

DOI 10.37539/2949-1991.2026.41.6.054

Миронов Арсентий Алексеевич,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II»
Mironov Arsentiy Alekseevich,
Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II

Сермягина Екатерина Алексеевна,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II»
Sermiyagina Ekaterina Alekseevna,
Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II

Епифанова Виктория Дмитриевна,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II»
Epifanova Victoria Dmitrievna,
Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II

Кулюкин Егор Игоревич,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II»
Kulyukin Egor Igorevich,
Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II

Научный руководитель:
Данилов Александр Сергеевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры геоэкологии
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II»
Danilov Alexander Sergeevich,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Geoecology,
Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II

**МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ
РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В МОРЯХ
METHODS AND WAYS TO ELIMINATE EMERGENCY
SPILLS OF OIL AND OIL PRODUCTS IN THE SEAS**

Аннотация. В статье представлен обзор современных методов ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в морской среде, включая механические, физико-химические, термические и биологические подходы. Особое внимание уделено адаптации технологий к условиям замерзающих морей, где низкие температуры и ледовый покров существенно ограничивают применение традиционных средств. Систематизированы данные об эффективности различных типов скиммеров, сорбентов, диспергентов и биопрепаратов в зависимости от климатических условий. Рассмотрены современные методы мониторинга (спутниковое зондирование, беспилотные летательные аппараты) и цифровые модели для прогнозирования распространения загрязнений. Выявлены ключевые нерешённые проблемы: отсутствие эффективных систем для сбора подлёдной нефти, несовершенство нормативно-



правовой базы, ограниченность финансовых механизмов. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода, сочетающего механический сбор, сорбционную очистку и биоремедиацию, а также о приоритетности разработки технологий для работы в ледовых условиях и усиления международного сотрудничества.

Abstract. This paper presents a comprehensive review of modern methods for the emergency response to oil and oil product spills in marine environments, including mechanical, physico-chemical, thermal, and biological approaches. Special emphasis is placed on the adaptation of response technologies to the conditions of freezing seas, where low temperatures and ice cover significantly limit the applicability of conventional response techniques. The review systematizes data on the performance efficiency of various skimmer types, sorbents, dispersants, and bioremediation agents depending on the climatic conditions. Advanced monitoring methods (satellite remote sensing, unmanned aerial vehicles) and digital models for spill trajectory forecasting are discussed. Key unresolved challenges are identified, including the lack of effective systems for sub-ice oil recovery, deficiencies in the regulatory and legal framework, and limitations in financial instruments. The study concludes that an integrated approach combining mechanical recovery, sorbent-based cleanup, and bioremediation is required, with a priority on developing technologies for ice-covered conditions and strengthening international cooperation.

Ключевые слова: Разлив нефти, ликвидация, море, замерзающие акватории, сорбенты, скиммеры, биоремедиация, Арктика, экологическая безопасность.

Keywords: Oil spill, response, sea, freezing waters, sorbents, skimmers, bioremediation, Arctic, environmental safety.

ВВЕДЕНИЕ

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов в морской среде представляют собой одну из наиболее серьёзных экологических проблем современности, масштабы которой возрастают пропорционально интенсификации морской добычи углеводородов и расширению транспортных маршрутов. Ежегодно в мире происходит от 300 до 500 инцидентов, сопровождающихся выбросом нефти в акваторию, причём порядка 10-15% из них классифицируются как крупные, но именно они обуславливают до 90% суммарного экологического ущерба [1]. Последствия таких катастроф носят долговременный характер: деградация прибрежных экосистем, гибель морских млекопитающих и птиц, нарушение репродуктивных циклов гидробионтов, накопление токсичных углеводородов в донных отложениях и трофических цепях [2]. Особую тревогу вызывает освоение арктического шельфа, где хрупкие экосистемы обладают крайне низкой способностью к самовосстановлению, а климатические условия – отрицательные температуры, устойчивый ледовый покров, полярная ночь и высокая штормовая активность – многократно усложняют как обнаружение разливов, так и проведение оперативных мероприятий по их ликвидации [3, 4].

Традиционные методы ликвидации аварийных разливов нефти, отработанные в умеренных широтах, при переносе в арктические условия часто демонстрируют резкое снижение эффективности либо становятся полностью неприменимыми. Боновые заграждения разрушаются при столкновении с льдинами, скиммеры забиваются шугой, диспергенты не работают при температуре воды ниже 5 °С, а биодеградация замедляется на порядки [5]. В этих условиях возникает острая потребность в систематизации накопленного опыта и выявлении приоритетных направлений для дальнейших разработок. Цель настоящей работы – комплексный анализ современных методов ликвидации морских нефтеразливов с акцентом на их применимость в замерзающих акваториях.



1. Физико-химические основы поведения нефти в морской среде

Эффективность любого метода ликвидации напрямую зависит от физико-химического состояния нефти. Нефть представляет собой сложную многокомпонентную смесь углеводородов, каждый из которых по-разному реагирует на воздействие температуры, волнения и солнечной радиации [6]. Ключевыми параметрами являются плотность, вязкость, поверхностное натяжение, температура застывания, содержание парафинов и асфальтенов, а также фракционный состав [2]. Именно эти характеристики определяют выбор технологической схемы: механический сбор эффективен при определённой вязкости, диспергенты работают в узком диапазоне плотностей и температур, а биодеградация зависит от доступности углеводородов для микроорганизмов [7].

Сразу после выброса нефть проходит стадии выветривания: растекание, испарение, эмульгирование, растворение, фотоокисление и седиментацию [8]. Испарение при 15-20 °С может удалить до 30-40% лёгкой нефти в первые сутки, но в холодной воде (ниже 5 °С) этот процесс практически прекращается [2]. Эмульгирование – наиболее критическая стадия, поскольку образование водонефтяных эмульсий резко увеличивает вязкость и объём загрязнения, делая нефть практически несобираемой механическими средствами [9]. В ледовых условиях эмульгирование замедлено, но при таянии льда процессы активизируются [10]. Таким образом, «окно возможностей» для каждого метода жёстко ограничено временными рамками, что требует адаптивной тактики, учитывающей реальное состояние нефти и динамику его изменения [11].

2. Механические методы ликвидации разливов

Механические методы являются наиболее распространёнными и экологически предпочтительными, поскольку они не вносят в среду дополнительных химических веществ и позволяют удалить нефть в исходном состоянии [7]. Основу составляют боновые заграждения, скиммеры и сорбционные материалы [12].

Боновые заграждения предназначены для локализации пятна. Их эффективность определяется гидродинамическими условиями: при скорости течения выше 0,5 м/с и волнении более 3 баллов нефть начинает вымываться под юбку [5]. В ледовых условиях традиционные боны практически не применимы; для Арктики разработаны усиленные ледовые боны, но их установка требует много времени [3, 5]. Скиммеры классифицируются на пороговые, олеофильные, вакуумные и центробежные [7]. Олеофильные скиммеры способны собирать тонкие плёнки (до 0,1-0,2 мм) и работают при волнении до 4 баллов, но их производительность ограничена [5]. Реальная эффективность скиммеров на практике редко превышает 50-70% от паспортной из-за забивания мусором и образования эмульсий [5]. В холодной воде эффективность падает ещё больше из-за высокой вязкости [4].

Сорбционные материалы являются наиболее универсальным средством, применимым в труднодоступных местах [13, 14]. Ключевые характеристики – нефтеёмкость, водоёмкость, скорость поглощения, плавучесть и возможность регенерации [13]. Терморасширенный графит обладает нефтеёмкостью до 40-60 г/г при водоёмкости менее 2 г/г [15]. Модифицированные алюмосиликаты показывают нефтеёмкость в 3-5 раз выше исходной [13]. Сорбенты из отходов хлопкопереработки дают нефтеёмкость до 24 г/г при водопоглощении 0,2 г/г [14]. Ограничение механических методов – они удаляют только поверхностную плёнку и не работают с эмульгированной или подлёдной нефтью [4, 16]. Поэтому их необходимо дополнять физико-химическими и биологическими методами [7].

3. Физико-химические методы

Физико-химические методы основаны на изменении агрегатного состояния или поверхностных свойств нефти для облегчения удаления или ускорения деструкции [7]. Основные – диспергенты, загустители, деэмульгаторы и сорбционно-химические комплексы [5].



Диспергенты – поверхностно-активные вещества, снижающие межфазное натяжение и способствующие распаду плёнки на мелкие капли (10-100 мкм) [7]. Их преимущество – высокая скорость обработки больших площадей, возможность применения при волнении [5]. Недостатки – токсичность для гидробионтов, неэффективность при температуре ниже 5 °С, недостаточная изученность воздействия на холодноводные экосистемы [9, 5]. В Арктике применение диспергентов ограничено [5]. Загустители и гелеобразователи переводят нефть в вязкое состояние, предотвращая растекание и облегчая сбор, но их применение ограничено высокой стоимостью [7]. Дезэмульгаторы разрушают стойкие водонефтяные эмульсии, восстанавливая текучесть нефти [17, 7].

Сорбционно-химические комплексы, например, на основе гуминовых кислот и пилларного монтмориллонита, стабилизируют эмульсию и одновременно детоксифицируют нефть на 80% [18]. Биосорбенты поглощают нефть и иницируют её биохимическую деструкцию, сокращая сроки очистки в 2-3 раза [19]. Физико-химические методы являются вспомогательными; их выбор требует оценки токсичности и устойчивости продуктов трансформации в конкретной экосистеме [9, 18]. В Арктике приоритет отдаётся наименее токсичным реагентам с обязательными предварительными испытаниями [5].

4. Термические методы

Сжигание нефтяных пятен (*in situ burning*) представляет собой экстренную меру, позволяющую быстро удалить до 90% нефти без сбора и транспортировки [7, 5]. Требуется толщины плёнки не менее 2-3 мм, свежей нефти, скорости ветра не более 10-12 м/с и волнения не более 2-3 баллов [5]. Скорость сгорания составляет 1-4 мм/мин, после горения остаётся коксовый остаток, требующий механического сбора [7]. Недостатки – выбросы сажи, оксидов, полициклических ароматических углеводородов, диоксинов, создающие вторичное загрязнение [5]. В Арктике сжигание на сплочённом льду перспективно, так как лёд служит барьером, концентрирующим нефть в естественных углублениях [5, 16]. Однако подвижка льда или волнение срывают горение, а продукты сгорания, оседая на лёд, при таянии попадают в воду [5]. Поэтому сжигание в Арктике рекомендовано только вдали от берегов и с последующей очисткой остатков [7, 5].

5. Биологические методы

Биоремедиация основана на способности углеводородоокисляющих микроорганизмов окислять углеводороды до CO₂ и H₂O [19]. Применяется как инокуляция и стимуляция [19]. Оптимальная температура – выше +15 °С; при +10 °С скорость падает в 5 раз, при +5 °С практически останавливается [19]. Поэтому в холодных морях биометоды применимы только в летний период и для остаточных загрязнений [19, 4]. Для Арктики разрабатываются психрофильные штаммы, но их активность остаётся низкой [19]. Фиторемедиация применима в прибрежных лагунах и эстуариях [20]. Комбинированные биопрепараты на сорбентах-носителях обеспечивают высокую локальную концентрацию микроорганизмов; эффективность достигает 60-70% за 30 суток при +15 °С [12, 19]. Биологические методы – финишный этап очистки; наиболее перспективны психрофильные штаммы, иммобилизованные на эффективных сорбентах [19].

6. Специфика ликвидации разливов в замерзающих морях

Замерзающие моря предъявляют особые требования к технологиям ликвидации [3, 5]. Основные осложняющие факторы: низкие температуры (вязкость растёт, испарение замедляется), ледовый покров (нефть скапливается подо льдом), полярная ночь, удалённость от инфраструктуры [3, 4, 5]. Физико-химические процессы в ледовых условиях имеют свою специфику: подо льдом нефть растекается по нижней поверхности, испарение отсутствует, эмульгирование замедлено, вязкость высокая; нефть может сохраняться годами [10, 4]. Эффективность сбора в ледовых условиях снижается до 10-15% от объёма разлива [4, 16].



Традиционные механические средства в ледовых условиях либо разрушаются, либо забиваются шугой [5, 16]. Основной метод – сбор сорбентами с плавучих средств или вертолётов [15]. Сорбенты должны быть морозостойкими: на основе хитина, модифицированного вермикулита – при $-0,5$ °С снижают концентрацию нефтепродуктов в приповерхностном слое в 4–6 раз за 2 часа [15]. Сжигание на льду – один из немногих способов быстрого удаления больших объёмов, но требует точного прогноза [5]. Диспергенты в Арктике практически не используются [5]. Биоремедиация – только летом, после таяния льда [19]. Рекомендуемый комплексный подход для Арктики: быстрая локализация ледовыми боными, сбор сорбентами, при крупных разливах – контролируемое сжигание на льду, летом – биоремедиация [3, 5, 15]. Ключевой элемент – математическое моделирование распространения с учётом дрейфа льда и течений [8, 16]

7. Мониторинг и прогнозирование

Оперативное обнаружение и контроль разлива – основа успешного реагирования. Системы мониторинга включают спутниковый, авиационный и наземный уровни. Спутниковое дистанционное зондирование: радиолокационные снимки выявляют нефтяные плёнки, но дают ложные срабатывания. Многоспектральные системы дают более детальную информацию, но ограничены облачностью и полярной ночью. Гиперспектральные данные позволяют различать типы нефти. Беспилотные летательные аппараты обеспечивают съёмку в реальном времени. Математическое моделирование учитывает ветер, течения, диффузию, испарение, эмульгирование [8]. В ледовых условиях модели должны рассчитывать взаимодействие нефти со льдом. Точность моделей критически зависит от качества входных данных [8]. Анализ баз данных по инцидентам показывает, что большинство разливов происходит в осенне-зимний период [1].

8. Нерешённые проблемы и перспективные направления

Выявлены ключевые проблемы. Первая – отсутствие надёжных технологий для сбора подлёдной нефти [16]. Существующие системы имеют производительность ниже 5 м³/ч [16]. Необходимы роботизированные аппараты с подогревом. Вторая – недостаточная изученность поведения нефти в ледовых условиях [10, 4]. Отсутствуют стандартизированные методики испытаний сорбентов и диспергентов при отрицательных температурах [15]. Третья – низкая скорость реагирования в удалённых районах. Требуется сеть региональных баз хранения оборудования. Четвёртая – недостаточный уровень цифровизации. Модели плохо интегрированы с системами управления [8]. Нужна единая платформа в реальном времени. Пятая – правовая разрозненность. Шестая – проблема утилизации собранной нефти и отработанных сорбентов [7]. Перспективные направления: новые сорбенты на основе наноматериалов [13, 14]; генетически модифицированные психрофильные штаммы [19]; гиперспектральные методы; искусственный интеллект для прогнозирования; гибкие боновые конструкции [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый обзор современных методов ликвидации аварийных разливов нефти в морской среде показывает, что существующие технологии представляют собой многоуровневую систему, включающую механические, физико-химические, термические и биологические методы, каждый из которых имеет свою область применения и ограничения [7]. В незамерзающих акваториях комбинация боновых заграждений, скиммеров, диспергентов и биоремедиации позволяет достигать удовлетворительных результатов, однако ни один метод не является универсальным, и успех операции зависит от гидрометеорологических условий, свойств нефти и своевременности реагирования [5, 7].

В замерзающих морях и Арктике эффективность традиционных подходов резко снижается [4, 5, 16]. Низкие температуры увеличивают вязкость нефти и замедляют испарение, а ледовый покров создаёт дополнительные барьеры для доступа к пятну. В этих



условиях основным методом становится использование морозостойких сорбентов [13, 15], а сжигание на льду рассматривается как экстренная мера, требующая точного прогноза и контроля [5]. Ключевой проблемой остаётся отсутствие надёжных технологий для сбора подлёдной нефти [16] – существующие системы имеют низкую производительность и требуют принципиально новых решений.

Институциональные аспекты не менее важны: нормативно-правовая база в России ориентирована на ликвидацию последствий, а не на предотвращение разливов, и недостаточно учитывает специфику Арктики [4, 16]. Отсутствие единой методики исчисления экологического ущерба создаёт ситуацию, когда штрафы выгоднее инвестиций в превентивные меры. Требуется разработка специализированных правовых механизмов и финансовых стимулов для внедрения инновационных технологий. Международное сотрудничество остаётся критически важным фактором, поскольку экологические катастрофы не признают границ [1].

Перспективные направления исследований включают создание новых сорбентов на основе наноматериалов [13, 14]; разработку психрофильных штаммов микроорганизмов для биодegradации в ледовых условиях [19]; совершенствование гиперспектральных методов зондирования; внедрение систем искусственного интеллекта для прогнозирования и планирования ресурсов; создание гибких боновых конструкций [5]. Только комплексный подход, сочетающий инновационные технологии, гибкую нормативную базу и эффективную организацию взаимодействия, позволит минимизировать экологический ущерб от нефтеразливов и обеспечить устойчивое развитие морской деятельности в Арктическом регионе.

Список литературы:

1. Алексеев Д.В., Лентарёв А.А. Сравнительный анализ баз данных по разливам нефти и нефтепродуктов с морских судов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2022. №6.
2. Валеев Т.К., Рахманин Ю.А., Сулейманов Р.А. и др. Характеристика риска для здоровья населения нефтедобывающего региона в связи с факторами среды обитания // Гигиена и санитария. 2021. №11.
3. Малюков В.П., Федин В.Д. Защита окружающей среды при разработке Приразломного нефтяного месторождения на шельфе Печерского моря // ГИАБ. 2018. №5.
4. Юркевич Н.В., Ельцов И.Н., Гуреев В.Н., Мазов Н.А., Юркевич Н.В., Еделев А.В. Техногенное воздействие на окружающую среду в Российской Арктике на примере Норильского промышленного района // Известия ТПУ. 2021. №12.
5. Маликова О.И., Серебренников Е.В. Эколого-экономические риски освоения запасов углеводородов и технологии ликвидации нефтеразливов на Российском арктическом шельфе // Известия СПбГЭУ. 2022. №3 (135).
6. Ступакова А.В., Поляков А.А., Малышев Н.А. и др. Критерии нефтегазоносности осадочного бассейна // Георесурсы. 2023. №2.
7. Терещенко М.Д., Хищенко Л.Л., Язев А.С., Исаев О.Ю., Минченко Л.А., Ильин А.Н. Мобильный генератор сорбента, применяемый для ликвидации аварийных разливов нефти // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2022. №71.
8. Маценко С.В., Чижова-Ноткина Е.А., Блиновская Я.Ю. Совершенствование математической модели взаимодействия нефтяного пятна с морской средой // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2022. №1.
9. Grechishcheva N.Yu., Korolev A.M., Zavorotny V.L. et al. Stabilization of oil-in-water emulsions with highly dispersed mineral particles: biodegradation and toxic effect on aquatic organisms // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2023. №2.



10. Губайдуллин М.Г., Турובה Т.А. О миграции нефтезагрязнений в деятельном слое и возможность их проникновения в многолетнемерзлые породы // Изв. Сарат. ун-та Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2023. №2.

11. Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В. Математическая модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов // Технологии гражданской безопасности. 2023. №1 (75).

12. Даминев Р.Р., Асфандиярова Л.Р., Асфандияров Р.Н. Метод локализации аварийных разливов нефти // Известия Самарского научного центра РАН. 2021. №5.

13. Перегудов Ю.С., Мэжри Р., Горбунова Е.М., Нифталиев С.И. Сорбенты на основе глауконита для сбора нефти и нефтепродуктов // Конденсированные среды и межфазные границы. 2020. №2.

14. Борисова Е.А., Красноперова С.А. Подбор сорбента при аварийных разливах нефтепромысловых жидкостей на территории Камбарского нефтяного месторождения // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. №4.

15. Тюльканов А.К., Петрашов С.В., Моисеенко М.И., Перехода И.А., Куренский А.В. Новая судовая система как способ обеспечения экологической безопасности в условиях арктического шельфа // Вестник ИШ ДВФУ. 2021. №1 (46).

16. Хасанов И.И., Шакиров Р.А., Павлова Е.Е., Сакаев А.А. Об особенностях методов ликвидации разливов нефти в арктическом шельфе и открытом море // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2022. №5-6.

17. Лаптев А.Г., Лаптева Е.А., Исхакова Р.Я. Определение эффективности комбинированного аппарата разделения эмульсий // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2022. №5.

18. Дмитриева Е.Д., Горячева А.А., Овчинников Н.Л., Бутман М.Ф. Оценка детоксицирующей способности органоминеральных комплексов на основе гуминовых кислот и Al₃₀-пилларного монтмориллонита по отношению к нефти в воде // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2023. №4.

19. Созина И.Д., Данилов А.С. Микробиологическая ремедиация нефтезагрязненных почв // Записки Горного института. 2023. №260.

20. Шулаев Н.С., Кадыров Р.Р., Пряничникова В.В. Комбинированный метод фиторемедиации и электрообработки для очистки загрязненных территорий нефтяного комплекса // Записки Горного института. 2024. Т.265. С. 147-155.

References:

1. Alekseev D.V., Lentarev A.A. Comparative analysis of databases on oil and oil product spills from sea vessels // Bulletin of the Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. 2022. No. 6.

2. Valeev T.K., Rakhmanin Yu.A., Suleymanov R.A. et al. Characteristics of health risk for the population of an oil-producing region due to environmental factors // Hygiene and Sanitation. 2021. No. 11.

3. Malyukov V.P., Fedin V.D. Environmental protection during the development of the Prirazlomnoye oil field on the Pechora Sea shelf // Mining Information and Analytical Bulletin. 2018. No. 5.

4. Yurkevich N.V., Eltsov I.N., Gureev V.N., Mazov N.A., Yurkevich N.V., Edelev A.V. Technogenic impact on the environment in the Russian Arctic on the example of the Norilsk industrial region // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2021. No. 12.

5. Malikova O.I., Serebrennikov E.V. Ecological and economic risks of hydrocarbon reserves development and oil spill response technologies on the Russian Arctic shelf // Bulletin of the Saint Petersburg State University of Economics. 2022. No. 3 (135).



6. Stupakova A.V., Polyakov A.A., Malyshev N.A. et al. Criteria for petroleum potential of sedimentary basins // *Georesources*. 2023. No. 2.
7. Tereshchenko M.D., Khimenko L.L., Yazev A.S., Isaev O.Yu., Minchenko L.A., Ilin A.N. Mobile sorbent generator used for emergency oil spill response // *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Aerospace Engineering*. 2022. No. 71.
8. Matsenko S.V., Chizhova-Notkina E.A., Blinovskaya Ya.Yu. Improvement of the mathematical model of oil slick interaction with the marine environment // *Bulletin of the Saint Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*. 2022. No. 1.
9. Grechishcheva N.Yu., Korolev A.M., Zavorotny V.L. et al. Stabilization of oil-in-water emulsions with highly dispersed mineral particles: biodegradation and toxic effect on aquatic organisms // *Bulletin of Higher Educational Institutions. Chemistry and Chemical Technology*. 2023. No. 2.
10. Gubaydullin M.G., Turobova T.A. On the migration of oil contaminants in the active layer and the possibility of their penetration into permafrost rocks // *Bulletin of Saratov University. New Series. Earth Sciences*. 2023. No. 2.
11. Akimov V.A., Ivanova E.O., Mishurnyy A.V. Mathematical model for predicting the consequences of oil and oil product spills // *Civil Security Technologies*. 2023. No. 1 (75).
12. Daminev R.R., Asfandiyarova L.R., Asfandiyarov R.N. Method for localization of emergency oil spills // *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2021. No. 5.
13. Peregudov Yu.S., Mezhi R., Gorbunova E.M., Niftaliev S.I. Glauconite-based sorbents for oil and oil product collection // *Condensed Matter and Interphase Boundaries*. 2020. No. 2.
14. Borisova E.A., Krasnoperova S.A. Selection of sorbent for emergency spills of oilfield fluids on the territory of the Kambarskoye oil field // *Bulletin of RUDN University. Series: Ecology and Life Safety*. 2022. No. 4.
15. Tyulkanov A.K., Petrashov S.V., Moiseenko M.I., Perekhoda I.A., Kursenskiy A.V. New shipboard system as a way to ensure environmental safety in the conditions of the Arctic shelf // *Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University*. 2021. No. 1 (46).
16. Khasanov I.I., Shakirov R.A., Pavlova E.E., Sakaev A.A. On the features of oil spill response methods on the Arctic shelf and in the open sea // *Transport and Storage of Oil Products*. 2022. No. 5-6.
17. Laptev A.G., Lapteva E.A., Iskhakova R.Ya. Determination of the efficiency of a combined emulsion separation apparatus // *Bulletin of Higher Educational Institutions. Chemistry and Chemical Technology*. 2022. No. 5.
18. Dmitrieva E.D., Goryacheva A.A., Ovchinnikov N.L., Butman M.F. Assessment of the detoxifying ability of organomineral complexes based on humic acids and Al₃₀-pillared montmorillonite in relation to oil in water // *Bulletin of Higher Educational Institutions. Chemistry and Chemical Technology*. 2023. No. 4.
19. Sozina I.D., Danilov A.S. Microbiological remediation of oil-contaminated soils // *Notes of the Mining Institute*. 2023. No. 260.
20. Shulaev N.S., Kadyrov R.R., Pryanichnikova V.V. Combined method of phytoremediation and electrical treatment for cleaning contaminated areas of the oil complex // *Notes of the Mining Institute*. 2024. Vol. 265. P. 147-155.

