Геополитика и экогеодинамика регионов.
Том 9(19). Вып. 1. 2023 г. С. 221–231.

УДК 911.3

А. Г. Александрова[1]
Н. В. Александрова[2]

Нефтяные загрязнения на морской поверхности (моря Западной Арктики)

[1] ФГБУН Институт океанологии им. Ширшова РАН, Москва
e-mail: Osh.morgeo@mail.ru
[2] ФГАОУ ВО "Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации", Москва
e-mail: Aleksandrova.n.v@my.mgimo.ru

Аннотация. *Углеводородное загрязнение является одним из основных факторов антропогенного воздействия на морские экосистемы Арктики, так как нефтяные углеводороды являются одними из самых опасных загрязнителей Мирового океана.*

В данной статье освещаются вопросы мониторинга пространственно-временных изменений содержания углеводородов в водах Западной Арктики (на примере Баренцева и Гренландского морей), приводятся результаты мониторинга загрязнения, актуализируются существующие проблемы. Большое значение для понимания эволюции состояния среды имеют результаты геолого-геофизических исследований, в том числе данные концентраций нефтяных углеводородов. Эти уровни содержания сложно с точностью определить как из-за несовершенства методов анализа углеводородов, так и в основном из-за слабой изученности различных природных океанологических процессов (в том числе биологических и геохимических), а также из-за различных ограничений по возможностям отбора проб, хозяйственной деятельности. При этом показана актуальность вопросов уязвимости экосистемы арктических морей от нефтяных разливов. В связи с этим проблема разработки научных основ для создания мероприятий по регулированию мониторинговых работ, а также функционирования различных секторов экономической деятельности имеет особое значение, так как изучение природного геохимического фона также необходимо для оценки техногенного воздействия (выявления аномалий).

Ключевые слова: *нефтяные углеводороды, водная поверхность, транспортировка нефти, источники загрязнения, месторождения, нефтепродукты, ликвидация аварийного разлива нефти, морской нефтегазовый комплекс.*

Введение

В Западной Арктике основным потенциалом экономического роста являются значительные запасы углеводородов (УВ), транспортный потенциал, а также огромные запасы разнообразных биологических ресурсов. В изменчивой геополитической ситуации продолжает возрастать роль экономического освоения арктических недр с крупными и уникальными месторождениями. Согласно Энергетической стратегии, добыча нефти на шельфе России к 2030 году должна возрасти до 33 млн т/год, в том числе в арктическом секторе – до 17 млн т/год, то есть в 17 раз.

В то же время, добыча нефти и газа способна приводить к просадкам морского дна, к нарушениям донных местообитаний, изменению среды обитания из-за увеличения мутности, структуры донных осадков, а также изменению гидрохимического состава воды.

Прибрежная территория Баренцева моря − это регион стратегического партнерства России с арктическими государствами при этом основная проблема в морском пространственном планировании в Арктике на сегодня – это неравномерность изученности и недостаток данных регулярного мониторинга. Необходимо учесть, что водообмен с соседними морями имеет большое значение в водном балансе Баренцева моря. В течение года в море через проливы поступает примерно 1/4 часть общего объема воды моря.

Наряду с задачей информационно-аналитического обеспечения устойчивого управления морским природопользованием актуально совершенствование системы реагирования на аварийные разливы нефти и нефтепродуктов в арктических условиях для защиты особо чувствительных к нефтепродуктам прибрежных районов, а также действующей системы мер по регулированию деятельности, связанной с деятельностью морских добычных платформ и рейдовых перевалочных комплексов (РПК) в регионе. Продолжается освоение месторождений жидких углеводородов на Арктическом шельфе России. В акватории Печорского моря располагаются не менее 10 действующих лицензионных участков на освоение углеводородного сырья. Выданные лицензии рассчитаны на срок до 2025-2046 годов [1].

В статье рассматриваются результаты нескольких комплексных судовых экспедиций и итоги совместного анализа полученных спутниковыми и подспутниковыми методами, приводятся характеристики многолетней динамики распределения углеводородов (УВ) в поверхностном слое воды в изучаемом районе с учетом региональных особенностей и условий хозяйственной деятельности, в том числе развития морского нефтегазового комплекса (МНГК).

Район исследований

При проведении оценки состояния природной среды и обоснования размещения пунктов мониторинга, проведенном при геологическом картографировании Арктического шельфа России исследования [2] показали, что Западно-Арктический бассейн находится под преимущественным влиянием холодных и чистых водных масс Северного Ледовитого океана, что способствует самоочищению придонных сред. Повышенные концентрации отдельных поллютантов отмечены в прибрежных районах Кольского полуострова. Бентосные сообщества имеют естественный ненарушенный характер. Таким образом, по состоянию на 2005 год Западно-Арктическая акватория отнесена к областям, практически незатронутым техногенным воздействием, за исключением нескольких небольших участков вблизи Кольского п-ова и Новой Земли.

Западно-Арктический бассейн в настоящее время продолжает оставаться объектом интенсивных экспедиционных исследований. Данные о загрязненности воды региона позволяют оценить современное состояние и уровни антропогенного воздействия на арктические экосистемы, выработать рекомендации по совершенствованию системы мониторинга, оценить объемы транспорта загрязняющих веществ, выявить влияние местных источников и трансграничного переноса.

Так, в период с 2016 по 2020 гг. в изучаемом районе были проведены экспедиционные работы в рейсах НИС «Академик Мстислав Келдыш», комплексные экспедиции в рамках национального научно-исследовательского проекта «Трансарктика-2019» (комплексные экспедиции), Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета, а также в рамках выполнения работ профильными организациями.

В Российской части Арктики Мурманская область относится к районам потенциального риска загрязнения нефтепродуктами, также как Норильская агломерация, районы освоения нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири и Архангельская область (высокая степень загрязнения специфическими веществами). На акватории Кольского залива располагаются несколько рейдовых перевалочных комплексов (РПК), на которых отгрузка нефти производится на подводные терминалы. Риски экологических чрезвычайных ситуаций в акватории Кольского залива в основном связаны с перегрузкой и транспортировкой нефти, которая осуществляется на РПК. Основное развитие порта Мурманск предусматривается на западном берегу Кольского залива.

По экспертным оценкам, аварийные разливы нефти и нефтепродуктов оказывают наиболее значимое воздействие на морскую среду: при судоходстве, включая потери при загрузке бункеров наливных судов − 17%, выбросы в море промывочных, балластных и льяльных вод с судов − 23%, катастрофы судов и буровых установок в море − 6% от общего загрязнения нефтепродуктами. Риск локального загрязнения распространяется на побережье в районах расположения РПК, наиболее вероятным результатом аварийного разлива нефти на РПК будет загрязнение берегов, литоральных отмелей и прибойной зоны.

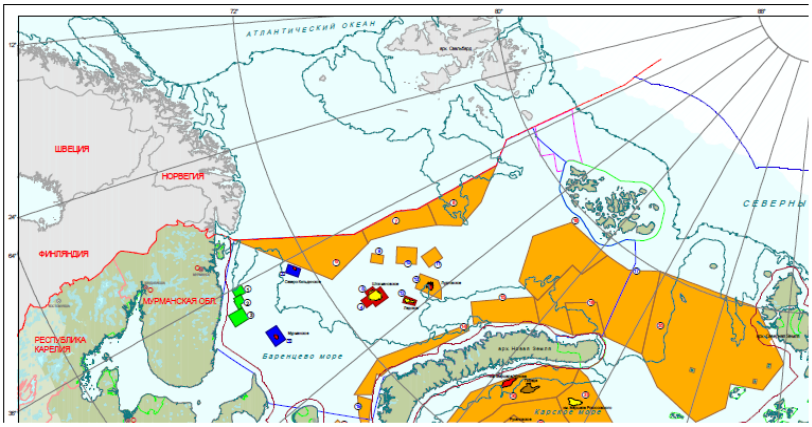

Рис. 1. Район исследований, включая лицензионные участки на шельфе арктических морей России по состоянию на начало 2021 г. и пересечение выделенных приоритетных для охраны морских районов с нефтегазовыми лицензионными участками и перспективными нефтегазовыми бассейнами Баренцева моря *(Источник: ФГБУ ВНИИОкеангеология)*

На рисунке: 1 - участки недр федерального фонда резервных участков недр, участки действующих лицензий; - участки действующих лицензий компаний-недропользователей, - рыбопромысловые участки, участок Минобороны и ФСБ; - ООПТ РФ, имеющие морские участки или выходящие на побережье; - границы охранных зон ООПТ.

С учетом природного углеводородного фона в составе УВ могут присутствовать техногенные компоненты, попадающие в водную среду и донные осадки с нефтью и нефтепродуктами при загрязнении ими акваторий, являясь индикаторами степени антропогенного воздействия.

Цифровая модель карты (рис. 1) создана в отделе нефтегазоносности Арктики и Мирового океана ФГБУ «ВНИИОкеангеология», при ее составлении использованы также материалы АО «Росгео», АО «МАГЭ» и компаний-недропользователей. Объектами МНГК, граничащими с приоритетным для охраны морскими районами на шельфе Российской Арктики, являются в настоящее время действующая нефтяная платформа Приразломная, терминал «Варандей», а также нефтегазовые порты и терминалы в Обской губе, Енисейском заливе и низовьях Енисея.

Изучение распределения пленочных загрязнений на поверхности моря и распределения и генезиса УВ в водах Баренцева моря становится актуальной и крайне важной задачей в рамках геоэкологического контроля и мониторинга.

Материалы и методы

В настоящее время мониторинг пленочных/нефтяных загрязнений арктических морей основан на сборе и анализе радиолокационных изображений (РЛИ) спутников, покрывающих моря. На этих спутниках установлены радиолокаторы – РСА, позволяющие получать РЛИ морской поверхности независимо от погоды, освещенности, состояния атмосферы и наличия облачности, что является важно в физико-географических условиях региона.

Нефть (нефтепродукты, прочие маслянистые вещества) на поверхности моря образуют нефтяные пленки, создают области выглаживания (слики) и отображаются темным тоном – создают темные пятна на радиолокационных изображениях (РЛИ) соответствующих форм и размеров. Пример фрагмента РЛИ (ESA) с пятнами различного происхождения приведен на рис. 2.

Одновременно для оценки изученности, характеристик современной техногенной нагрузки на экосистему региона района использовались морские навигационные карты, лоции, данные автоматической системы идентификации судов (АИС) − по материалам UNEP, ЮНЕП/ГЭФ, ITOPF. Для работы с данными радиолокационной сьемки использовалось веб-ГИС приложение «Геомиксер» (разработки ГК «СКАНЭКС») и специально созданный для этих целей баренцевоморский геопортал, на котором помимо массива РЛИ, было собрано большое количество физико-географических данных, данных о батиметрии моря, нефтегазоносности, инфраструктуре МНГК и данных автоматических систем идентификации судов (АИС), характеризующих Баренцево море [3].

Осуществлялись совместные исследования и анализ серий многолетних рядов данных, включая результаты спутникового мониторинга пленочных нефтяных загрязнений и квазисинхронных судовых измерений углеводородов в Баренцевом море, в том числе для оценки многолетней динамики содержания НУВ.

Дополнительно были использованы материалы по результатам исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург) на НИС «Баренцбург» в районе архипелага Шпицберген за период 2012-2021 гг. по осуществлению локального мониторинга загрязнения окружающей среды и других профильных организаций.

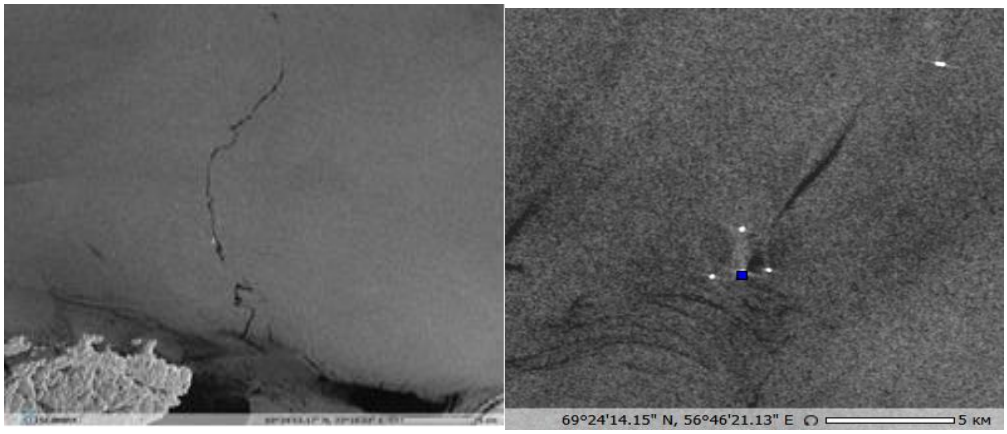

Рис. 2. Пятна пленочных загрязнений: 09.08.2018 (04:30 UTC) – слева: судовой разлив в территориальных водах Российской Федерации на подходах к Кольскому заливу (34 км, 3.2 км^2), справа: пятно загрязнений в районе платформы «Приразломная» (3 км^2).
(Источник: ESA) [3].

Результаты и обсуждение

В связи с низкой способностью к самовосстановлению и самоочищению арктических экосистем они являются особенно уязвимыми к нефтяному загрязнению.

По результатам работ С.А. Патина [4, 5] большая часть углеводородов нефти поступает в морскую среду при танкерной перевозке, в два раза меньше при транспортировке по трубопроводам, непосредственно на промысле теряется наименьшее количество нефти. Несмотря на то, что утечки быстро ликвидируются, отмечается, что именно они создают повышенный фон углеводородов в воде и донных осадках в местах добычи, им принадлежит существенный вклад в общий объем антропогенных потоков углеводородов в Мировом океане.

На любой водной поверхности при распределении нефтяных углеводородов (НУВ) одновременно протекают процессы эмульгирования, растворения, окисления, образования агрегатов, седиментацию (когда частицы дисперсной фазы (НУВ) оседают в дисперсионной среде (воде) под действием гравитационных сил) испарение и биодеградацию [6].

Характерной особенностью распределения НУВ является то, что они, в соответствии с [12-17], объединяются в следующие последовательные этапы:

гравитационно-инерционный, для которого характерны процессы образования пятна и начальное фракционное разделение НУВ;

гравитационно-вязкостный, когда поведение дисперсной фазы в дисперсионной среде определяется влиянием внешних гидрологических и метеорологических характеристик;

дисперсионно-пленочный, когда силы поверхностного натяжения между фазами и силы вязкости влияют на высоту слоя пятна НУВ и начинается его биологическая и биохимическая трансформация.

Сложный характер взаимодействия разных фаз определяет специфику процессов фазовых переходов и определяет стойкость водонефтяных эмульсий к внешним воздействиям.

Кроме того, распределение пятна НУВ на водной поверхности зависит не только от поведения дисперсной фазы в дисперсионной среде и реологических свойств НУВ, но и термобарических, метеорологических условий, скорости течения и характера возникающих волн [8-9]. Также кроме формы нефтяной пленки, углеводороды могут присутствовать в воде в эмульгированном, или растворенном виде, фракции попадают в состав осадков [4, 12].

Указанное определяет условия прогнозирования (моделирования) траектории движения разливов [7] на текущий период времени, при этом, моделирование процессов эволюции НУВ с учетом их свойств и состояния морской среды играет важную роль при проведении мероприятий ликвидации аварийного разлива нефти (ЛАРН) на водной поверхности [17].

На фоне влияния глобальных климатических изменений в арктических экосистемах на их устойчивость к возрастающему антропогенному воздействию, в том числе нефтяному загрязнению, особенно важно проведение дополнительных исследований комплексного влияния углеводородного загрязнения на изменение характеристик морской среды в районах хозяйственной деятельности, в том числе во льду различной сплоченности.

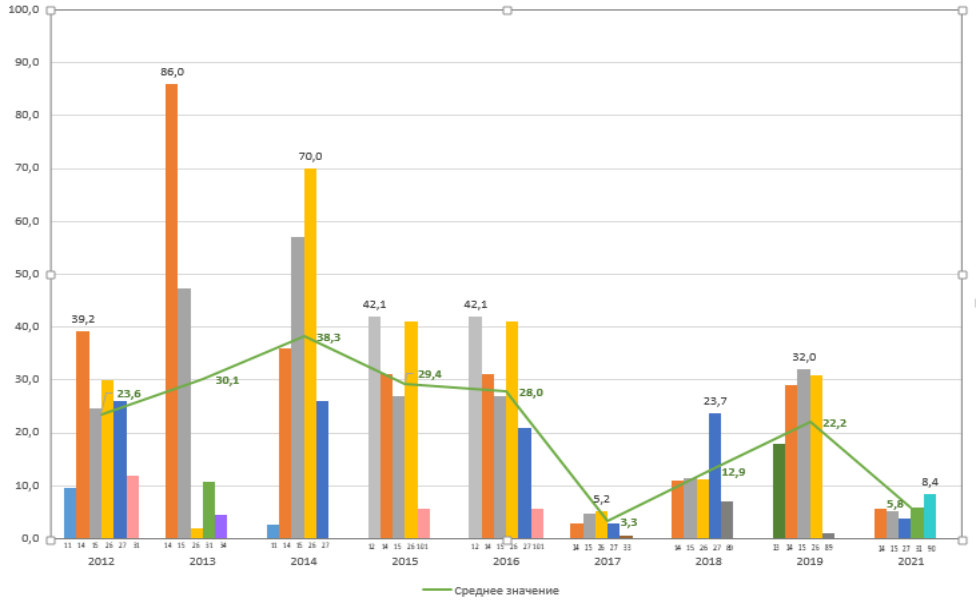

Рис. 3. Многолетняя динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов в (мкг/дм^3) в поверхностном слое воды (Грен-Фьорд, Гренландское море).
Составлено авторами

По материалам исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург) получены результаты наблюдений в отдельных районах Западной Арктики, включая Гренландское море (рис. 3) и Баренцево море (рис. 4), их результаты также находят отражение в Ежегодниках гидрохимического состояния морей (ГОИН), где приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик и уровни загрязнения вод.

Также, по данным спутниковых и контактных наблюдений в ИО РАН были построены совместные карты распределения углеводородов в Баренцевом море (рис. 4).

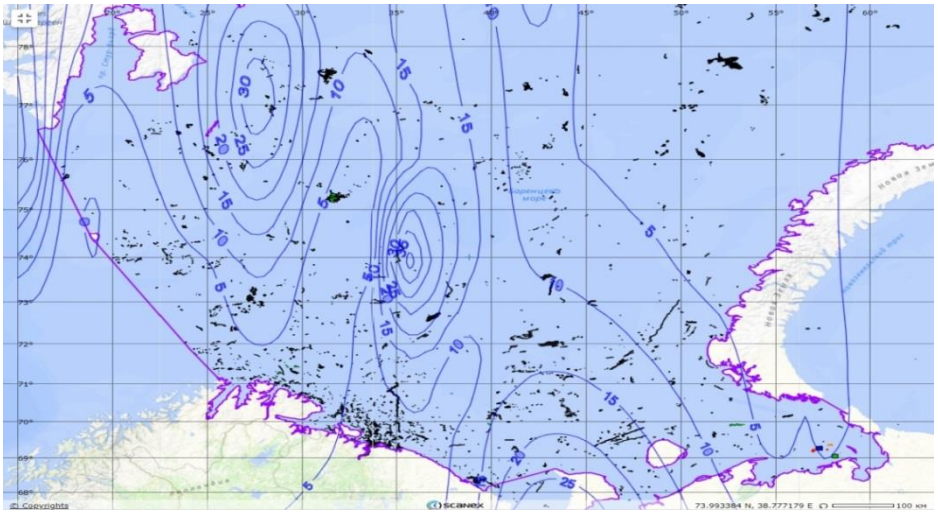

Рис. 4. Интегральная карта пленочных/нефтяных загрязнений (черные пятна), обнаруженных и идентифицированных по результатам радиолокационного мониторинга Баренцева моря в 2015–2020 гг. (спутниковые данные ГК СКАНЭКС, ESA) и содержания углеводородов (в мкг/л) в поверхностном слое воды по данным судовых измерений 2016-2020 гг. [3].

По итогам анализа пространственного распределения пятен, их количества и концентрации, сопоставления с данными АИС и трафика судов, в частности, танкеров, рыболовных судов, определен вклад антропогенной нагрузки, особенно в южной части моря, включая акваторию, примыкающую к Кольскому заливу. Локальный характер некоторых аномалий соотносится с особенностями хозяйственной и иной деятельности на их акваториях и в береговой зоне и имеет пространственную привязку к региональным, или местным судоходным трассам, конкретным судам, объектам МНГК как в море, так и на побережье, рейдам и портам. Так, к районам, подверженным повышенному риску по уровню загрязненности и антропогенной нагрузки, относится Кольский залив, а также подходы к Печорскому морю.

По данным многолетних наблюдений ФГБУ «Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского» (ВСЕГЕИ), донные осадки Кольского залива характеризуются самой высокой на северо-западе России фоновой концентрацией гексан растворимых нефтепродуктов (среднее гармоническое − 1,615 мг/г), в то время как фоновая концентрация нефтепродуктов в донных осадках региона в целом составляет 0,032 мг/г [10], что свидетельствует о высоком уровне техногенного воздействия на геосистему залива.

Таким образом, Кольский залив, рыбохозяйственный водоем высшей категории, характеризуется высоким уровнем загрязнения НУВ. Дополнительным источником поступления загрязняющих веществ является индустриальная деятельность непосредственно на морских акваториях, включая морской транспорт,

разработку месторождений, захоронение (дампинг), прямой сброс, аварийные ситуации.

В настоящее время вследствие предполагаемого освоения нефтяных месторождений в Баренцевом и Карском морях может существенно увеличиться поступление нефтепродуктов, как при эксплуатации месторождений, так и в процессе их транспортировки и перегрузки. В этой связи по причине большой загруженности южного колена Кольского залива к вопросам установки новых РПК необходимо подходить с большей ответственностью, так как перевалка любых видов груза, особенно в открытой части моря, представляет собой риски загрязнения морской воды.

Международными конвенциями и правовыми актами (Международный морской кодекс по опасным грузам (1965г.), принятый Ассамблеей IMCO (IMO), рекомендованный странам, подписавшим СОЛАС − 74, международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (MARPOL) (1973 и 1978 гг), международная конвенция по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству, конвенция БЗНС/OPRC (1990г.), конвенция ООН по морскому праву (1982г.), предусмотрен комплекс мер, направленных на уменьшение в максимально возможной степени загрязнений с судов, от установок и устройств.

Содержание нефтяных углеводородов в торговом порту г. Мурманск в 2020 г. было значительно ниже, чем в 2019 г. Анализ многолетней динамики показал, что в 2020 г. средняя концентрация была на уровне значения ПДК (0,05 мг/дм^3), во все предыдущие годы была всегда выше, таким образом, в пространственно-временной изменчивости содержания нефтяных углеводородов в Баренцевом море, также как и в заливе Грен-Фьорд Гренландского моря по данным многолетнего мониторинга наблюдается тенденция к уменьшению степени загрязнения. В соответствии с рыбохозяйственными нормативами, по индексу загрязненности воды (ИЗВ) воды торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря относятся к III классу «умеренно загрязненные». Также, в летний период 2020 года морские воды в заливе Грен-Фьорд Гренландского моря характеризуются как «умеренно загрязненные» и относятся к III классу качества, а на отдельных участках – как «чистые» (II класс качества) [11].

Выводы

В целом в настоящее время негативные изменения компонентов природной среды в морях севера России носят ограниченный и локальный характер, что связано с особенностями хозяйственной и иной деятельности на их акваториях и в береговой зоне и имеет пространственную привязку к региональным, или местным судоходным трассам, конкретным судам, объектам МНГК как в море, так и на побережье, рейдам и портам.

Очаговое загрязнение арктических окраинных морей и связанные с этим экологические риски формируются эмитентами регионального и локального масштаба. Их активность зависит от хозяйственной деятельности на акватории морей и на территории водосборных бассейнов. Кроме того, в морских водах присутствуют геохимические аномалии углеводородов, связанные с природными процессами. Эти уровни сложно с точностью определить как из-за несовершенства методов анализа УВ, так и в основном из-за слабой изученности различных океанологических процессов и влияния хозяйственной деятельности,

по этой причине наблюдение за содержанием НУВ с учетом специфики взаимодействия свойств, процессов их эволюции и состояния морской среды представляет особую актуальность.

Очевидно, что создание специализированных банков данных гидрохимических наблюдений на сегодня является важнейшей задачей в целях экологического мониторинга и оценки загрязнения компонентов природной среды, позволяющей решить широкий спектр задач в вопросах охраны и очистки водной поверхности от загрязнения НУВ.

Перспективным является совместное использование существующих методик, доизучение проблемных районов, мелкомасштабное картирование, а также усиление мониторинговых работ в местах промышленного освоения континентального шельфа в Арктике. В условиях развития нефтегазовой деятельности на шельфе арктических морей целесообразно совершенствование национальных систем реагирования на разливы нефти в арктических странах, приведение национальных законодательных актов к единым нормам и правилам с целью обеспечения четкого взаимодействия арктических стран в области предотвращения загрязнения НУВ и ЛРН, комплексное планирование управления ресурсами морей.

Литература

1. Краснопольский В. Г. «Разливы нефти в арктике. Проблемы и решения» «Neftegaz.RU». 2019. № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekologiya/473433-razlivy-nefti-v-arktike-problemy-i-resheniya/.
2. Виноградов В. А., Лопатин Б. Г., Бурский А. З., Гусев Е. А., Морозов А. Ф., Шкарубо С. И. Основные итоги геологического картографирования масштаба 1:1 000 000 Арктического шельфа России. Разведка и охрана недр. 2005. № 6, С. 45-52.
3. Александрова А. Г., Иванов А. Ю. Совместная интерпретация результатов спутникового мониторинга плёночных нефтяных загрязнений и подспутниковых измерений углеводородов в Баренцевом море. Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 3 (86). С. 106–117.doi 10.54398/20776322_2022_3_106.
4. Патин С. А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: Изд-во ВНИРО. 2009.
5. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. В 2-х т. Т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия. М.: Изд-во ВНИРО. 2017. 326 с.
6. Сальников А. В., Грибов Г. Г. Особенности распространения нефтяного разлива в ледовой обстановке арктических акваторий // Известия Коми научного центра УРО РАН. 2015. №. 3 (23). С. 101-105.
7. ЛАРН на шельфе. «Neftegaz.RU». 2019. №1.
8. Лобачев М. П., Сазонов К. Е. Влияние изменения вязкости нефти на характеристики ее разливов в холодной морской среде // Арктика: экология и экономика. 2014. № 1. С. 96-103.
9. Коршунова Т. Ю., Логинов О. Н. Нефтяное загрязнение водной среды: особенности, влияние на различные объекты гидросферы, основные методы очистки. Экобиотех. 2019. Том 2. № 2. С. 157-174

10. Шахвердов В. А., Шахвердова М. В. Оценка современного геоэкологического состояния Кольского залива по геохимическим данным // Арктика: экология и экономика. 2016. № 4 (24). С. 22–31.
11. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2020. под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2021, 230 с.
12. Thibodeaux L. J., Valsaraj K. T., John V. T., Papadopoulos K. D., Pratt L. R., Pesika N. S. Marine oil fate: knowledge gaps, basic research, and development needs; a perspective based on the Deepwater Horizon spill // Environ. Engin. Sci. 2011. V. 28. № 2. P. 87−93.
13. WCMRC. The Basics of Marine: Oil Spill Response. Western Canada Marine Response Corporation; 2011:87.
14. Dave D. Responding to Oil Spill Disasters. Spills: A Critical Review and Comparative Analysis/ D. Dave, A.E. Ghaly // American Journal of Environmental Sciences. 2011. № 7 (5). P. 423-440.
15. Pilzisa K. Oil product spreading on the water surface limitation using air stream / K. Pilzisa, V. Vaisisa, F. Romagnolib // Energy Procedia. 2017. Vol. 128. P. 345-349.
16. Fay J.A. Physical Process in the Spreading of Oil Water Surface Prevention and Control of Oil Spills. API: Washington, 1970. P 347.
17. ISGOTT International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. Fifth Edition. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.idgca.org/doc/app1_020215.pdf.

A. G. Aleksandrova[1], N. V. Alexandrova2

Oil pollution on the sea surface (Western Arctic seas)

[1]IO RAS, Moscow
e-mail: Osh.morgeo@mail.ru
[2]*MGIMO University, Moscow*
e-mail: Aleksandrova.n.v@my.mgimo.ru

Abstract. *Petroleum hydrocarbons (PH) pollution is one of the main factors of anthropogenic impact on the marine ecosystems of the Arctic, since PH are one of the most dangerous pollutants of the World Ocean. This article highlights the issues of monitoring in spatial and temporal characteristics of hydrocarbons in Western Arctic waters (the Barents Sea and the Greenland Sea), provides pollution monitoring results, actualizing existing problems in this regard. The results of geological and geophysical studies, including data on the concentrations of PH present a great value for understanding of the state of the environment today. These levels are difficult to determine, both due to the imperfections of hydrocarbon analysis methods, and mainly due to the understudy of various oceanographic processes (including biological and geochemical ones), as well as due to various limitations on sampling capabilities and on-going economic activities. At the same time, the relevance of vulnerability of the Arctic Seas´ ecosystem to oil spills is definite. Therein, the problem of developing of scientific foundations for regulatory measures in various sectors of economics is of particular importance as the study of the natural geochemical background is necessary for the assessment of anthropogenic impact (anomaly detection).*

Keywords: *petroleum hydrocarbons, water surface, oil spills, oil transportation, sources of pollution, oil and petroleum products, offshore oil and natural gas production.*

References

1. Krasnopolsky V. G. “Oil spills in the Arctic. Problems and Solutions” “Neftegaz.RU”. 2019, № 5. URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekologiya/473433-razlivy-nefti-v-arktike-problemy-i-resheniya/.(in Russian)
2. V. A. Vinogradov, B. G. Lopatin, A. Z. Burskii, E. A. Gusev, A. F. Morozov, and S. I. Shkarubo, Russ. The main results of geological mapping at a scale of 1:1,000,000 of the Arctic shelf of Russia. Exploration and protection of mineral resources. 2005, № 6: 45-52. (in Russian)
3. Aleksandrova A. G., Ivanov A. Yu. Joint interpretation of the results of satellite monitoring of oil slicks and sub-satellite measurements of hydrocarbons in the Barents Sea. Geology, geography and global energy. 2022. № 3 (86): 106–117. doi 10.54398/20776322_2022_3_106. (in Russian)
4. Patin S. A. Oil spills and their impact on the marine environment and bioresources. M.: VNIRO, 2008: 508 p. (in Russian)
5. Patin S. A. Oil and ecology of the continental shelf. In 2 volumes. Vol. 1: Offshore oil and gas complex: state, prospects, impact factors. M.: VNIRO Publishing House, 2017: 326 p. (in Russian)
6. Salnikov A. V. Features of the distribution of an oil spill in the ice conditions of the Arctic waters // Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2015, № 3 (23): 101-105. (in Russian)
7. OSR on the shelf. "Neftegaz.RU", 2019, № 1. (in Russian)
8. Lobachev M. P. Influence of changes in oil viscosity on the characteristics of its spills in a cold marine environment / Lobachev M.P., Sazonov K.E. // Arctic: ecology and economics. 2014, № 1: 96- 103. (in Russian)
9. Korshunova T. Yu., Loginov O. N. Oil pollution of the aquatic environment: features, impact on various objects of the hydrosphere, basic cleaning methods. Ecobiotech, 2019, Volume 2, № 2: 157-174. (in Russian)
10. Shakhverdov V. A., Shakhverdova M. V. Assessment of the current geoecological state of the Kola Bay based on geochemical data // Arctic: Ecology and Economics. 2016, № 4 (24): 22–31. (in Russian)
11. The quality of sea waters in terms of hydrochemical indicators. Yearbook 2020. ed. Korshenko A.N., Moscow, Nauka, 2021, 230 p. ISBN 978-5-6045347-0-0 (In Russ.). (in Russian)
12. Thibodeaux L. J., Valsaraj K. T., John V. T., Papadopoulos K. D., Pratt L. R., Pesika N. S. Marine oil fate: knowledge gaps, basic research, and development needs; a perspective based on the Deepwater Horizon spill // Environ. Engine. sci. 2011. V. 28. № 2: 87−93. (in English)
13. WCMRC. The Basics of Marine: Oil Spill Response. Western Canada Marine Response Corporation; 2011:87. (in English)
14. Dave D. Responding to Oil Spill Disasters. Spills: A Critical Review and Comparative Analysis // American Journal of Environmental Sciences. 2011. № 7 (5): 423-440. (in English)

15. Pilzisa K. Oil product spreading on the water surface limitation using air stream / K. Pilzisa, V. Vaisisa, F. Romagnolib // Energy Procedia. 2017. Vol. 128: 345-349. (in English)
16. Fay J.A. Physical Process in the Spreading of Oil Water Surface Prevention and Control of Oil Spills. API: Washington, 1970: 347. (in English)
17. ISGOTT International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. Fifth Edition.. URL: http://www.idgca.org/doc/app1_020215.pdf. (in English)

Поступила в редакцию 20.11.2022 г.