

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева»
Дальневосточного отделения Российской академии наук

На правах рукописи



АЛЕКСАНДРОВА

Алина Георгиевна

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ УГЛЕВОДОРОДОВ
НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЙОНОВ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО
И НОРВЕЖСКО-ГРЕНЛАНДСКОГО ШЕЛЬФА**

1.6.17. Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Владивосток

2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Научный руководитель:

Шакиров Ренат Белалович,

заведующий лабораторией газогеохимии
ТОИ ДВО РАН, доцент, доктор геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты:

Официальные оппоненты:

Якушев Владимир Станиславович,

профессор кафедры разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений, факультета разработки нефтяных и газовых месторождений Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (**РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина**), доктор геолого-минералогических наук

Гульков Александр Нефёдович,

профессор Департамента нефтегазовых технологий и нефтехимии Инженерной школы Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (**ФГАОУ ВО ДВФУ**), профессор, доктор технических наук, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов» (**ФГБУ «ИМГРЭ»**)

Защита состоится «27» февраля 2025 г. в 13 ч 00 мин на заседании Диссертационного совета 24.1.214.02 по специальности 1.6.17 – «Океанология», геолого-минералогические науки при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева на сайте института <https://poi.dvo.ru/node/2203>. Автореферат размещен на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации и на сайте ТОИ ДВО РАН.

Автореферат разослан « » 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.214.02 (Д 005.017.02)**
кандидат географических наук

**Храпченков
Фёдор Фомич**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Актуальность данного исследования во многом определена местоположением объекта изучения в акватории арктических морей (Баренцевоморский и Норвежско-Гренландский бассейны, прилегающий шельф), который остается фрагментарно изученным. В системе морского природопользования западный сектор Арктики, как наиболее хозяйственно освоенный регион многофункционального управления, выделен в самостоятельную единицу управления [Матищов и др., 2015]. Исследование актуально из-за недостаточной изученности акваторий западной и северной Арктики, обладающих высоким углеводородным потенциалом. Проблемы обнаружения месторождений углеводородов в западной и северной частях Российской Арктики, к которым относятся акватория Кольского региона, прибрежные зоны архипелага Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа, становятся наиболее актуальными в сложившихся условиях, так как наряду с вопросами экономической целесообразности поиска и добычи углеводородного сырья в пределах европейской части Арктического шельфа России, присутствует и международный аспект, возникающий в связи с наличием потенциально богатых ресурсами юридически спорных пограничных территорий. Выявление углеводородных аномалий в компонентах геологической среды акваторий позволяет решать задачи прогноза нефтегазоносности недр.

В то же время, создается основа для последующего геоэкологического мониторинга при разведочных и добывочных работах.

Актуальность исследования определяется и тем, что наибольший интерес при проведении площадной газогеохимической съемки представляет выявление эпигенетической составляющей, которая с одной стороны отражает структурно-тектоническое строение исследуемой акватории, а с другой – проявление газовых эманаций, связанных с наличием скоплений углеводородов (УВ) в осадочном чехле. Необходимо учитывать, что УВ в литосфере широко распространены и образуют устойчивый геохимический фон. Нефть и рассеянное органическое вещество (РОВ) донных осадков и пород содержат сходные по составу классы органических соединений, в том числе и УВ. Источником их могут служить биогенные соединения морского и терригенного генезиса. Возможно также поступление УВ в поверхностный слой донных отложений при миграционных процессах из нижележащих осадочных толщ. Присутствие в осадках УВ нефтяного ряда может быть связано с размывом и переотложением древних осадочных отложений. Следовательно, основная задача состоит в том, чтобы: выявить геохимический фон исследуемого района и определить природу наложенной составляющей (эзогенная, эндогенная). Возможности решения данной задачи заложены в геохимической методологии, поскольку лишь детальные органо-геохимические исследования на уровне молекулярных структур позволяют определить источники, пути поступления и

трансформации УВ в донных осадках [Петрова и др., 2010; АМАР, 2007]. Это особенно актуально для нефтегазоперспективных районов акваторий, где миграционный поток УВ из продуктивных горизонтов является одним из существенных факторов формирования локального геохимического фона. При этом его специфика во многом определяется природой углеводородных залежей (нефтяной, газоконденсатной, газовой). Кроме того, вариации состава и содержания УВ в верхнем слое донных осадков, в значительной мере, обусловлены локальными геодинамическими и литолого-фацальными условиями [Петрова, 1999].

На этапах геологических и разведочно-поисковых работ наряду с прямым техногенным воздействием на осадки акватории, возможна интенсификация флюидного подтока УВ. Без регулярного пополнения базы данных локальные системы отраслевого или экологического контроля компаний не смогут самостоятельно обеспечить процесс выработки управляющих решений в целях обеспечения устойчивого развития региона. Опережающий углеводородный мониторинг может послужить основой для определения сценария развития данного процесса.

Кроме того, в настоящее время изучение процессов взаимодействия потоков рассеивания углеводородных газов (УВГ) из залежей и очагов генерации с фоновыми геохимическими полями в субаквальных условиях приобретает актуальность в связи с климатической повесткой, также становится все более очевидной необходимость совершенствования и расширения мониторинга загрязнения морей углеводородами и представления результатов таких наблюдений на основе комплексного и системного анализа.

Степень разработанности темы исследования. Баренцевоморский шельф за последние десятилетия стал одним из наиболее изученных и изучаемых в литолого-минералогическом плане, в том числе в связи с изучением органического вещества и природного газа.

При этом все построения и выводы базируются на современной геоморфологической основе, в частности на созданной в 2015 г. в ФГБУ «ВНИИОкеангеологии» геоморфологической карте Северного Ледовитого океана масштаба 1: 5 000 000 [Арктический бассейн - геология и морфология, 2017]. Также следует отметить, что все покрытия геоинформационных (ГИС) карт, охватывающих южную часть Баренцево-Карского шельфа, для удобства пользования состоят из отдельных планшетов, соответствующих издательским листам ГГК-1000. Практическое и научное значения имеют исследования норвежских и российских геологов на архипелаге Шпицберген, которыми установлено, что геологические образования на Шпицбергене идентичны тем, что фиксируются на континентальном шельфе и, как следствие, углеводороды, как правило, залегают преимущественно в сланцевых нефтематеринских породах. Однако, содержание в них органического углерода не превышает 10 %, что гораздо ниже, чем в аналогичных породах на шельфе Северного моря и Центральной Норвегии [Råen, 2008].

В результате геолого-геофизических работ ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (МАГЭ) в пределах континентальной окраины Западного Шпицбергена были

выявлены участки, где отчетливо отмечаются зоны газонасыщения неоплайстоценовых осадков [Захаренко, 2010]. Морские геологические работы на арктическом шельфе, выполненные в последние десятилетия, показали, что в южной части Баренцева моря широко распространены газонасыщенные осадки [Левитан и др., 1999; Bondarev et al., 2005]. Имеющиеся данные и оценки свидетельствуют о значительности углеводородного потенциала морских акваторий (более 300 млрд т условного топлива) и его приуроченности не только к шельфовым, но и к глубоководным зонам морей и океанов [Патин, 2017]. Седиментологические и геохимические исследования могут стать фундаментальной основой для системы мониторинга нового поколения, определяющей не только концентрацию загрязняющих веществ разного генезиса, их источники, но и процессы их трансформации [Лисицын, 2001]. При этом необходимы данные как регулярных судовых, так и спутниковых измерений в условиях острого недостатка данных прямых наблюдений в регионе. По этим данным содержание метана демонстрирует выраженный тренд к увеличению как в западном, так и в восточном секторе арктического шельфа [Юрганов, 2017]. При этом главные межгодовые пики повышения содержания метана совпадают по времени между восточным и западным секторами. Особенности распределения и декадное изменение в поле метана, по всей видимости, являются следствием влиянием региональных геологических факторов и их закономерной пространственной изменчивости, среди которых наиболее значимыми являются нефтегазоносные бассейны арктического региона, эволюционный процесс их развития и проницаемость литосферы [Шакиров и др., 2023].

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, базируются на большом объеме фактического материала по изучению геохимических особенностей углеводородов в воде и донных отложениях. Основные положения и выводы диссертации основываются на осадочно-миграционной теории происхождения нефти и газа, учитывающей многочисленные закономерности распространения месторождений УВ по всему миру и принимаемой абсолютным большинством исследователей [Вассоевич, 1974; Конторович, 1998; Tissot, Welte, 1984 и др.], согласно этой теории, углеводородный газ может образовываться двумя различными способами: биогенным/бактериальным и термогенным. Биогенный газ генерируется на стадии диагенетического преобразования осадков – на небольших глубинах при низких температурах, под действием анаэробного разложения органического вещества (ОВ) живыми микроорганизмами (Tissot, Welte, 1984 и др.). Термогенный газ после генерации мигрирует к участкам геологического разреза, благоприятным для аккумуляции флюидов. При этом миграция может быть, как латеральной, так и вертикальной. В случае вертикальной миграции газ движется по разрывным нарушениям, зонам трещиноватости и повышенной проницаемости до тех пор, пока на пути его миграции не появится проницаемый пласт, ограниченный флюидоупором – ловушка, где газ будет способен сформировать залежь [Кишанков, 2023]. В случае отсутствия подходящих условий для аккумуляции при миграции

газа газ может дойти до самой поверхности осадочного чехла и просочиться в водную толщу или также достигнуть атмосферы (Judd, Hovland, 2007).

Предметом исследования являются детальные органо-геохимические исследования в донных осадках и придонно-пограничном слое водной толщи на акватории Западного сектора Арктики как на уровне аналитических исследований, так и с использованием дистанционных методов.

Методология и методы исследования

Фактической основой исследований послужили данные экспедиционных работ, а также литературные материалы по нефтегазоносным комплексам (НГК) в пределах Баренцевоморского и Норвежско-Гренландского шельфов, фондовые материалы, открытые сведения, в том числе о ресурсах геологических объектов. Методика работ состоит из полевых наблюдений, лабораторных исследований, обработки фактического материала с последующей интерпретацией на базе статистических методов, анализа и оценки, а также визуализации и картирования в пределах шельфовых областей изучаемых районов.

Теоретической основой работы является осадочно-миграционная теория нафтогенеза, элементы теории вероятности, случайных процессов и нелинейной динамики. Основные методы исследований – комплексный геолого-гидрохимический анализ, статистический анализ, вычислительный эксперимент. Решение поставленных задач осуществлялось на основе положений о миграции углеводородов в разрезе осадочного чехла, а также с использованием статистических методов.

Целью является выявление геохимических особенностей и доминирующих закономерностей распределения концентраций УВ в различных фазовых состояниях в морях Западного сектора Арктики, определение уровней углеводородов в воде и в донных осадках в пробах, отобранных в экспедициях в различные периоды с 2005 по 2022 гг., определение их распределения в сопоставлении с параметрами среды, изучение изменчивости под влиянием природных, антропогенных процессов.

Достижение цели исследования предполагало решение следующих задач:

- создание базы данных по изучаемым районам, включая данные по результатам судовых экспедиций, спутниковые снимки, а также морские геохимические данные по нефтегазоперспективным участкам;
- проведение первичной обработки, анализа и систематизации данных в высокоточных акваториях, в том числе для определения вклада углеводородов разного генезиса, для изучения их распределения в воде и донных осадках Баренцева моря;
- оценка межгодовой изменчивости характеристик содержания углеводородов во фьордах Баренцево-Карского и Норвежско-Гренландского бассейнов (залив Грен-фьорд и Кольский залив);

- получение характеристик вариаций концентраций углеводородов на акватории морей на основании анализа данных, изучение возможных источников поступления УВ в морскую среду, исследование процессов миграции и трансформации природных и антропогенных УВ;

- проведение совместного анализа 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 нефтяных углеводородов (НУ);

- представление наиболее важных результатов распределения содержания УВ по данным спутниковых и подспутниковых наблюдений, построение совместных карт распределения углеводородов в Баренцевом море в поверхностном и в придонном слое воды;

- выполнение расчета объемов эмиссии метана с площади изучаемых участков при детальном изучении (геоэкологический прогноз);

- определение характеристик изменчивости геохимических параметров углеводородных газов (метана и гомологов).

Теоретическая и практическая значимость работы.

При достаточно хорошей изученности региона, в том числе сейсморазведкой и бурением, геологические факторы, контролирующие распределение содержания углеводородов, остаются не вполне ясными. В настоящей диссертации доказана возможность реализации комплексного подхода в изучении углеводородов в арктических морях, включая распределение углеводородов в воде и в донных осадках на примере Баренцевоморского региона. Впервые был выполнен анализ ключевых районов Норвежско-Гренландского и Баренцевоморского шельфа на основе данных комплексных геолого-гидрогеохимических работ с целью выявления закономерностей распределения углеводородной разгрузки. При таком подходе представляется возможным получить объективное представление о характере распределения углеводородов в поверхностном слое воды, а также в придонно-пограничном слое воды и в донных осадках, выявить возможные особенности, проанализировать природу изменчивости содержания углеводородов, в том числе метана, и рассчитать объемы его поступления в морскую воду, а затем в атмосферу. Научную новизну исследования составляют основные положения, выносимые на защиту.

Работа построена на массиве полевых данных из труднодоступных районов и спутниковых данных, что позволяет оценить геохимические процессы в районе изучения и геоэкологическое состояние объекта исследования, предусматривая исследование водной толщи и донных отложений как на уровне валовых концентраций веществ, так и на уровне форм нахождения, одновременно обнаруживая связи с техногенными источниками. Особое внимание уделено эпигенетическим компонентам, отражающим глубинные эманации.

Накопление углеводородных газов в донных осадках может происходить или вследствие биотических процессов включая микробную активность, определяя их сингенетическую

составляющую, или за счет глубинных эманаций, характеризуя эпигенетическую компоненту. Наибольший интерес при проведении площадной газогеохимической съемки представляет выявление эпигенетической составляющей, которая с одной стороны отражает структурно-тектоническое строение исследуемой акватории, а с другой – проявление газовых эманаций, связанных с наличием скоплений углеводородов (УВ) в разрезе осадочного чехла. На примере газогеохимических исследований современных донных осадков на континентальном шельфе показано соотношение региональных и локальных закономерностей распределения УВ газов.

Результаты имеют прикладное значение для оценки нефтегазового потенциала и возможности дальнейшего учета разгрузки природных газов в качестве индикаторов для поиска и прогноза нефтегазовых месторождений, для картирования зон разломов, зон георисков, могут быть использованы при проведении исследовательских работ, научно-технических изысканий на фоне разнонаправленных изменений природного фона и расширяющейся хозяйственной деятельности и в связи с разработкой научно – обоснованных предложений на уровне государства и отрасли в целях реализации оптимальной системы управления морскими ресурсами.

Достоверность результатов исследования обусловлена представительностью материала, использованием аналитических данных, полученных в аккредитованных лабораториях, применением современных технологий их обработки и интерпретации, использованием международных стандартов и согласованностью результатов анализа. Эмпирическую базу исследования составили данные, полученные в океанографических экспедициях, а также данные регулярных и специальных гидрометеорологических наблюдений и результаты анализа этих данных. Для получения натурных данных использовалось современное измерительное оборудование, достоверность полученных результатов обеспечивается применением апробированных методик отбора и анализа образцов, представлением результатов на научных конференциях и их опубликованием. Достоверность и обоснованность результатов научных исследований обеспечена также корректным использованием экспериментальных сведений, расчетно-аналитических методов и методов анализа физических и геохимических процессов, а полученные результаты коррелируются с фундаментальными положениями органической и неорганической геохимии.

Личный вклад автора. Автор осуществила полный цикл исследовательской работы начиная с формирования идеи и постановки задач, выполнила сбор, подготовку исходной информации и формирование массива данных, первичную обработку и анализ, а также сопоставление и верификацию, произвела расчёты, графические построения, визуализацию, провела общий анализ данных и обобщение результатов, подготовку полученных результатов к картографированию и опубликованию с соавторами в научных журналах, участвовала в полевых работах, представляла основные результаты на семинарах и научных конференциях.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы освещены на российских и международных конференциях, семинарах, научных школах, изложены в работах, опубликованных автором в 17 трудах, материалах и сборниках докладов, в 6-ти статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК), а также в зарубежном рецензируемом издании.

Соответствие диссертации паспорту специальности. В диссертационной работе представлены результаты многолетних исследований, соответствующих паспорту научной специальности 1.6.17. «Океанология» (Науки о Земле и окружающей среде).

Диссертация соответствует следующим пунктам направления исследований: 8. Закономерности переноса вещества и энергии в океане. 9. Взаимодействие в системе литосфера – гидросфера – атмосфера. 10. Природные ресурсы океана, их рациональное использование. 13. Методы оценки экологически значимых гидрофизических и гидрохимических характеристик вод океана, оптимальных условий существования морских экосистем, защиты ресурсов океана от истощения и загрязнения.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертация состоит из оглавления, Введения, 4 глав с выводами по каждой главе, заключения, списка сокращений, библиографического списка, состоящего из 264 наименований, в том числе 73 – на иностранных языках, списка иллюстративного материала и приложений. Работа изложена на 295 страницах, содержит 143 рисунка, 24 таблицы, 2 приложения.

Благодарности.

Автор искренне благодарна своему научному руководителю – доктору геолого-минералогических наук Р.Б. Шакирову за чуткое руководство научной деятельностью, всестороннюю поддержку и помошь при написании работы, обсуждение результатов, большое участие в формировании научного мировоззрения, созданные условия для выполнения диссертации, а также коллективу лаборатории газогеохимии ТОИ ДВО РАН за помошь и ценные советы, особая признательность Е.В. Мальцевой за практические рекомендации.

Автор благодарна коллективу ФГБУ «ВНИИОкеангеология» и особенно Б.Г. Ванштейну, В.Д. Каминскому, А.Н. Смирнову за обучение методам аналитической работы и приемам интерпретации результатов, практические навыки, методическую, информационную и консультативную поддержку, полезное обсуждение работы, ценные советы, а также выражает благодарность ИО РАН – А.Г. Зацепину, И.А. Немировской, А.Ю. Иванову, за совместную работу над публикациями, возможность работы с первичными данными, В.П. Шевченко, С.К. Гулеву, П.О. Завьялову за наставничество и ценные рекомендации. Автор выражает глубокую признательность за многолетние поддержку и сотрудничество, за оказанную помошь в процессе работы над диссертацией и в обсуждении результатов заслуженному геологу Российской Федерации, заслуженному деятелю науки, академику Российской академии горных

наук, Российской академии естественных наук, Российской академии технологических наук, доктору технических наук И.Ф. Глумову и всему коллективу АО «СЕВЕРНЕФТЕГАЗ». Особая благодарность НП «КОНЦ ЕЭС» за поддержку идей, критический анализ работы, обмен мнениями. Автор выражает глубокую признательность Северо-Западному филиалу ФГБУ «НПО «Тайфун», Институту Карпинского, ФГБУ «ААНИИ» за всестороннюю помощь при выполнении исследовательской работы. Очень полезным и ценным для автора являлось сотрудничество с сотрудниками ФГБУ «ГОИН»: И.В. Земляновым, А.Н. Коршенко, Н.А. Чекменевой. Автор искренне признателен сотрудникам ФГБУ «Мурманского УГМС» за выполнение химико-аналитических и других лабораторных исследований отобранных образцов и проб компонентов природной среды по ВПМ и ГСН и другим организациям Росгидромета. Проведение исследований было бы невозможно без методической, информационной и консультативной поддержки коллег из ведущих научно-исследовательских геологических институтов, организаций и компаний: АО «МАГЭ», ФГБУ «ВНИГНИ», ООО «ЦМИ МГУ», Морской филиал ФГБУ «РОСГЕОЛФОНД», ГЕОХИ РАН, Норвежский институт морских исследований (Institute of Marine Research (IMR), которым автор приносит искреннюю и глубокую благодарность за содействие.

Автор искренне благодарит научный и судовой состав экспедиций, принимавший участие в получении данных. Огромная благодарность семье за вдохновение, каждодневную помощь и поддержку, а также всем остальным, чье имя я не упомянула, но о ком помню с любовью, благодарностью и уважением.

Радиолокационный мониторинг проведен в рамках проекта РФФИ № 18-55-20010, спутниковые данные ГК СКАНЭКС (SCANEX), права на которые принадлежат Европейскому космическому агентству (ESA).

В рамках исследования представлены научные результаты, соответствующие основным задачам проекта «Геосистемы и минеральные ресурсы переходных зон «континент-океан» и открытого океана» (ГЕОМИР) “GEOSYSTEMS AND MINERAL RESOURCES IN THE TRANSITION “CONTINENT-OCEAN” ZONES AND OPEN OCEAN” (GEOMIR, ID 164), национального плана действий в рамках Десятилетия ООН наук об океане в интересах устойчивого развития (2021 – 2030 гг.).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В Введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, изложены основные защищаемые положения.

В первой главе охарактеризован современный ресурсный потенциал исследуемого района и изученность геологического строения прилегающего шельфа, определены первоочередные направления развития исследований, приведены данные о физико-географических и геологических условиях, нефтегазоносности района исследований.

Во второй главе представлена общая характеристика информационного массива, методов и данных исследования и их описание, перечислены основные характеристики измерительных приборов, параметры измерений, сроки, географический район съемок, представлено описание фактического материала, описывается технология анализа данных, приведены результаты анализа контактных (подспутниковых) данных, результаты совместного анализа данных дистанционного зондирования о нефтяном загрязнении и подспутниковых судовых измерений нефтяных углеводородов в Баренцевом, Норвежском, Гренландском морях и прилегающем шельфе. Приведен анализ результатов океанологических и гидрометеорологических наблюдений на участках детализации, лимитирующих факторов процесса эволюции геохимических полей, в том числе для уверенной идентификации исследуемых компонентов газогеохимического поля. **Третья глава** посвящена анализу вариаций газонасыщенности донных осадков и воды придонно-пограничного слоя. С целью изучения возможных природных поступлений углеводородной разгрузки изучена изменчивость геохимических параметров углеводородных газов (метана и его гомологов) на основе анализа данных по результатам профильной газогеохимической съемки, выполненной ФГБУ «ВНИИОкеангеология». В **четвертой главе** проведен анализ распределения углеводородных газов, изучены локальные особенности, вариации газонасыщенности по результатам данной газовой съемки. **Заключение** отражает обобщенные выводы по результатам исследования.

Краткая характеристика объекта исследования

Объектом исследования является акватория нефтегазоносных районов Баренцева моря с детализацией для Кольско-Канинской моноклинали, расположенной на северном шельфовом склоне Кольского полуострова, а также районы шельфов Норвежского, Гренландского и Печорского морей. Эти исследования имеют особое значение для шельфовых зон Мирового океана в связи с их высоким нефтегазогенерационным потенциалом, и как следствие, интенсивным промышленным освоением. Таким образом, районы проведения работ представляют особый интерес.

Баренцево море является самым западным среди российских арктических морей, непосредственно связано с водами Северной Атлантики и обладает самым широким и глубоким шельфом в мире, что во многом объясняется его геологическим строением и особенностями развития в четвертичное время. Строение дочетвертичного цоколя Баренцева моря расположено в пределах коры континентального типа докембрийского возраста, имеющей гетерогенное строение. В пермское и мезозойское время земная кора претерпела несколько этапов деструкции. Выделяются районы с возрастом формирования континентальной коры архейского, гренвильского и байкальского возрастов. Первая развита в пределах подводного продолжения Восточно-Европейской платформы, вторая — на Баренцевоморской (Свальбардской) плите, третья — в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Северная часть Баренцева моря

в тектоническом отношении приурочена к Сvalьбардской плите, фундамент которой представлен добайкальскими комплексами, выступающими на поверхность на востоке арх. Шпицберген, на о-вах Медвежий, Северо-Восточная Земля, Белый и на арх. Новая Земля. В южной и западной краевых зонах плиты фундамент переработан гренвильскими движениями (880–1000 млн лет - ранний неопротерозой) с четко выраженным перерывом и несогласием на границе с поздним рифеем и вендром, а на крайнем западе и юго-западе, в непосредственной близости к складчатым поясам арх. Шпицберген и северной части Скандинавского полуострова, – каледонскими движениями. Сvalьбардская плита отделена от пород каледонского возраста, слагающих северную часть Скандинавского полуострова, принадлежащую Норвегии, Нордкапско-Медвежинским прогибом, которому в современном рельефе отвечает Медвежинский прогиб, открывающийся на континентальный склон в сторону Атлантического океана [Геология Шпицбергена, 2007]. Изучаемый район рассматривается с точки зрения хозяйственной деятельности и состояния ресурсной базы, изучаются основные потенциальные структурные объекты современного ресурсного потенциала, а также основные свойства нефтяных углеводородов в морской воде. Так, нефть в морской среде, как известно, находится в различных миграционных формах: поверхностных пленках, эмульсиях, нефтяных агрегатах (комочках), в растворенном виде, а также в форме, поглощенной взвесями и донными отложениями. Количественное соотношение этих миграционных форм нефти в морской среде определяется множеством факторов и зависит как от состава и свойств самой нефти, так и от условий ее поступления в водный объект, а также от его гидрометеорологических, гидродинамических особенностей и прочих факторов, рассматриваемых в Главе 1, в которой исследованы общие закономерности распространения и распределения углеводородов.

Облик шельфа Мирового океана формируется под воздействием современных экзогенных процессов, в которых принимают участие загрязняющие вещества как неотъемлемая часть терригенной составляющей осадочного вещества во взвешенной, коллоидной, растворенной формах. Возвращаясь к гидрологической и морфоструктурной характеристике акватории, описанных ранее различными авторами [Биогеохимия..., 1982; Павлидис и др., 1998; Романкевич, Ветров, 2001], отметим, что для Баренцева моря характерно преобладание процессов механической дифференциации осадочного материала над химической и биогенной. Соответственно, вещественный состав донных отложений, характеризующийся специфическими чертами полярного литогенеза, в первую очередь определяется геологическим строением и литолого-петрографическим составом пород, слагающих побережье, дно и острова бассейна [Кленова, 1960; Биогеохимия..., 1982; Яшин и др., 1990; Павлидис и др., 1998]. При этом, к настоящему моменту вклад эндогенной составляющей в поставке нефтяных углеводородов в Арктических морях изучен слабо и носит фрагментарный характер.

Органо-geoхимические исследования, выполненные по разрезу скважины на Штокмановском ГМК, показали, что мигрирующие газы являются своего рода эллюентом, экстрагирующим из пород различные элементы, в особенности полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) [Петрова, 1999]. Детальные битуминологические и изотопные исследования позволили подтвердить эндогенный характер первичного глубинного флюида типа «нефтяных вод» [Соловьев и др., 1999].

Основные результаты работы отражены в защищаемых положениях:

1. Пространственное распределение углеводородов в донных осадках шельфов Норвежско – Гренландского и Баренцевоморского бассейнов носит закономерный характер и обусловлено геологическим строением, тектоническими и гидро – геологическими факторами, контролирующими содержание углеводородов в пределах изучаемых районов, что позволяет прогнозировать их скопления в верхней части осадочного чехла.

Анализ данных океанологических работ, геологического опробования, гидрометеорологических и геофизических исследований дает основание полагать, что влияние на распределение и состав УВ в толще донных осадков и в придонном слое воды могли оказывать разгрузки флюидных источников. Обобщение полевых материалов, спутниковых снимков и данных из литературных источников позволило построить карты-схемы полей распределения УВ, в том числе в соотношении с контекстным окружением [Александрова, Иванов, 2022], а также полей аномальных УВ газов.

Анализ латеральной изменчивости содержания УВ указывает на достаточно сложную картину распределения, отражающую многообразие источников поступления и факторов, контролирующих перемещение и накопление УВ. На итоговых обобщающих картах латеральной изменчивости отчетливо видны две зоны максимальных значений: западная и восточная. Кроме того, отмечается участок повышенных концентраций в Кольском заливе и на прилегающей к нему акватории [Александрова и др., 2021; Александрова, Иванов, 2022]. Влияние на распределение и состав УВ в толще осадков и в придонном слое воды могли оказывать разгрузки флюидных потоков: аномалии в распределении УВ отмечены на отдельных станциях у арх. Шпицберген и в Медвежинском желобе моря – за счет точечного влияния потоков УВ из толщи осадков и может быть признаком природных нефтепроявлений [Иванов, 2019; Кучейко и др., 2020; Немировская, Александрова, 2021]. Известно, что УВ могут мигрировать во флюидных потоках, как отдельная фаза по порам осадочных пород, и оставлять geoхимический след в поверхностных осадках благодаря аккумуляции, особенно в местах газовой разгрузки [England, 1987; Петрова и др., 2010; Немировская и др., 2020; Немировская и др., 2021]. В этой связи несомненный интерес представляет анализ больших групп, мест концентрации пятен пленочных нефтяных загрязнений, выявленных по данным спутниковой радиолокации (РЛ) с учетом районов хозяйственной деятельности, в том числе судоходства и рыболовства,

в сопоставлении с подспутниковыми данными контактных измерений углеводородов в Баренцевом и Норвежском морях, пример представлен на рисунке 1. Наряду с существующими на сегодняшний день выводами о сравнительно незначительной степени загрязнения Баренцева и сопредельных морей, становится все более очевидной необходимость усиления регионального мониторинга и дальнейшего изучения пространственно-временной изменчивости содержания и распределения нефтяных углеводородов в море в связи с возрастающим техногенным воздействием.

По результатам работы с данными радиолокации (радиолокационными изображениями) выполнено географическое картирование районов с потенциальными для пленочного нефтяного загрязнения уязвимыми зонами вблизи судоходных линий [marinetraffic.com], показано соответствие прибрежных районов с загрязнением зонам активного судоходства, а также обнаружено наличие подводных источников природных нефтепроявлений [Кучейко и др., 2020].

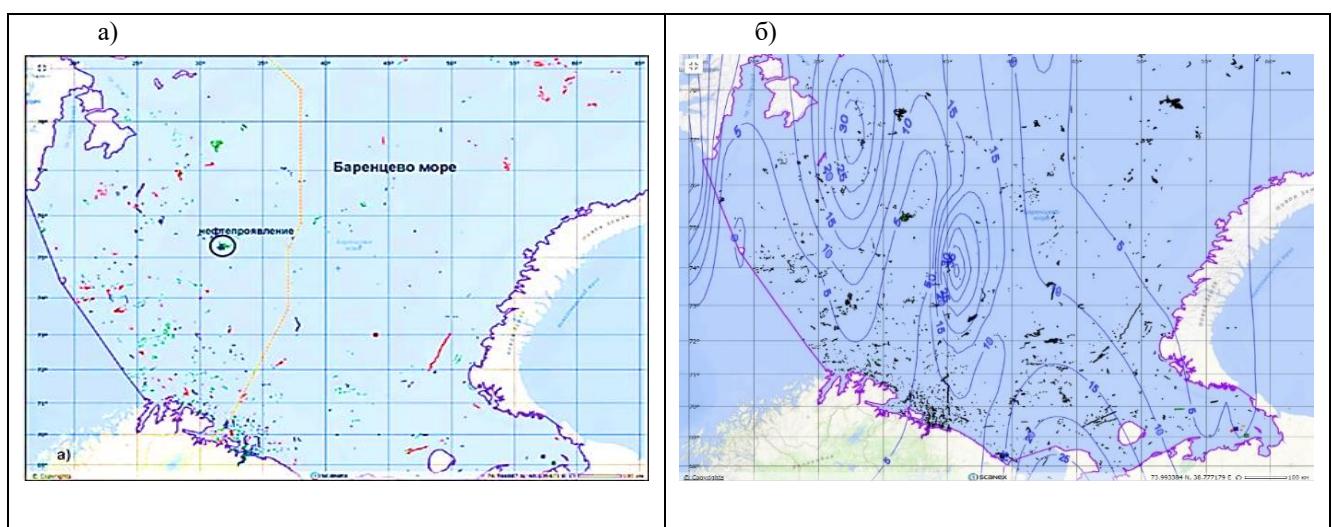


Рисунок 1. Результаты анализа данных спутниковой радиолокации в изучаемом районе:

а) Пленочные нефтепроявления, обнаруженные в российском секторе Баренцева моря в рамках радиолокационного мониторинга пленочных нефтяных загрязнений. © ESA [Кучейко и др., 2020]; б) Сводная карта распределения пленочных нефтяных загрязнений, обнаруженных в рамках спутникового радиолокационного мониторинга, и содержания углеводородов (в мкг/л) в поверхностном слое воды по данным судовых измерений 2016-2020 гг. © ESA [Александрова, Иванов, 2022]

Определение углеводородных фоновых концентраций для пелагических и прибрежных морских вод остается важной задачей, которая, может быть реализована на основе радиолокационной съемки, позволяющей осуществлять мониторинг загрязнения вод арктических морей, а также природных нефтепроявлений и прежде всего, в районах нефтегазодобычи на шельфе.

Полное и детальное обоснование первого защищаемого положения далее представлено во взаимосвязи с последующими главами и положениями.

2. Полимодальный характер распределения метана и суммы его гомологов в акватории Баренцева моря в пределах Кольско-Канинской моноклинали указывает на присутствие сингенетической (биогенной) и эпигенетической (глубинной) составляющей, среди которых преобладает эпигенетическая составляющая, обусловленная наличием скоплений углеводородов в разрезе осадочного чехла. В пределах Кольско-Канинской моноклинали на трех лицензионных участках (Кольский 1, Кольский 2, Кольский 3) АО «Севернефтегаз» были выполнены профильные газо-гидрогеохимические исследования, предусматривающие отбор проб донных осадков и воды из придонно-пограничного слоя водной толщи. Общая схема проведения экспедиционных исследований, оборудование и параметры по данным ФГБУ «ВНИИОкеангеология» приведены в таблице 1.

Таблица 1. Комплекс методов, использованных при проведении газогидрогеохимической съемки на лицензионных участках в пределах Кольско-Канинской моноклинали

Методы	Оборудование	Параметры
Геофизические методы	Профилограф Сонар Сейсмо-акустический комплекс	Поверхность морского дна Разрез верхней толщи осадков (до 100м)
Геологическое опробование донных осадков	Гравитационная трубка Бокс-корер Грейфер»Ван-Вин»	Литология Инженерно-геологические свойства осадков С _{орг} Содержание УВ газов Содержание ароматических УВ Содержание и состав УВЖ Содержание тяжелых металлов и ртути
Зондирование водной толщи и отбор проб воды	Система дегазации проб Анализатор суммы ароматических УВ СТД – система	Температура, соленость, кислород, плотность рН, биогены, металлы во взвешенной и растворенной форме, УВ газы, содержание ароматических УВ

В нефтегазогеологическом отношении выделенные локальные объекты (аномалии типа «риф») расположены в пределах Кольской, возможно нефтегазоносной, области. Данная область в пределах российской части шельфа является слабоизученным геологическим объектом, в которой к настоящему времени промышленная нефтегазоносность не установлена. На западе Кольская моноклиналь продолжается в пределы норвежской части шельфа, где имеет название платформы Финнмарк, на которой получены непромышленные и промышленные притоки нефти соответственно из рифогенных известняков верхне-каменноугольного и верхнепермского возраста. Целевым назначением исследований являлось выявление и уточнение контура возможной нефтегазоносности органогенных рифовых построек, выделенных по данным сейсморазведки: структуры № 1 (Кольский-1), структуры № 9 (Кольский-2) и структуры № 12

(Кольский-3) и уточнения мест заложения поисковых скважин в пределах этих структур. Исходя из целевого назначения, геологической задачей являлось выявление в донных осадках, на поверхности дна, а также в придонном водном слое «живых» эпигенетических аномалий жидких (нефтеподобных) и газообразных углеводородов, мигрирующих из их скоплений в результате современных флюидных разгрузок минерализованных вод, как необходимой основы для прогнозной оценки нефтегазоносности рифогенных построек. Решение данной задачи осуществлялось путем анализа и обобщения результатов морских геохимических исследований в комплексе с результатами сейсмоакустического и гидролокационного зондирования по профилям, совмещенным с сейсмическими профилями МОВ ОГТ и пересекающим рифогенные постройки вдоль и вкрест их простирации. Анализ сводной выборки содержаний метана указывает на полимодальный характер его распределения. При этом различия по содержанию метана и суммы его гомологов являются статистически значимыми.

Сопоставление изменения средних значений содержания метана и суммы его гомологов указывает на существенное влияние сингенетического (биогенного) накопления метана, что проявляется практически в отсутствии коррелированности средних значений метана и суммы его гомологов как в донных осадках, так и в придонно-пограничном слое водной толщи (рисунок 2а, 3а). В то же время, повышенные содержания метана и суммы его гомологов свидетельствуют о возможном наличии скоплений углеводородов нефтяного типа в разрезе осадочного чехла (рисунок 2а, 3а). Наиболее отчетливо последнее проявляется при рассмотрении коррелированности содержаний метана и суммы его гомологов на бинарных диаграммах этих переменных (рисунок 2б, 3б), а также рассчитанными коэффициентами корреляции, что свидетельствует о едином процессе их поступления и, как следствие – наличии скоплений залежей УВ в разрезе осадочного чехла.

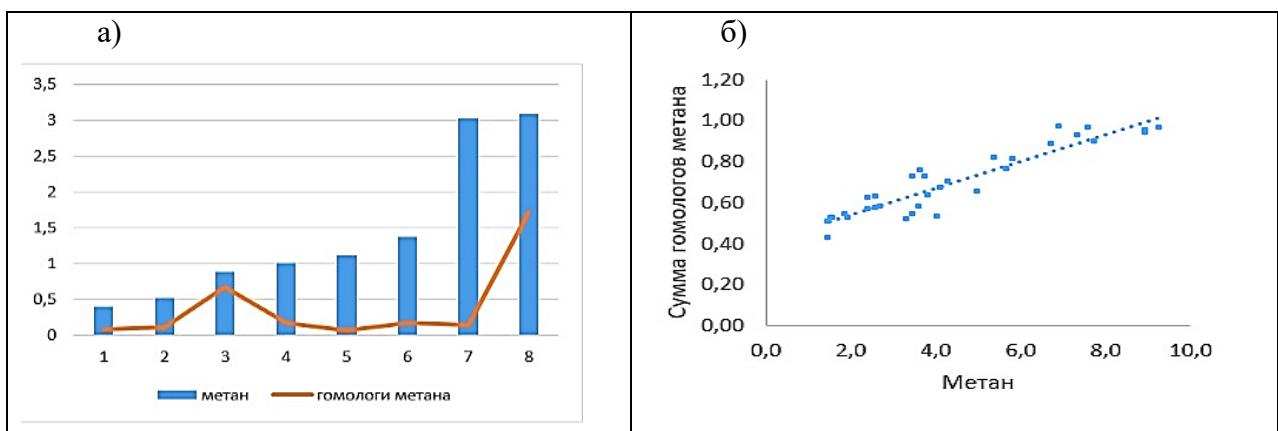


Рисунок 2. (а) Изменение средних содержаний метана и суммы его гомологов в газовой компоненте донных осадков и (б) Соотношение (коррелированность) содержаний метана и суммы его гомологов в газовой компоненте донных осадков.

Примечание: $r = +0,92$ – значим при 0,01 уровне значимости

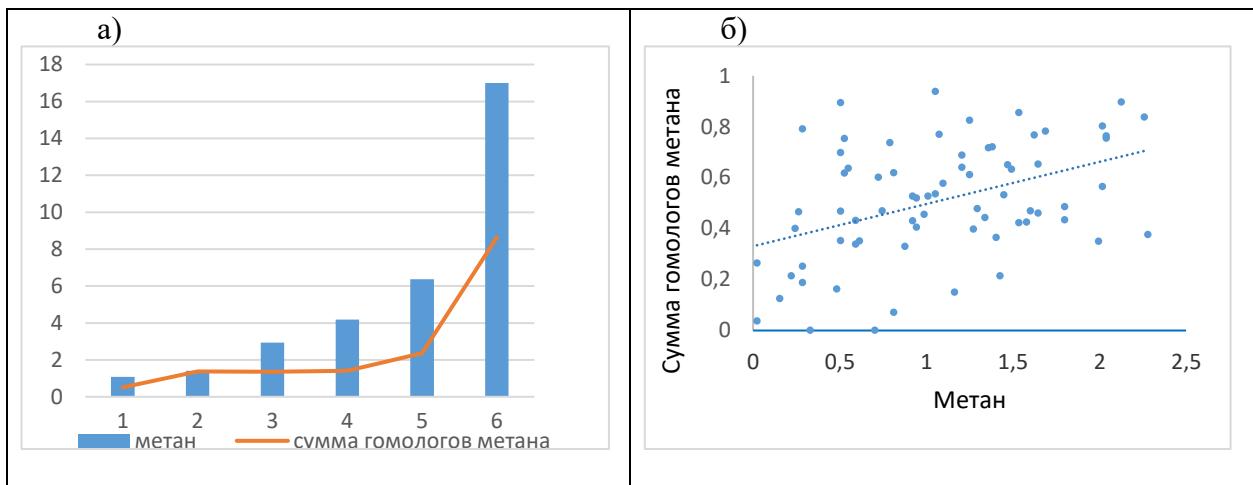


Рисунок 3. (а) Изменение среднего содержания метана и суммы его гомологов в газовой компоненте воды из придонно-пограничного слоя водной толщи, где 1 - 6 – выделяемые совокупности. (б) Соотношение (коррелированность) содержания метана и суммы его гомологов в газовой компоненте в воде придонно-пограничного слоя водной толщи

Соотношение биогенного (сингенетической компоненты) и термогенного (эпигенетической компоненты) метана в исследуемых образцах наиболее наглядно иллюстрируется на диаграмме, характеризующей генетический тип метана по изотопному составу углерода и водорода [Whiticar M.J., 1999] по шкалам $\delta^{13}\text{C}$ и δD , приведенной на рисунке 4. Значения $\delta^{13}\text{C}$ и δD в исследованных образцах изменяются незначительно от образца к образцу. На диаграмме измеренные значения лежат между полями, характеризующими метиловый тип ферментации метаногенеза и «смешанной и переходной областью». Это может свидетельствовать о физическом смещивании двух пулов метана: генерации бактериального метана и миграции термогенного газа.

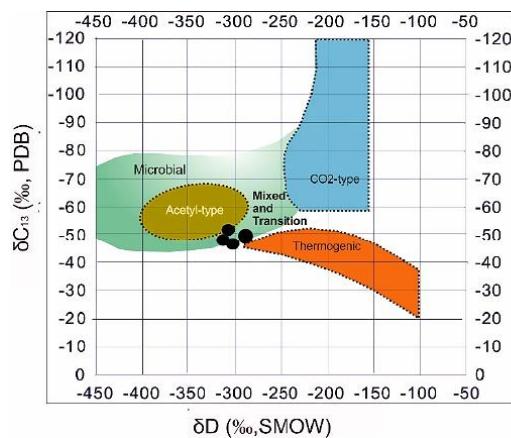


Рисунок 4. CD диаграмма генетической классификации газов [Whiticar M.J., 1999]

Относительно «легкие» значения δD (<-300 ‰) указывают на значительный вклад микробиологического опосредованного метаногенеза, питаемого свободной уксусной кислотой,

которая является повсеместным продуктом аноксигенной бактериальной жизни. Последнее описывается реакцией $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}^+ = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$, которая типична для озерной анаэробной среды. В то же время присутствие «тяжелых» значений $\delta^{13}\text{C}$ (-48,7 ‰ в среднем) может указывать на присутствие эпигенетического (миграционного) метана.

Эпигенетический метан, обедненный изотопом C12, может быть связан с двумя основными источниками: термогенным, мигрирующим из нефтяных месторождений, или abiогенным метаном, генерируемым по реакции Фишера – Тропша. В последнем случае метан непосредственно наследует изотопный состав карбонатной составляющей (CO_2 , HCO_3^{2-}), что приводит к обнаружению относительно «тяжелых» значений $\delta^{13}\text{C}$ в метане. Изотопное фракционирование метана может происходить вследствие микробного окисления и приводит к коррелированности высоких значений $\delta^{13}\text{C}$ с пониженными значениями $\text{C}_1/\Sigma\text{C}_2-\text{C}_5$, что находит отражение на диаграмме Бернарда (рисунок 5).

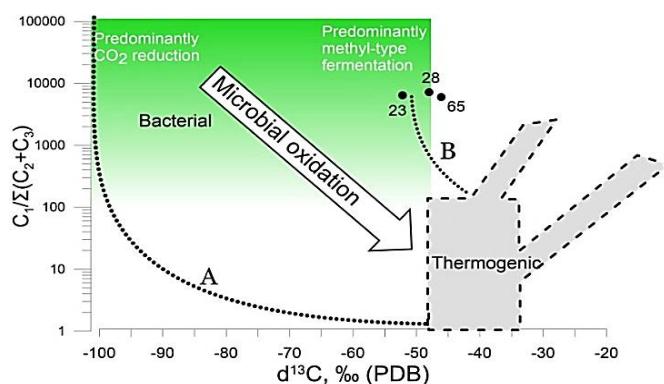


Рисунок 5. Диаграмма Бернарда для обнаружения основных кинетических тенденций [Гончаров и др., 2023; Bernard, 1976]

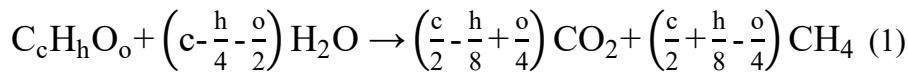
3. Расчет объема поступления метана в придонно-пограничный слой водной толщи в связи с разложением органического вещества в процессе диагенеза в пределах локальных участков Баренцевоморского шельфа с последующим его окислением позволяет дать геэкологический прогноз метановых разгрузок как на отдельных участках (Кольский шельф, Печорское море), так и для всей акватории.

Значительный интерес представляет оценка ресурсов биогенного метана в современных донных осадках, образующегося при разложении органического вещества. Эти исследования были проведены на Долгинском нефтяном месторождении в Печорском море, а также на лицензионных участках Кольско - Канинской моноклинали (участки детализации).

В ходе газогеохимической съемки были отобраны пробы для содержаний органического углерода. В пределах исследуемых участков распределение органического углерода в поверхностном слое осадков находится в прямой корреляционной связи с их гранулометрическим составом, что типично для осадков баренцевоморского региона

и характеризуется незначительным диапазоном вариаций содержания С_{орг} ($\pm 0,40\%$), что свидетельствует о сходстве лито-фациальных условий осадконакопления в изученных районах.

При расчете объема метана, образующегося при полном разложении органического вещества (ОВ), нами использовалось упрощенное уравнение Басвелла:



Исходя из средних содержаний С_{орг} (ТОС) и плотности осадка (ρ_{oc}) предварительно на основе полученных данных рассчитывается масса органического вещества (mOB) на 1 м³ осадка по формуле (2):

$$mOB = \frac{TOC \cdot \rho_{oc}}{12,0096 \cdot 100} \cdot (12,0096 + 1,008 \cdot a + 15,999 \cdot b), \text{ г} \quad (2)$$

где ТОС - содержание С_{орг}, %; ρ_{oc} - плотность осадка, т/м³, 12,0096, 1,008 и 15,999 – атомные веса углерода, водорода и кислорода соответственно; а и б – соотношения (H/C = 1,25) и O/C = 0,12 соответственно.

Далее используя уравнения (1), рассчитывается объем метана на 1 м³ (удельный объем метана V_{CH4}) при полном разложении ОВ при нормальных условиях (н.у.) по формуле (3):

$$V_{CH_4} = \frac{22,4 \cdot mOB \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{h}{8} - \frac{o}{4}\right)}{1000 \cdot (12,0096c + 1,008h + 15,999o)}, \text{ м}^3 \quad (3)$$

где 22,4 – молярный объем газа при н.у. л/моль; с, h и o – индексы в формуле ОВ C_cH_hO_o в уравнении Басвелла (1).

В расчетах массы ОВ нами приняты следующие соотношения:

H/C = 1,25 и O/C = 0,12 и плотность осадка - 1,7 т/м³.

При этом: н.у. - 0 С (273 К), 1 атм. Площадь опробования донных осадков (1) = 10 см.

H/C (a) = 1,25; O/C (b) = 0,12; Плотность осадка (ρ_{oc}) = 1,7 т/м³

Например, площадь участков на Кольско-Канинской моноклинали (ККМ) составляет: Кольский-1 (1150 кв. км), Кольский-2 (1100 кв. км) и Кольский-3 (2300 кв. км). Общая площадь трех участков составляет 4550 кв. км. Рассчитанный потенциальный объем метана при разложении органического вещества по модам ТОС равен изложенному в таблице 2.

Таблица 2. Потенциальный объем метана при разложении органического вещества (по модам)

KKM		
TOC, %	V(CH ₄) уд, м ³ /м ³ осадка	V(CH ₄), м ³
0,91	18,07	8,22
0,62	12,31	5,6

Прогнозируемые ресурсы ККМ-категории D2 отражают потенциальную возможность открытия месторождений нефти и газа в регионе, промышленная нефтегазоносность которого не доказана, используются для проектирования региональных геологоразведочных работ на нефть и газ и по градации месторождений соответствуют средним (от 5 до 30 млрд. м газа).

4. Наличие локальных аномалий концентрации углеводородных газов в донных осадках и в придонно-пограничном слое водной толщи в пределах южной части Баренцевоморского шельфа свидетельствует об унаследованности их эмиссии из донных осадков в придонно-пограничный слой водной толщи и указывает на наличие глубинных газовых эманаций связанных с залежами углеводородов в разрезе осадочного чехла.

Комплексный анализ газо-гидрогеохимических данных и сейсмоакустических профилей в пределах концессионных участков Кольско-Канинской моноклинали и их корреляция со структурой верхней части осадочного чехла указывает на наличие аномалий полей углеводородов как в донных осадках, так и в придонном слое водной толщи, а также находит отражение в структуре водной толщи. Последнее наиболее наглядно иллюстрируется при рассмотрении результатов газо-гидрогеохимических исследований на профиле 159914, расположенном вкрест простирания структуры.

На данном временном сейсмическом разрезе выделяется рифогенная постройка, в юго-западной части профиля наблюдается малоамплитудный антиклинальный перегиб в верхней части осадочного чехла. К фланговым частям описанной структуры приурочены разрывные нарушения, ярко проявленные в волновом поле в виде зоны потери корреляции сейсмоакустической записи. В сейсмоакустическом разрезе наблюдается понижение кровли коренных пород и связанная с ним акустически прозрачная зона (рисунок 6), пространственно согласующаяся с рифогенной постройкой пермского возраста, установленной по данным МОВ ОГТ на глубинах TWT 1100 миллисекунд. К рифогенной постройке приурочены разломы, которые, по-видимому, разбивают ее на три блока. Эти разрывные нарушения, проявленные на сейсмоакустическом разрезе, являются проводящими каналами миграционных компонентов из скоплений углеводородов в разрезе осадочного чехла. Одна из вертикальных зон разломов и трещин, пересекающих на глубине 1100-1200 мс рифогенную структуру, характеризуется наличием «яркого пятна», связанного с просачиванием флюидов минерализованных вод. Характер распределения жидких углеводородов в донных осадках, коррелируется с разрывными нарушениями, показанными на сейсмоакустическом разрезе. Газообразные углеводороды в аномальных концентрациях смешены к юго-западной части постройки, осложненной разрывными нарушениями, с которыми коррелируются и аномальные концентрации ртути. Железо и марганец в донных осадках создает повышенные концентрации, также коррелирующиеся в целом с рифогенной постройкой. В структуре водной толщи проявлены все признаки субмаринной разгрузки минерализованных вод в виде температурных инверсий,

коррелирующиеся с контурами рифогенной постройки. Аномалии по жидким ароматическим углеводородам в придонной воде коррелируются с зоной разломов в юго-западной части рифогенной постройки. Аналогичная картина наблюдается и в характере распределения солености и концентраций кислорода. В распределении газообразных углеводородов интенсивная аномалия по метану полностью коррелируется с контуром рифогенной постройки, также аномальные значения pH и концентрации Hg коррелируются друг с другом и также целиком согласуются с контуром рифогенной постройки. Приведенные данные однозначно свидетельствуют как об унаследованности газообразных УВ в донных осадках и придонно-пограничном слое водной толщи, так о связи выявленных аномалий со скоплениями нефти в рифогенной постройке и проявлениями газообразных углеводородов в разрезе осадочного чехла.

В разделе «**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**» представлены основные научные и практические результаты и выводы, полученные при выполнении данной диссертационной работы.

Комплексное использование данных, различных по своей физической природе, примененный в работе рациональный комплекс методов, включающий газовую съемку, дополненный контактными наблюдениями и спутниковым мониторингом позволил восстановить целостную картину процессов и явлений, происходящих в изучаемых нефтегазоперспективных районах на Арктическом шельфе, которые были выбраны в целях исследования. По итогам работы сформированный массив данных позволил достоверно описать пространственную и временную изменчивость содержания углеводородов в изучаемых районах. Подтверждается, что сходство состава и интенсивности углеводородных газогеохимических полей и геологических типов газопоявлений Баренцева и Норвежского морей определяется балансом источников углеводородов в этих морях и сейсмотектонической активностью их геоструктур, а их отличия связаны с региональными особенностями и зависят от изменчивости окислительно-восстановительных условий осадконакопления и эндогенных потоков из осадочной толщи. По данным совместного анализа спутниковых и подспутниковых наблюдений отмечены локальные участки предполагаемых нефтепоявлений, требующие дальнейшего регионального геологического исследования и обоснования. На примере ККМ Баренцева моря зафиксировано влияние потоков метана и других углеводородных газов на окружающую среду, контролируемых гидрологической структурой и динамикой вод моря.

Установлено, что в основном характеристики газогеохимических полей региона определяются его геологическим строением, тектоническими, гидрологическими, геологическими факторами, что позволяет широко применять их как индикаторы геоструктур и углеводородных скоплений.

На этой основе выделены аномальные газогеохимические поля, имеющие полигенетический состав с различным сочетанием миграционных индикативных компонентов.

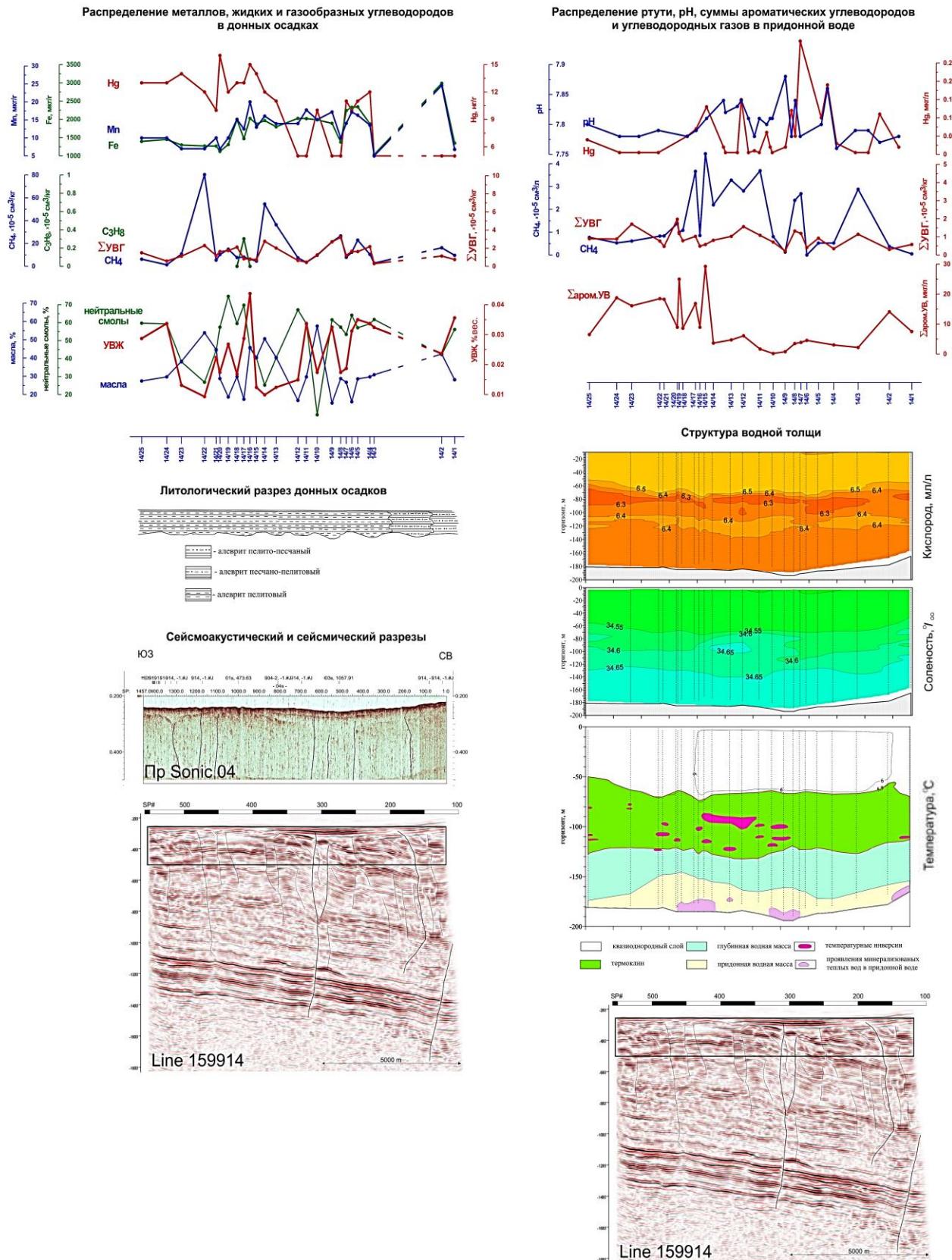


Рисунок 6. Результаты комплексных исследований по профилю 159914 [по данным ФГБУ «ВНИИОкеангеология»]

Результаты работы показали, что пространственное распределение углеводородов в современных донных осадках шельфов Норвежско - Гренландского и Баренцевоморского бассейнов носит закономерный характер и обусловлено геологическим строением, тектоническими и гидрогеологическими факторами, контролирующими содержание углеводородов в пределах изучаемых районов, что позволяет прогнозировать их скопления и распределение в верхней части осадочного чехла.

Полимодальный характер распределения метана и суммы его гомологов указывает на присутствие сингенетической (биогенной) и эпигенетической (глубинной) составляющей их накопления с преобладанием эпигенетической составляющей, обусловленной наличием скоплений углеводородов в разрезе осадочного чехла.

Сопоставление изменений средних содержаний метана и суммы его гомологов указывает на существенное влияние сингенетического (биогенного) накопления метана, а также присутствие эпигенетической составляющей в накоплении метана и суммы гомологов, что показывает возможное наличие скоплений углеводородов нефтяного типа в разрезе осадочного чехла и, следовательно, может свидетельствовать о связи локальных максимумов с газовыми эманациями из нижележащих горизонтов.

Расчет объема поступления метана в придонно-пограничной слой водной толщи за счет разложения органического вещества в пределах локальных участков Баренцевоморского шельфа с последующим его окислением с выделением углекислого газа позволяет составить геоэкологический прогноз метановых разгрузок как на отдельных участках, так и для всей акватории. Показано, что гидрохимические показатели по жидким ароматическим и газообразным углеводородам в придонной воде и поверхностных донных осадках на всех участках носят миграционный характер, в зонах проницаемости существует вклад глубинных компонентов. Наличие локальных аномалий концентрации углеводородных газов в донных осадках и в придонно-пограничном слое водной толщи в пределах южной части Баренцевоморского шельфа свидетельствует об унаследованности их эмиссии из донных осадков в придонно-пограничный слой водной толщи и указывает на наличие глубинных газовых эманаций, связанных с залежами углеводородов в разрезе осадочного чехла.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ:

1. Каминский В.Д., Супруненко О.И., Смирнов А.Н., Медведева Т.Ю., Черных А.А., Александрова А. Г. Современное ресурсное состояние и перспективы освоения минерально-сырьевой базы шельфовой области российской Арктики//Разведка и охрана недр. – 2016. – № 9.– С. 136–142.
2. Пиотух В.Б., Мысленков С. А., Зацепин А. Г., Александрова А. Г., Соловьев Д. М. Анализ изменчивости сигнала обратного акустического рассеяния по данным ADCP и спутниковых наблюдений в северо-восточной части Чёрного моря. Современные проблемы ДЗЗ из космоса, 15(7). – 2018. – DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-141-152. Variability of the acoustic backscattering from ADCP and satellite observations in the northeastern part of the Black Sea. <https://www.researchgate.net/publication/330440505>.
3. Кучейко А.Ю., Иванов А.Ю., Евтушенко Н.В., Филимонова Н.А., Терлеева Н.В., Ивонин Д.В., Александрова А.Г. Пленочные загрязнения Баренцева моря по данным радиолокационного мониторинга 2017–2019 гг. Ecology and Industry of Russia.– 2020. – Vol. 24. Iss. 7. – P. 48–55.– doi.org/10.18412/1816-0395-2020-7-48-55.
4. Немировская, И. А., Александрова А.Г., Храмцова А.В. Изучение углеводородов в четвертичных осадках Норвежского и Баренцева морей в рейсах НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2016–2020 гг.). // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-запада России. – 2020. – № 7. – С. 124-128. – DOI 10.24411/2687-1092-2020-10718. – EDN BASSCI.
5. Александрова А.Г., Иванов А.Ю. Совместная интерпретация данных спутникового мониторинга пленочных нефтяных загрязнений и подспутниковых измерений углеводородов в Баренцевом море. Геология, география и глобальная энергия. 2022. – № 3 (86). doi 10.54398/20776322_2022_3_106.
6. Александрова А.Г., Демешкин А.С., Александрова Н.В. Региональная изменчивость содержания нефтяных углеводородов в заливе Грен-фьорд (Гренландское море, о-в Западный Шпицберген). ГеоРиск, 2022. – Том XVI, № 2, с. 62–71, <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2022-16-2-62-71>.
7. Александрова, А.Г. Нефтяные загрязнения на морской поверхности (моря Западной Арктики) / А. Г. Александрова, Н. В. Александрова // Геополитика и экогеодинамика регионов.– Т. 9, № 1. – 2023. – С. 221-232. – EDN XVKUHW.
8. Alexandrova, A., Aleksandrova, N., Demeshkin, A. (2025). Dynamics of Total Petroleum Hydrocarbon Content in the Surface Waters of Green Fjord (Greenland Sea). Petroleum and Chemical Industry International, 8(1), 01- 03. <https://doi.org/10.33140/PCII.08.01.02>.

Научное издание

Александрова Алина Георгиевна

1.6.17. Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук на тему:

**Геохимические поля углеводородов нефтегазоперспективных
районов Баренцевоморского и Норвежско-Гренландского шельфа**

Подписано в печать 09.12.2025 г.

Формат 60 × 90 1/16. Тираж 60 экз.

Усл. печ. л. 1,37. Усл. изд. л. 1,0.

Отпечатано с авторского оригинал-макета в ТОИ ДВО РАН

690041, Владивосток, ул. Балтийская, д. 43.

<https://www.poi.dvo.ru>