальные концентрации химических и техногенных компонентов (Zn, Ni, Cr, Cu, As, V, Ca, Mn, Fe, ¹³⁷Cs)*
- Слабое (2 – 3 компонента)
 - Умеренное (4 – 5 компонентов)
- Аномальные концентрации техногенных компонентов (СПАВ, ДДТ, НУ, ГХЦГ, Ф, АУВ, ПАУ, ПХБ, ¹³⁷Cs)*
- Район распространения
 - Точечные аномалии
- Источники техногенного загрязнения*
- Северный морской транспортный коридор
 - Поисково-разведочные скважины
 - ⊕ Места захоронения ядерных отходов













- ЕСТЕСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТОЯНИЕ ПРИДОННЫХ СРЕД**
- Течения:*
- холодные
 - теплые
 - ▬ Зона взаимодействия атлантических и арктических вод
 - ▬ Редкоостровная субмаринная мерзлая зона
 - ▬ Предполагаемые области современного новообразования вечной мерзлоты
- Прочие обозначения**
- Изолинии рельефа дна моря:*
- основные, сечение 50 м
 - дополнительные
 - ▬ Границы ландшафтных подразделений

Рис. 2. Эколого-геологическая схема. Автор С. Ф. Солонина [6; 7]
 Fig. 2. Ecological and geological scheme. Author S. F. Solonina [6; 7]

Абразионно-денудационные и абразионно-аккумулятивные плато и террасы на глубинах до 100 м, сложенные морскими отложениями. Основным типом осадков здесь являются мелкообломочные миктиты, которые формируются в условиях нестабильной умеренной гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и аккумуляции. Донное население представлено подвижными сестонофагами.

Ландшафты возвышенностей. В пределах возвышенностей выделено два подтипа ландшафтов. Привершинные части возвышенностей на глубинах до 50 м, сложенные морскими и ледово-морскими отложениями. Преобладающие осадки — песчаные и алевропесчаные, формируются в условиях стабильно умеренной гидродинамики с процессами транспортировки. В трофических группировках преобладают подвижные сестонофаги.

Таблица 1. Характеристика ландшафта (см. рис. 2)
Table 1. Characteristics of the landscape (see Fig. 2)

	Морфоструктурные области	Денудации и транспортировки	Формы рельефа	Характеристика
			Склоны	 
		Равнины		<p>Морские террасы и равнины на глубинах до 10 м, сложенные морскими волновыми отложениями; осадки — песчаные и алевропесчаные, формирующиеся в условиях стабильно умеренной гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и размыва. Трофические группировки — подвижные сестонофаги.</p>
				<p>Морские и аллювиально-морские равнины на глубинах до 20 м, сложенные морскими и аллювиально-морскими отложениями; осадки — песчаные, формирующиеся в условиях стабильно умеренной гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и размыва. Трофические группировки бентоса — подвижные сестонофаги и грунтоеды</p>
		Возвышенности		<p>Привершинные части на глубинах до 50 м, сложенные морскими и ледово-морскими отложениями; осадки песчаные и алевропесчаные, формирующиеся в условиях стабильно умеренной гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и размыва. Трофические группировки бентоса — подвижные сестонофаги.</p>
				<p>Абразионно-денудационные и абразионно-аккумулятивные склоны и террасы на глубинах до 150 м, сложенные морскими, аллювиальными отложениями; осадки — алевропелитовые, формирующиеся в условиях нестабильной, преимущественно слабой гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и аккумуляции. Трофические группировки бентоса — собирающие детритофаги</p>
		Плато и террасы		<p>Абразионно-денудационные и абразионно-аккумулятивные подводные плато и террасы на глубинах до 100 м, сложенные морскими отложениями; осадки — мелкообломочные миктиты, формирующиеся в условиях нестабильной преимущественно умеренной гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и аккумуляции. Трофические группировки — подвижные сестонофаги</p>
				<p>Эрозионные, денудационные и денудационно-эрозионные склоны впадин, сложенные морскими и ледово-морскими отложениями; осадки — пелиты и алевриты, формирующиеся в условиях нестабильной преимущественно слабой гидродинамики с преобладанием процессов транспортировки и аккумуляции:</p> <p>на глубинах 90—110 м трофические группировки бентоса — подвижные сестонофаги;</p> <p>на глубинах 100—300 м трофические группировки бентоса – собирающие детритофаги и грунтоеды</p>
		Впадины		<p>Днища впадин, осадки пелитовые, формирующиеся в условиях слабой гидродинамики с преобладанием процессов аккумуляции:</p> <p>на глубинах до 150 м, сложенные морскими и ледово-морскими отложениями; трофические группировки бентоса – подвижные сестонофаги;</p>
				<p>на глубинах более 300 м, сложенные ледниково-морскими отложениями; трофические группировки бентоса — собирающие детритофаги и грунтоеды</p>
		Равнины		<p>Аллювиально-морские равнины на глубинах до 30 м, сложенные морскими ундальювиальными отложениями, осадки — алеврито-пелитовые и пелито-алевритовые, формирующиеся в условиях умеренной гидродинамики, с преобладанием процессов аккумуляции. Трофические группировки бентоса – собирающие детритофаги и грунтоеды.</p>
				<p>Морские равнины на глубинах до 50 м, сложенные морскими отложениями; осадки — пелито-алевритовые с примесью алевритового песка, формирующиеся в условиях умеренной гидродинамики с преобладанием процессов аккумуляции. Трофические группировки бентоса — подвижные сестонофаги</p>

Абразионно-денудационные и абразионно-аккумулятивные склоны и террасы на глубинах до 150 м, сложенные морскими, аллювиальными и ледово-морскими отложениями. Осадки алеврито-пелитовые, гидродинамика слабая, преобладают процессы транспортировки и аккумуляции. Трофические группировки бентоса — собирающие детритофаги.

Ландшафты впадин

В пределах впадин выделены следующие подтипы ландшафтов.

Эрозионные, денудационные и денудационно-эрозионные склоны, сложенные морскими и ледово-морскими отложениями. На склонах преобладают процессы транспортировки и аккумуляции, в условиях нестабильной, преимущественно слабой гидродинамики формируются пелиты и алевриты. Склоны Пухучанской впадины, расположенные на глубинах 90—110 м, населяют подвижные сестонофаги. На склонах Восточно-Новоземельского желоба на глубинах 100—300 м в донной фауне господствуют собирающие детритофаги и грунтоеды.

Днища впадин выстилают пелитовые осадки, которые формируются в условиях слабой гидродинамики с преобладанием процессов аккумуляции.

Днище Пухучанской впадины на глубинах около 150 м сложено морскими и ледово-морскими отложениями. Донное население представлено подвижными сестонофагами.

Днище Восточно-Новоземельского желоба располагается на глубинах более 300 м, сложено ледниково-морскими и морскими нефелоидными отложениями. Такие условия не способствуют видовому разнообразию биоценозов. В основном это собирающие детритофаги и грунтоеды.

Геоэкологическое состояние природных сред

Все поступающие в бассейн седиментации техногенные компоненты, в том числе нефть и нефтепродукты, тяжелые металлы и радионуклиды, а также промышленные сливы, удобрения, пестициды и др., обладают способностью создавать различные устойчивые комплексные соединения [8]. Донные отложения, в основном тонкозернистые, являются своеобразным накопителем поллютантов.

Гранулометрический состав донных отложений представлен на рис. 3. В восточной части акватории широко развиты песчаные осадки (пески, алевритовые и пелитовые пески). Вокруг островов концентрируются осадки с содержанием песчаной фракции до 90—92%. Пелитовые отложения занимают около 20% площади дна акватории и покрывают практически полностью дно Восточно-Новоземельского желоба и Пухучанской впадины. В наиболее глубоководных их частях (360—400 м) содержание пелитовой фракции в осадке достигает более 85%. На мелководье аккумуляция тонкозернистого осадка происходит в результате слабой волновой деятельности и продолжительного ледового периода.

В Карское море за счет речного стока Оби и Енисея поступает огромное количество терригенного материала, который концентрируется преимущественно в эстуариях, в зоне смешения речных и морских вод. В зоне маргинального фильтра широко развиты процессы сорбции, коагуляции и флокуляции. Особенно большое значение имеет работа фильтра для перевода в осадки поллютантов, находящийся в составе взвесей или в растворенном виде.

Одним из эффективных методов организации мониторинга загрязнения в пределах Обской губы и других крупных речных объектов является формирование сети наблюдений в виде комплексных створов через всю ширину реки, расположенных на определенном расстоянии друг от друга [5].

Также, описывая геоэкологическое состояние природных сред южной части Карского моря, нельзя не затронуть актуальную на сегодня проблему деградации многолетнемерзлых пород (ММП). При таянии ММП происходит вымывание накопленных в них веществ, что является источником вторичного и последующих видов загрязнения и приводит к изменениям геохимического фона природных сред.

Вследствие деградации ММП и диссоциации газогидратов на дне рек и термокарстовых озер, а также в заливах, лиманах и бухтах, защищенных от крупных морских волн, распространены зоны дегазации с образованием воронок взрыва.

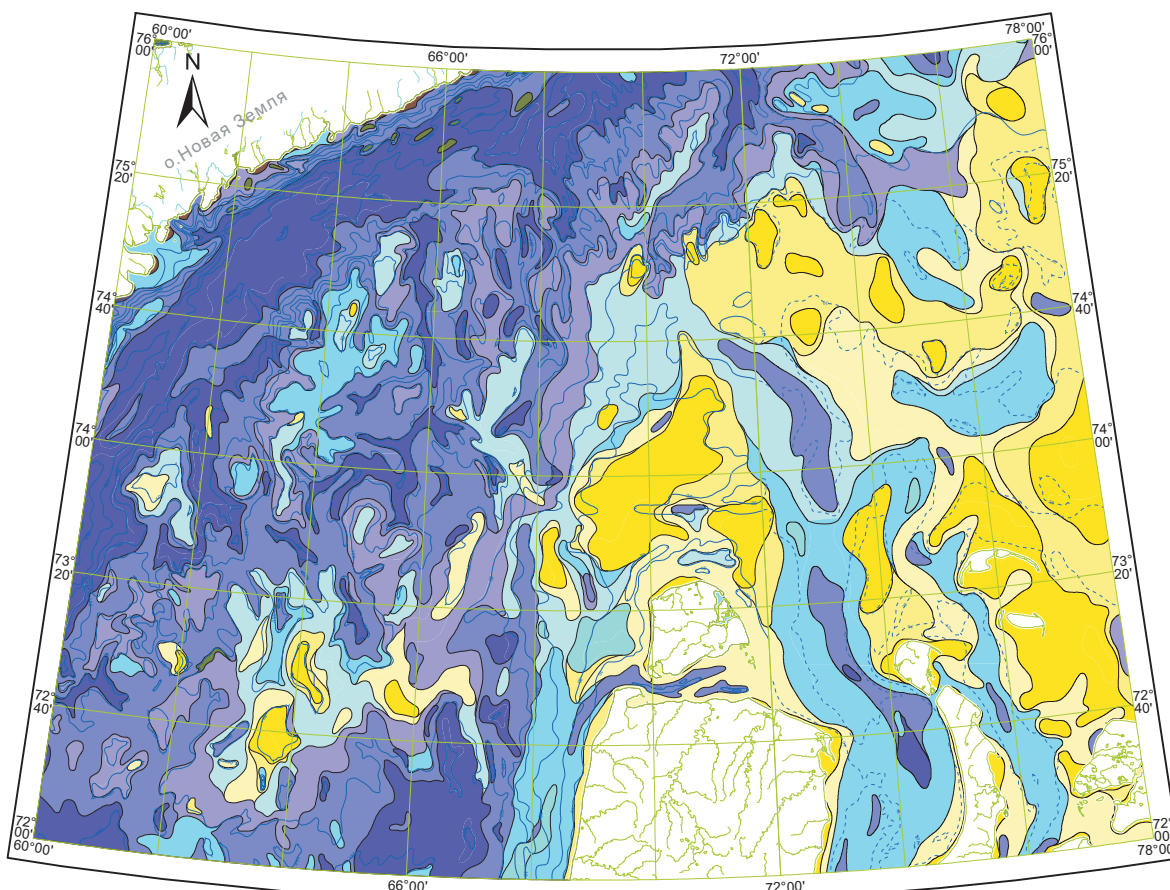
В южной части Карского моря на глубинах до 3—4 м вокруг полуостровов Ямал и Гыданский (включая Обскую и Тазовскую губы), а также в проливе Малыгина было найдено и внесено в геоинформационную систему «Арктика и Мировой океан» (ГИС «АМО») более 1200 зон дегазации [4].

Взрывы газа с образованием кратеров нередко сопровождаются самовоспламенением газа и способны привести к серьезным повреждениям объектов нефтегазового комплекса и инфраструктуры, поэтому необходимо проводить мониторинг состояния ММП в процессе освоения недр посредством бурения специализированных скважин многомерного постоянного наблюдения [5].

Загрязнение акватории тяжелыми металлами

Тяжелые металлы являются естественными компонентами природных сред и относятся к числу наиболее опасных и распространенных загрязнителей. В донных осадках определялось содержание тяжелых металлов Ni, Zn, Cu, Pb, Cr [6; 7], результаты приведены в табл. 2.

Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях российскими нормативными документами не регламентируется, для приближенной оценки загрязнения можно использовать классификацию, разработанную Норвежским агентством по контролю за загрязнением окружающей среды (SFT) [19]. Эта классификация представляет собой систематизированный подход к оценке степени загрязнения морской среды, основанный на анализе различных химических, физических и биологических параме-



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ












МОНОГРАНУЛЯРНЫЕ ОСАДКИ (содержание господствующей размерной фракции превышает 75%)		МИКТИТЫ (содержание трех взаимно дополняющих размерных групп фракций от 25 до 50% и/или сопутствующих от 10 до 25%)	
 Песок	 Алеврит	 Песчаный миктит	 Алевритовый миктит
 Пелит		 Пелитовый миктит	
БИГРАНУЛЯРНЫЕ ОСАДКИ (содержание преобладающей размерной фракции от 50 до 75%; дополняющей от 25 до 50% или сопутствующей от 10 до 25%)		ПОЛИМИКТИТЫ (содержание четырех и более взаимно дополняющих размерных групп фракций от 25 до 50% и/или сопутствующих от 10 до 25%)	
 Песчаная галька, гравий	 Песок с примесью алеврита или пелита	 Галечный, гравийный полимиктит	
 Алеврит с примесью песка или пелита	 Пелит с примесью алеврита		

Рис. 3. Гранулометрический состав донных отложений. Автор М. С. Радченко [6; 7]
Fig. 3. Granulometric composition of bottom sediments. Author M. S. Radchenko [6; 7]

тров, и предполагает определение уровней загрязнения. Для каждого уровня имеются конкретные критерии, основанные на допустимых концентрациях загрязняющих веществ и других параметрах.

Также в соответствии с рекомендациями СП 11-102-97¹ в качестве методического пособия можно использовать документ «Circular on target values

and intervention values for soil remediation»², разработанный Министерством охраны окружающей среды Нидерландов и регламентирующий целевой уровень (уровень содержания загрязнителя, при котором не возникает негативное влияние на живые организмы) и уровень вмешательства (требующий вмешательства, проведения восстановительных работ) для донных отложений по основным загряз-

¹ СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96».

² <https://enviroeng.eu/wp-content/uploads/2022/01/LISTA-HOLANDESA-2013.pdf>.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в донных осадках (по данным полуколичественного спектрального анализа, АО «МАГЭ»)

Table 2. Content of heavy metals in bottom sediments (according to semi-quantitative spectral analysis, JSC "MAGE")

Компонент	Среднее содержание X_{cp} , мг/кг	Предельные значения (min—max), мг/кг	Классификация загрязненности донных отложений [19]				
			I	II	III	IV	V
Cu	68	30—100	35	150	700	1500	> 1 500
Ni	62	30—100	30	130	600	1500	> 1 500
Zn	63	5—200	150	700	3000	10000	> 10 000
Pb	25	7—30	30	120	600	1500	> 1 500
Cr	183	30—1000	70	300	1500	5000	> 5 000

Примечание. I — допустимые концентрации, ниже которых чистые отложения; II — ниже этого уровня — слабозагрязненные отложения; III — ниже этого уровня — умеренно-загрязненные отложения; IV — ниже этого уровня — сильно-загрязненные отложения; V — выше этого уровня — опасно-загрязненные отложения.

Note. I — permissible concentrations, which are lower than clean sediments; II — below this level — slightly polluted sediments; III — below this level — moderately polluted sediments; IV — below this level — heavily polluted sediments; V — above this level — dangerously polluted sediments.

няющим веществам. Документ разработан с учетом фоновых содержаний загрязняющих веществ на территории Нидерландов и прилегающей акватории Северного моря, но является по сути единственным в Европе качественно проработанным документом, регламентирующим оценку загрязненности донных отложений.

Проведено сравнение данных, полученных АО «МАГЭ» на площади листов ГКК S-41-43, с результатами других исследователей. Для Западно-Арктического шельфа приведены данные по [8], для Обской и Байдарачкой губ использованы данные ФГБУ «ВНИИОкеангеология», полученные в ходе геоэкологических работ в прибрежно-шельфовой зоне Карского моря [15; 16].

Также приведены результаты мониторинга окружающей среды на Ленинградском и Белоостровском лицензионных участках ПАО «Газпром» [2; 3], где антропогенное воздействие связано в основном с бурением морских скважин.

Результаты исследований сравнены с «целевым уровнем» и «уровнем вмешательства» для стандартных донных осадков и представлены в виде гистограммы на рис. 4.

На площади Южно-Карского шельфа в донных отложениях отмечены небольшие разной степени контрастности аномалии по меди, никелю, цинку и хромю.

Максимальные концентрации меди и никеля в донных осадках составляют 100 мг/кг ($3\sigma^3$), цинка — 200 мг/кг, что согласно классификации [19] соответствует слабозагрязненным отложениям.

Региональный фон свинца в донных осадках невелик и составляет 25 мг/кг, что не превышает допустимых концентраций, ниже которых — чистые отложения. Максимальные концентрации свинца — 30 мг/кг (3σ).

Хром относится к металлам второго класса опасности. Фоновая его характеристика, по данным полуколичественного спектрального анализа, составляет 183 мг/кг, что превышает ориентировочно допустимые концентрации для незагрязненных осадков. Максимальные концентрации хрома — 1000 мг/кг ($> 3\sigma$), что соответствует умеренному загрязнению донных отложений по Норвежскому нормативу.

Содержание мышьяка в подавляющем большинстве проб превысило не только целевой уровень, но и уровень воздействия. Полученные значения подтверждают повышенный природный фон содержания мышьяка в донных отложениях региона.

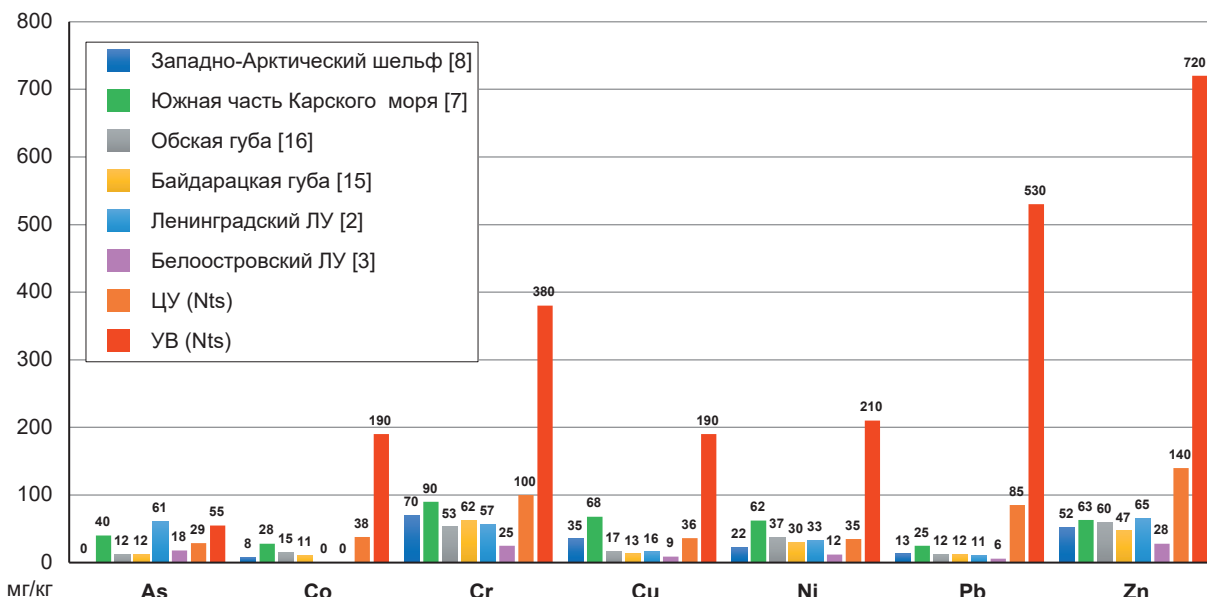
В настоящее время как фоновое, так и аномальное содержания практически всех металлов в донных осадках за редкими исключениями не превышают уровня предельно допустимых концентраций, поэтому акватория Карского моря может считаться свободной от загрязнений тяжелыми металлами.

Радиационное загрязнение

Для оценки радиационного загрязнения донных отложений в 50 отобранных пробах (АО «МАГЭ», 2017 г.) было измерено содержание естественных и техногенных радионуклидов.

Распространение естественных радионуклидов ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra в донных отложениях контролируется природными факторами, повышенные значения их удельной активности связаны в основном с тон-

³ σ — стандартное отклонение от нормы.



Примечание. ЦУ – целевой уровень содержания загрязнителя, при котором не возникает негативного влияния на живые организмы; УВ – уровень, требующий вмешательства, проведения восстановительных работ; Nts – целевой уровень или уровень вмешательства для стандартных донных отложений.

Note. ЦУ – the target level of pollutant content at which there is no negative impact on living organisms; УВ – the level requiring intervention, remediation work; Nts – the target level or intervention level for standard bottom sediments.

Рис. 4. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в донных осадках
Fig. 4. Content of heavy metals and arsenic in the bottom sediments

козернистыми осадками и в целом не представляют опасности радиоактивного загрязнения донных грунтов.

Радиоцезий относится к числу искусственных радионуклидов, которые создают основную радиационную опасность для живых организмов. Результаты определения удельной активности ¹³⁷Cs показали уровень загрязненности донных отложений в пределах допустимых значений (табл. 3).

Таблица 3. Значения удельной активности радионуклидов, Бк/кг
Table 3. Values of specific activity of radionuclides, Bq/kg

Компонент	Диапазон изменений	Среднее значение (по данным 50 проб)
²²⁶ Ra	0—51	25
⁴⁰ K	92—2 732	491
²³² Th	8—348	34
¹³⁷ Cs	0—28	4,8

Основным источником радиоцезия, поступившего в Карское море, являются локальные (местные) радиоактивные выпадения из атмосферы (до 2280 кКи) в результате воздушных ядерных испытаний, проводившихся при направлениях ветров в сторону акватории Карского моря [14].

Реки Обь и Енисей привнесли в акваторию Карского моря от 4,06 до 13,20 кКи. Источниками радионуклидов являются жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) радиохимических предприятий Росатома — ПО «Маяк» и АО «Сибирский химический комбинат» [11]. Большая часть радионуклидов, как и других загрязнителей, оседает в устьях этих рек, где смешение соленых и пресных вод образует естественный барьер, препятствуя дальнейшему распространению загрязнителей в открытое море.

С морскими течениями из Баренцева моря в акваторию Карского моря через пролив Карские Ворота поступило от 4,4 до 7,7 кКи радиоцезия, вероятным источником которого являются ЖРО западноевропейских радиохимических предприятий [14].

Захоронения твердых радиоактивных отходов в Восточно-Новоземельском желобе и заливах Новой Земли являются источниками потенциальной опасности, масштабы и последствия которой будут определяться состоянием защитных барьеров, отделяющих радиоактивные вещества от морской среды, механизмами переноса этих веществ в воде и воздействия их на биоту.

Для обоснования приоритетных действий по обращению с затопленными ядерными и радиационно опасными объектами, в том числе при возможном подъеме некоторых из них, необходимы разработка и анализ возможных сценариев развития процессов, влияющих на радиоэкологическую обстановку [1].

Органические загрязнители

Данные о содержании органических загрязнителей в донных осадках южной части Карского моря приведены на основе анализа опубликованных данных.

Нефтяные углеводороды (НУ) в донных отложениях могут быть как природного происхождения, в результате диффузионного перетока флюидов из залежи через перекрывающие толщи вверх по разрезу или диссоциации газогидратов в результате деградации ММП, так и техногенного. При судоходстве и производстве буровых работ на акватории возможно загрязнение водной среды дизельным топливом, смазочными маслами и другими нефтепродуктами при их утечке с технических средств. Эмульгированные нефтяные загрязнения, обладая высокой липкостью и адсорбционной способностью, осаждаются на взвешенных частицах, оседают и накапливаются в поверхностных слоях грунта.

Самая обширная и контрастная аномалия по НУ выделена в Восточно-Новоземельском желобе, где отмечается максимальная для района концентрация НУ — 517 мкг/г [6], превышающая фоновый для Западно-Арктического шельфа уровень 340 мкг/г. В прибрежных районах отсутствие значительных концентраций НУ в донных осадках, возможно, связано с более высокими придонными температурами и, как следствие, со сравнительно быстрым их бактериальным разложением [8].

По результатам мониторинга окружающей среды на Ленинградском и Белоостровском лицензионных участках ПАО «Газпром» [2; 3] в донных осадках повсеместно были определены такие представители полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), как нафталин, фенантрен и флуорантен. В некоторых пробах также были обнаружены пирен, хризен, бенз(b)флуорантен и бенз(ghi)перилен. Суммарное содержание ПАУ варьировало от 6,8 до 19,2 мкг/кг при медианной величине 9,8 мкг/кг. Согласно литературным данным, суммарное содержание ПАУ в донных осадках Карского моря варьирует от 0,04 до 0,4 мг/кг, тогда как в районах, прилегающих к ЛУ, может достигать 15—54 мкг/кг [8].

Фенолы относятся к числу наиболее токсичных техногенных поллютантов. В пределах Ленинградского и Белоостровского лицензионных участков [2; 3] в 80% проб фенолы не обнаружены, среднее значение в остальных пробах составило 0,11 мг/кг, максимальное — 0,16 мг/кг. Более высокое содержание фенолов (0,3—5 мг/кг) отмечают в донных осадках Обской губы, Енисейского залива и смежных акваторий, а также в прибрежье архипелага Новая Земля. Фоновая концентрация фенола в донных отложениях Западно-Арктического шельфа составляет 0,1 мг/кг [8].

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) относятся к числу исключительно техногенных поллютантов. Максимальные содержания (до 19 мкг/л) отмечены в районе Запад-

но-Карской ступени [8]. Загрязнение акватории Карского моря СПАВ связано со сбросом неочищенных вод с моющими средствами, в частности при буровых работах.

Хлорорганические соединения также являются одним из наиболее токсичных поллютантов. К ним относятся полихлорированные бифенилы и хлорорганические пестициды (ароматические (ДДТ) и циклические (ГХЦГ) углеводороды). В осадках южной части Карского шельфа ГХЦГ и ДДТ содержатся приблизительно в равных незначительных количествах — от 0,3 до 0,6 нг/г. Повышенные содержания ДДТ и ГХЦГ отмечены лишь в Восточно-Новоземельском желобе [8].

В пределах Ленинградского и Белоостровского лицензионных участков [2; 3] количество хлорорганических пестицидов ниже предела обнаружения используемых методик лабораторного анализа во всех проанализированных пробах донных отложений.

Обсуждение результатов

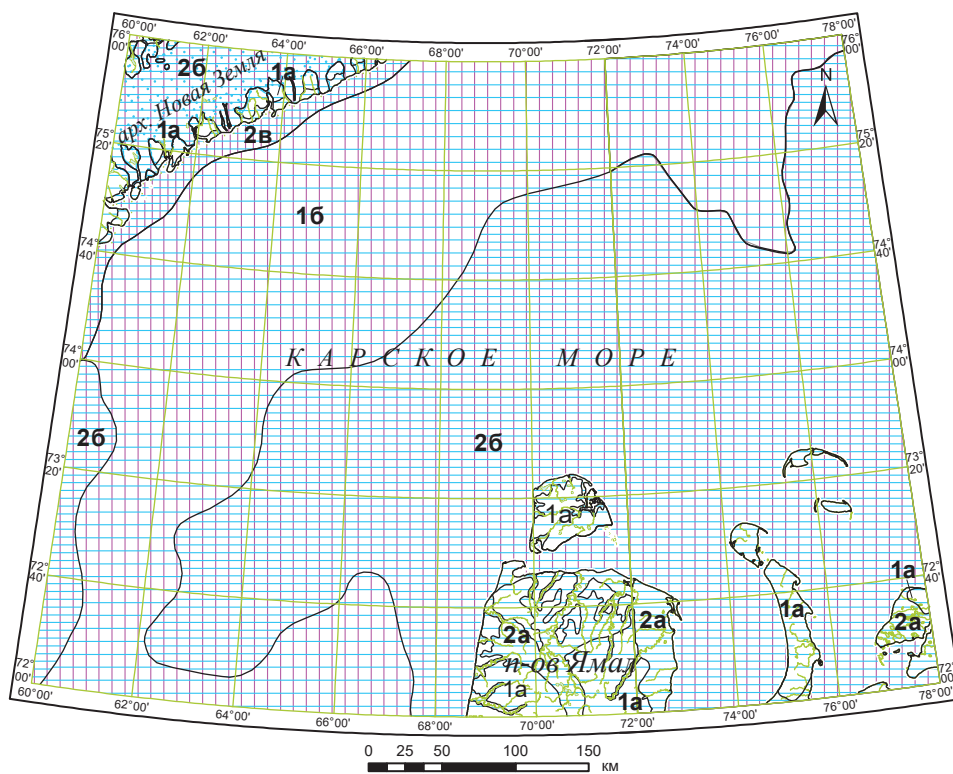
Эколого-геологическая обстановка формируется под влиянием природного и антропогенного воздействия на геологическую среду. Одним из основных показателей для прогноза развития и динамики ландшафтов является его способность противодействовать природному и техногенному физико-механическому воздействию или геохимическому заражению и восстанавливать прежние параметры после снятия нагрузки. Такая способность называется устойчивостью ландшафта [13].

После анализа типов ландшафтов Южно-Карского шельфа и их характеристик были выделены по степени геодинамической устойчивости среднеустойчивые (выровненные поверхности с незначительными углами уклона) и малоустойчивые (крутые склоны) ландшафты, а по степени геохимической устойчивости — среднеустойчивые (песчаные, алевропесчаные отложения) и малоустойчивые (алевропелитовые и пелитовые отложения) ландшафты (рис. 5).

Для интегральной оценки политехногенного загрязнения донных ландшафтов были использованы результаты по всем видам природного и техногенного воздействия, рассмотренным выше. По степени политехногенной контаминации на изученной акватории можно выделить области умеренного и слабого загрязнения.

Умеренно загрязненные области с контрастными аномалиями по 4—5 компонентам включают несколько районов, в частности выход из Обской губы, где происходит активное смешение речных и морских вод и проводится наиболее активная хозяйственная деятельность. Здесь зафиксированы комплексные аномалии по тяжелым металлам, ПАУ, НУ и фенолам.

К слабо загрязненным областям относится Восточно-Новоземельский желоб, где зафиксированы аномалии по двум-трем компонентам (тяжелые металлы, ДДТ, НУ).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Геолого-экологические потенциалы и их индексы		Геодинамические	
		Средней устойчивости 1	Малоустойчивые 2
Геохимические	Устойчивые а	1a	2a
	Средней устойчивости б	1б	2б
	Малоустойчивые в		2в

Рис. 5. Схема устойчивости ландшафтов. Автор С. Ф. Солонина [6; 7]
Fig. 5. Landscape stability scheme. Author S. F. Solonina [6; 7]

Открытые районы моря остаются пока относительно чистыми, не затронутыми техногенным воздействием.

Оценивая уровень химического загрязнения донных отложений в пределах центральной части Южно-Карского шельфа, в том числе на лицензионных участках, можно сказать, что даже максимальные «ураганные» концентрации загрязнителей не превышают уровней имеющих предельно допустимых концентраций (ПДК), а часто в десятки раз меньше их. Картируемые аномалии и расчеты фоновых и аномальных концентраций являются геохимическими критериями, которые характеризуют современное состояние акватории и определяют тенденцию к накоплению того или иного загрязнителя в определенном районе.

Однако настораживает факт обнаружения значимых количеств хлорорганических соединений

(ДДТ, ГХЦГ) вследствие усиления техногенной нагрузки на берегу. Существующий уровень ПДК предполагает полное отсутствие в природных средах этих загрязнителей, которые являются самыми опасными загрязнителями и имеют только техногенную природу.

Выводы

Разработана классификация типов ландшафта и дана оценка геодинамической и геохимической устойчивости. Приведенная типизация геологической среды представляет собой ландшафтно-геоморфологическую основу для эколого-геологической карты.

Оценивая общую геоэкологическую ситуацию, можно отметить весьма незначительную техногенную нагрузку на природные среды района. Осадки большей частью характеризуются фоновыми,

природными уровнями накопления большинства определяемых химических соединений и микроэлементов. Повышенные концентрации отдельных поллютантов приурочены к осадкам пелитовой размерности, обладающим высокими сорбционными свойствами, и имеют локализованный характер, не оказывая существенного влияния на экологическое состояние Карского моря в целом.

Наиболее подвержены загрязнению прибрежные области вблизи полуостровов Ямал и Явай, а также глубоководные части Восточно-Новоземельского желоба. В дополнение к комплексу тяжелых металлов, которые могут быть связаны с природными аномалообразующими объектами, здесь зафиксированы аномалии содержания хлорорганических соединений, имеющих антропогенную природу. Кроме того, необходимо осуществлять постоянный контроль за уровнем заражения акватории техногенными радионуклидами.

В целом Карский бассейн находится под влиянием холодных и чистых водных масс из Северного Ледовитого океана, что способствует самоочищению придонных сред, и открытые районы моря остаются пока относительно чистыми.

Комплексный анализ имеющихся данных позволяет оценить существующую антропогенную нагрузку и ее динамику в перспективе, учитывая возрастающую хозяйственную деятельность в пределах Южно-Карского осадочного бассейна, где будет сосредоточен основной объем геолого-геофизических исследований, направленных на прирост запасов нефти и газа, а также разработку открытых месторождений. Современная оценка состояния природных сред и техногенного воздействия на экосистемы послужит исходной базой для дальнейшего мониторинга.

Литература/References

1. Антипов С. В., Билашенко В. П., Кобринский М. Н., Шведов П. А. Проблемы радиационной безопасности арктической акватории в условиях нахождения на дне затопленных ядерных и радиационно опасных объектов // Арктика: экология и экономика. — 2025. — Т. 15, № 1. — С. 85—97.
Antipov S. V., Bilashenko V. P., Kobrinsky M. N., Shvedov P. A. Problems of radiation safety of the Arctic waters in conditions of the presence of sunken nuclear and radiation-hazardous objects on the bottom // Arctic: Ecology and Economy, 2025, vol. 15, no. 1, pp. 85—97. (In Russian).

2. Бадюков И. Д., Жуков Д. В., Баталов А. Е. и др. Отчет «Мониторинг состояния окружающей среды на Ленинградском лицензионном участке в 2016 г.» / ООО «Красноярскнефтегазпром нефтегазпроект». — М., 2016. — РФГФ № 528034.
Badyukov I. D., Zhukov D. V., Batalov A. E. et al. Report "Monitoring the state of the environment at the Leningrad license area in 2016". Krasnoyarskneftegazprom neftegazproekt LLC. Moscow, 2016. RFGF no. 528034. (In Russian).

3. Бадюков И. Д., Жуков Д. В., Баталов А. Е. и др. Отчет «Мониторинг состояния окружающей среды на Белоостровском лицензионном участке в 2016 г.» / ООО «Красноярскнефтегазпром нефтегазпроект». — М., 2016.

Badyukov I. D., Zhukov D. V., Batalov A. E. et al. Report "Monitoring the state of the environment at the Be-loostrovsky license area in 2016". Krasnoyarskneftegazprom neftegazproekt LLC. Moscow, 2016. (In Russian).

4. Богоявленский В. И., Богоявленский И. В., Никонов Р. А. Взрывная дегазация Земли на севере Западной Сибири: суша и прибрежные части Карского моря // Арктика: экология и экономика. — 2025. — Т. 15, № 2. — С. 162—176.

Bogoyavlensky V. I., Bogoyavlensky I. V., Nikonov R. A. Explosive degassing of the Earth in the north of Western Siberia: land and coastal parts of the Kara Sea. Arctic: Ecology and Economy, 2025, vol. 15, no. 2, pp. 162—176. (In Russian).

5. Брехунцов А. М., Петров Ю. В., Прыкова О. А. Экологические аспекты освоения природно-ресурсного потенциала российской Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 3 (39). — С. 34—47.

Brekhuntsov A. M., Petrov Yu. V., Prykova O. A. Ecological aspects of the development of the natural resource potential of the Russian Arctic. Arctic: Ecology and Economy, 2020, no. 3 (39), pp. 34—47. (In Russian).

6. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Сер. Южно-Карская. Л. S-41 — зал. Русанова, S-42 — о. Белый: Объясн. записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ», АО «МАГЭ». — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. — 343 с.

State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1 000 000. Third generation. South Kara Series. Sheets S-41 — Rusanov Bay, S-42 — Bely Island. Explanatory note. Ministry of Natural Resources of Russia, Rosnedra, FGBU VSEGEI, MAGE JSC. St. Petersburg, VSEGEI Publ. House, 2022, 343 p. (In Russian).

7. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Южно-Карская. Л. S-43 — о. Олений: Объясн. записка / Минприроды России, Роснедра, Всерос. науч.-исслед. геол. ин-т им. А. П. Карпинского, АО «МАГЭ». — СПб., 2023. — 229 с.

State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1 000 000. Third generation. South Kara Series. Sheet S-43 — Oleniy Island. Explanatory note. Ministry of Natural Resources of Russia, Rosnedra, A. P. Kar-pinsky All-Russian Geological Research Institute, MAGE JSC. St. Petersburg, 2023, 229 p. (In Russian).

8. Гуревич В. И. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии / Всерос. науч.-исслед. ин-т геологии и минер. ресурсов Мирового океана (ВНИИОкеангеология). — М.: Науч. мир, 2002. — 135 с.

Gurevich V. I. Modern sedimentogenesis and geoecology of the Western Arctic shelf of Eurasia. All-Russian

- Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean (VNIIOkeangeologiya). Moscow, Scientific World, 2002, 135 p. (In Russian).
9. Казанин Г. С., Иванов В. Л., Матишов Г. Г. и др. Создание современных технологий картирования в качестве геолого-геофизической основы освоения минерально-сырьевых ресурсов Северо-Западного шельфа России // Экология и промышленность России. — 2004. — № 4. — С. 4—9.
- Kazanin G. S., Ivanov V. L., Matishov G. G., Khain V. E., Shkarubo S. I. Creation of modern mapping technologies as a geological and geophysical basis for the development of mineral resources of the North-West shelf of Russia. Ecology and industry of Russia, 2004, no. 4, pp. 4—9. (In Russian).
10. Маркина Н. В., Тарасов Г. А., Беляев В. Н. Методика морского ландшафтно-экологического картографирования (на примере Кольского шельфа). — Апатиты, 1988. — 16 с.
- Markina N. V., Tarasov G. A., Belyaev V. N. Methodology of marine landscape-ecological mapping (using the Kola shelf as an example). Apatity, 1988, 16 p. (In Russian).
11. Матишов Д. Г., Матишов Г. Г. Радиационная экологическая океанология. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. — 417 с.
- Matishov D. G., Matishov G. G. Radiation ecological oceanology. Apatity, Publ. Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 2001, 417 p. (In Russian).
12. Методические рекомендации по геоэкологическому картированию при геологической съемке шельфа. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 1998.
- Methodological recommendations for geoecological mapping during geological survey of the shelf. St. Petersburg, VNIIOkeangeologiya, 1998. (In Russian).
13. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третьего поколения). — СПб.: Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ», 2010. — 196 с.
- Methodological guidelines for compiling and preparing for publication sheets of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:1 000 000 (third edition). St. Petersburg, Ministry of Natural Resources of Russia, Rosnedra, FSUE VSEGEI, 2010, 196 p. (In Russian).
14. Мирошников А. Ю. Закономерности распределения радиоцезия в донных отложениях Карского моря // Геоэкология. — 2012. — № 6. — С. 540—550.
- Miroshnikov A. Yu. Regularities of radiocesium distribution in bottom sediments of the Kara Sea. Geoecology, 2012, no. 6, pp. 540—550. (In Russian).
15. Николаев В. В. и др. Отчет о проделанной работе «Провести геоэкологическое картографирование прибрежно-шельфовых зон Карского моря в масштабе 1:1 000 000 и на ключевых участках Белого и Баренцева морей в масштабе 1:500 000» в 3 книгах. — СПб., ФГБУ «ВНИИОкеангеология», 2003, 373 с.
- Nikolaev V. V. et al. Report on the work done “Conduct geoecological mapping of coastal-shelf zones of the Kara Sea at a scale of 1:1 000 000 and in key areas of the White and Barents Seas at a scale of 1:500 000” in 3 books. St. Petersburg, FGBU VNIIOkeangeologiya, 2003, 373 p. (In Russian).
16. Николаев В. В. и др. Отчет «Создание геохимической и гидрогеологической основы для информационного рационального освоения углеводородных ресурсов на перспективных участках прибрежно-шельфовой зоны Карского моря». — СПб.: ФГБУ ВНИИОкеангеология, 2007.
- Nikolaev V. V. et al. Report “Creation of a geochemical and hydrogeological basis for information-based rational development of hydrocarbon resources in promising areas of the coastal-shelf zone of the Kara Sea”. St. Petersburg, FGBU VNIIOkeangeologiya, 2007. (In Russian).
17. Современный бентос Баренцева и Карского морей. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. — 486 с.
- Modern benthos of the Barents and Kara seas. Apatity, Publ. Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 2000, 486 p. (In Russian).
18. Фауна беспозвоночных Карского, Баренцева и Белого морей (информатика, экология, биогеография). — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. — 385 с.
- Fauna of invertebrates of the Kara, Barents and White Seas (informatics, ecology, biogeography). Apatity, Publ. Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 2003, 385 p. (In Russian).
19. Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J., Sørensen J. Classification of environmental quality in fjords and coastal waters. A guide. Report TA-1467/1997 from the Norwegian Pollution Control Authority (SFT), 36 p.

Информация об авторах

Казанин Алексей Геннадьевич, кандидат технических наук, доктор экономических наук, генеральный директор, АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (121609, Россия, Москва, Осенняя ул., д. 11, бизнес-центр «Крылатский 2»), e-mail: info@mage.ru.

Радченко Марина Сергеевна, ведущий геолог, АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (183038, Россия, Мурманск, ул. Софьи Перовской, д. 26), e-mail: radchenko.ms@mage.ru.

Солонина Светлана Федоровна, ведущий эколог, АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (183038, Россия, Мурманск, ул. Софьи Перовской, д. 26), e-mail: solonina.sf@mage.ru.

Проконина Марина Валерьевна, ведущий картограф, АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (183038, Россия, Мурманск, ул. Софьи Перовской, д. 26), e-mail: prokonina.mv@mage.ru.

Артамонова Татьяна Валерьевна, начальник отдела картографии и геоинформационных систем, АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (121609, Россия, Москва, Осенняя ул., д. 11, бизнес-центр «Крылатский 2»), e-mail: tatyana.artamonova@mage.ru.

Шкарубо Сергей Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, главный геолог, АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (183038, Россия, Мурманск, ул. Софьи Перовской, д. 26), e-mail: shkarubo.si@mage.ru.

ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL SITUATION IN THE CENTRAL PART OF THE SOUTH KARA SHELF IN CONNECTION WITH EXPLORATION AND DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS

Kazanin, A. G., Radchenko, M. S., Solonina, S. F., Prokonina, M., V., Artamonova, T. V., Shkarubo, S. I.
JSC “Marine Arctic Geological Expedition” (Murmansk, Russian Federation)

The article was received on March 31, 2025

For citing

Kazanin A. G., Radchenko M. S., Solonina S. F., Prokonina M. V., Artamonova T. V., Shkarubo S. I. Ecological and geological situation in the central part of the South Kara shelf in connection with exploration and development of oil and gas fields. *Arctic: Ecology and Economy*, 2026, vol. 16, no. 2, pp. 250—263. DOI: 10.25283/2223-4594-2026-2-250-263. (In Russian).

Abstract

Based on a comprehensive analysis of JSC “MAGE” materials obtained during preparation for the publication of sheets GK-1000/3 (the third-generation State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:1,000,000), the authors have compiled an ecological and geological scheme, have given a detailed description of the landscapes of the South Kara shelf, and have assessed the ecological state of the shelf natural environments and their stability. The assessment, given the sharp increase in the anthropogenic load on the Kara Sea ecological systems, serves a relevant basis for developing recommendations for rational environmental management, including during the development of hydrocarbon fields, as well as for the planning and implementing measures to monitor and protect the geological environment.

Keywords: *Kara Sea, shelf, landscape, deposits, hydrocarbons, pollution, environmental problems.*

Information about the authors

Kazanin, Aleksey Gennadyevich, PhD of Engineering, Doctor of Economy, Director General, JSC “Marine Arctic Geological Expedition” (11, Krylatsky 2 Business Center, Osennaya St., Moscow, Russia, 121609), e-mail: info@mage.ru.

Radchenko, Marina Sergeevna, Leading Geoscientist, JSC “Marine Arctic Geological Expedition” (26, Sofya Perovskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: radchenko.ms@mage.ru.

Solonina, Svetlana Fedorovna, Leading Environmental Specialist, JSC “Marine Arctic Geological Expedition” (26, Sofya Perovskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: solonina.sf@mage.ru.

Prokonina, Marina Valerievna, Leading Cartographer, JSC “Marine Arctic Geological Expedition” (26, Sofya Perovskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: prokonina.mv@mage.ru.

Artamonova, Tatyana Valerievna, Head of Department of the Cartography and Geoinformation Systems, JSC “Marine Arctic Geological Expedition” (11, Krylatsky 2 Business Center, Osennaya St., Moscow, Russia, 121609), e-mail: tatyana.artamonova@mage.ru.

Shkarubo, Sergey Ivanovich, PhD of Geology and Mineralogy, Chief Geoscientist, JSC “Marine Arctic Geological Expedition” (26, Sofya Perovskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: shkarubo.si@mage.ru.