DOI: 10.24412/2076-6785-2026-3-32-36 УДК 553.98 I Научная статья

Зоны развития грязевых вулканов: геолого-геофизический анализ и их взаимосвязь с нефтегазоносностью (на примере арктических территорий России)

Афанасьева М.А.[1], **Самойлова А.В.**[2]
[1]РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия; [2]Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
anna-samoilova@mail.ru

Аннотация
Исследование рассматривает роль грязевых вулканов в углеводородном балансе планеты, а также их влияние на климат и органический мир. Выводы основаны на опубликованных данных о механизмах формирования грязевых вулканов, рассмотрена также их взаимосвязь с углеводородным потенциалом арктических территорий России (на примере моря Лаптевых). Актуальность разрабатываемой проблемы связана с перспективами разработки нефти и газа, а также с влиянием данных процессов на преобразование геологической среды.

Материалы и методы
База аналитических и научных данных по геологическим особенностям скоплений грязевых вулканов в нефтегазоносных бассейнах мира. Сравнительный анализ природных условий формирования грязевых вулканов и установление взаимосвязи их расположения со скоплениями нефти и газа на примере арктических территорий.

Ключевые слова
грязевые вулканы, нефтегазоносность, изменения климата, формирование нефтегазоносных залежей, море Лаптевых

Финансирование. Работа выполнена в рамках плана НИР ИПНГ РАН (тема «Фундаментальный базис инновационных цифровых технологий прогноза, поиска, разведки и освоения нефтегазовых ресурсов (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования до 2030 года)», номер государственной регистрации 125021302095-2.

Для цитирования
Афанасьева М.А., Самойлова А.В. Зоны развития грязевых вулканов: геолого-геофизический анализ и их взаимосвязь с нефтегазоносностью (на примере арктических территорий России) // Экспозиция Нефть Газ. 2026. № 3. С. 32–36.
DOI: 10.24412/2076-6785-2026-3-32-36

Поступила в редакцию: 15.04.2026

UDC 553.98 I Original Paper

Mud volcano development zones: geological and geophysical analysis and their relationship with oil and gas potential (using the example of the Arctic territories of Russia)

Afanasyeva M.A., Samoilova A.V.
Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
anna-samoilova@mail.ru

Abstract
The study examines the role of mud volcanoes in the hydrocarbon balance of the planet, as well as their impact on the climate and the organic world. The conclusions are based on published data on the mechanisms of formation of mud volcanoes, their relationship with the hydrocarbon potential of the territory is also considered, the relevance of the topic under study is related to the prospects for oil and gas development, as well as the impact of these processes on the transformation of the geological environment.

Materials and methods
A database of analytical and scientific data on the geological features of accumulations of mud volcanoes in the oil and gas basins of the world. Comparative analysis of the natural conditions of formation of mud volcanoes and the establishment of the relationship of their location with accumulations of oil and gas.

Keywords
mud volcanoes, oil and gas potential, climate change, formation of oil and gas deposits.

For citation
Afanasyeva M.A., Samoilova A.V. Mud volcano development zones: geological and geophysical analysis and their relationship with oil and gas potential (using the example of the Arctic territories of Russia). Exposition Oil Gas, 2026, issue 3, P. 32–36. (In Russ).
DOI: 10.24412/2076-6785-2026-3-32-36

Received: 15.04.2026

Грязевые вулканы (ГВ) морского дна являются индикаторами миграционных путей флюидов и состава углеводородных систем. В арктических условиях шельфа Северного Ледовитого океана активность флюидов подвергается сезонным и климатическим колебаниям, что требует интеграции геофизических, геохимических и гидрогеологических данных для картирования зон развития ГВ. В данной работе систематизируются современные представления о механизмах образования ГВ, их морфологии и влиянии на нефтегазоносность региона. Установлены примеры наблюдений ГВ в районе моря Лаптевых, на основании которых возможно

проводить выделение потенциальных зон их развития. Результаты исследований зон развития ГВ позволит осуществить выбор дальнейших направлений буровых работ, где основными индикаторами могут быть приняты миграционные пути и зоны перераспределения флюидов.

Актуальность работы связана с необходимостью проведения комплексных фундаментальных исследований о влиянии грязевого вулканизма на процессы геологического развития региона в свете выявления перспективных объектов для разработки УВ.

Грязевые вулканы на морском дне — это подводные образования, формирующиеся при выбросе газоподобных и мутных флюидов через осадочные толщи под давлением. В условиях Арктики они тесно связаны с активностью в зонах разломов, сопровождающиеся газопроявлениями, а также скоплениями газа в осадочных толщах и присутствием газогидратов. Изучение зон развития ГВ важно для понимания миграционных путей углеводородов, рисков для инфраструктуры и климатического вклада газовых выбросов в региональный и глобальный углеродный баланс.

Грязевой вулканизм представляет собой уникальное геологическое явление, при котором на поверхность Земли поступают газово-водные смеси с обломками пород. Механизм образования грязевых вулканов во многом связан с гидродинамикой среды и давлениями: насыщенная газами мутная суспензия поднимается через пористый пласт, давление газа вызывает разрывы пород и выброс смеси на поверхность дна. Анализ газовой составляющей позволяет установить характер газовой смеси, он относится к биогенному и/или термогенному метану.

Схема грязевого вулкана подробно показана на рисунке 1. В работе А.В. Доманского и В.В. Ершова [1] выполнено математическое моделирование деятельности грязевых вулканов. Основным параметром, определяющим глубины залегания корня грязевого вулкана и источника газа, является проницаемость подводящего канала. Выявлено, что отношение вязкостей газа и водоглинистой брекчии задает основной интервал времени между двумя последовательными извержениями грязевого вулкана. Получены оценки мощности тела вулкана и дана оценка скорости истечения газа из тела вулкана в начале извержения.

Хотя современные грязевые вулканы в достаточной мере изучены, их палеозойские аналоги часто остаются в тени научного внимания. Палеозойская эра была временем формирования многих осадочных бассейнов, и роль грязевого вулканизма в осадконакоплении этого временного промежутка заслуживает детального рассмотрения по ряду причин. Грязевые вулканы, являются важными объектами, связанными с геодинамической обстановкой региона и осадконакоплением. Роль многолетнемерзлых пород в арктических условиях при воздействии грязевого вулканизма приобретает особенное значение, особенно в зонах скоплений газовых гидратов.

В отличие от традиционных вулканов, извергающих лаву и пирокластические материалы, грязевые вулканы являются продуктом флюидодинамических процессов земной коры. Грязевый вулканизм представляет собой процесс естественной дегазации погребенных осадочных толщ, обогащенных рассеянным органическим веществом. Результатом извержения является массовый выброс в атмосферу легких газообразных углеводородов, который сопровождается излиянием смеси воды, грязевых масс, фрагментов пород, а также флюида. Учитывая, что перерождение осадка в породу вызывает изменение не только состава и консистенции вещества, а также его седиментогенной структуры и, в известной мере, микротекстуры. Именно эти характеристики закладываются в основу обнаружения свидетельств древнего грязевого вулканизма [2].

Грязевые вулканы редко бывают одиночными, чаще они группируются в грязевулканические провинции, границы которых коррелируются с зонами развития нефтегазоносности [3, 4]. Общеизвестно, что распределение областей грязевого вулканизма в значительной мере контролируется тектоническими факторами. Наибольшая плотность развития грязевых вулканов установлена в Средиземноморье, Прикаспии и в сопредельных районах. Наиболее изученными пределах нашей страны являются нефтегазоносные провинции Черного и Азовского морей (Таманский и Керченский полуострова).

Взаимосвязь распространения грязевых вулканов с нефтегазоносными бассейнами изучали как отечественные, так и зарубежные исследователи (И.М. Губкин, Н.И. Воскобойников, А.В. Гурьев, А.А. Алиев, И.С. Гулиев, Ф.А. Кадиров, Н.П. Юсубов, Э. Мартонн, Э. Ог). Ученые отмечали, что ареал распространения грязевых вулканов совпадает с наиболее крупными нефтегазоносными бассейнами и соответствующими им элизионными системами. Также установлен механизм образования грязевого вулканизма, который связывают с миграцией углеводородов из нефтегазоматеринских пород в породы-коллекторы, причем каналы грязевых вулканов рассматриваются как основные пути миграции углеводородов.

С 1970-х гг., когда резко возросли технические возможности эксплуатации месторождений на шельфе, акцент в исследовании грязевого вулканизма сместился в направлении подводных вулканических провинций. В этот период были открыты грязевые вулканы в акватории Черного, Средиземного, Северного, Баренцева, Карибского морей, Мексиканского и Бенгальского заливов, в Западной Атлантике и пр. [5].

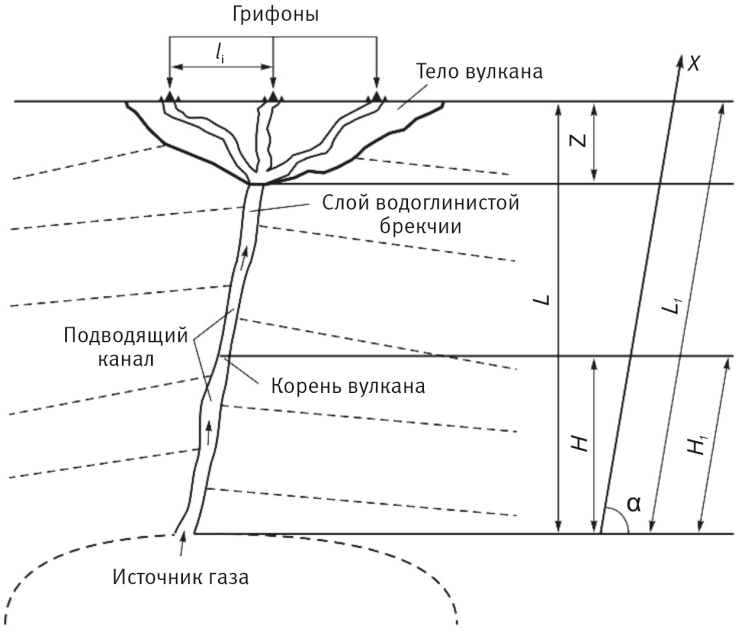
В связи с возрастающей интенсивностью работ на шельфе арктических морей и имеющимися материалами по структурам земной коры разного уровня возникает необходимость проведения систематизации материалов и обобщение результатов исследований с привлечением данных по развитию грязевого вулканизма.

Распознавание древних грязевых вулканов в геологической истории представляет значительную сложность. К основным диагностическим признакам можно отнести наличие брекчиевидных текстур с хаотичным распределением обломков разновозрастных пород; дайкообразные и трубообразные структуры прорыва, секущие вмещающие породы; специфические минералогические ассоциации (аутигенные минералы); геохимические аномалии, включая повышенные концентрации бора, йода, брома; изотопные индикаторы глубинного происхождения флюидов и др.

В палеозойских осадочных комплексах Урала, Аппалачей, и Западно-Европейского бассейна обнаружены многочисленные структуры, интерпретируемые как продукты древнего грязевого вулканизма.

Реконструкции показывают, что в девонском периоде на восточной окраине Восточно-Европейской платформы существовала обширная зона грязевого вулканизма, связанная с ранними стадиями коллизии. Грязевые вулканы этого региона сыграли важную роль в формировании рудоносных черносланцевых толщ и концентрации в них металлов и других полезных ископаемых.

Важной частью исследований является прослеживание зон глубинных разломов,



α — угол падения разломной зоны, L, L1 — глубина залегания и длина подводящего канала, его начало соответствует началу координат, L–H, L1–H1 — глубина залегания и длина слоя водоглинистой брекчии. На поверхности грязевого вулкана отмечены группы грифонов, под которыми находится область тела вулкана

Рис. 1. Схематический разрез грязевого вулкана [1]
Fig. 1. Schematic section of a mud volcano [1]

ограничивающих крупные блоки земной коры и определяющие структурно-формационную зональность осадочного чехла, а также развитие рифтовых прогибов и синеклиз. В свою очередь восстановление последовательности наиболее значимых событий истории геологического развития, оказавших влияние на преобразование структур фундамента, формирование локальных поднятий и определяющих закономерности размещения потенциальных зон развития грязевого вулканизма.

При анализе развития зон развития грязевого вулканизма, важное значение имеет также тектонический режим региона. Анализ тектонических структур Арктического региона позволяет выделить и осуществить ранжирование потенциальных зон развития грязевого вулканизма, что целесообразно осуществлять на материалах современных региональных исследований.

В пределах арктического шельфа выделяются Лаптевский бассейн, Новосибирская система горстов и грабенов, Чукотско-Восточно-Сибирский бассейн и поднятие Де-Лонга, а вдоль его северной окраины система периокеанических структур.

Областью детального исследования являлась северо-западная часть арктического шельфа России, включающая участки моря Лаптевых, с развитой сетью разломов и зон структурной перегрузки, относящиеся к периокеаническим структурам (рис. 2).

Акватория моря Лаптевых характеризуется слабой геолого-геофизической изученностью. Это связано с рядом факторов: географическими и климатическими особенностями, отсутствие глубоких скважин в открытой акватории, низкая плотность сейсмических исследований, сложность тектонического строения, неоднозначность геологических интерпретаций. (существуют разные точки зрения на геологическое строение западной части моря Лаптевых). Это ограничивает возможность получения прямых данных о вещественном составе отложений, их стратиграфической приуроченности и нефтегазогеологических характеристиках.

Специфической особенностью Лаптевского бассейна является наложение этапа рифтогенеза на завершение процесса складкообразования в конце раннего мела. Следовательно, под рифтогенным комплексом оказались захороненными верхние относительно слабо деформированные комплексы подстилающего структурного этажа, которые могут быть потенциальными продуцентами углеводородов. При этом до 80–90 % мощности осадочного чехла приходится на меловые отложения, характеризующиеся в сейсмической записи высокими отражательными свойствами и многочисленными проявлениями пластических и разрывных конседиментационных деформаций. Повсеместно они перекрыты несогласно залегающей толщей кайнозоя с преобладанием в разрезе глинистых отложений. Тем самым реализовывались условия генерации углеводородов, их миграции и скопления в тектонически и стратиграфически экранированных ловушках в бортах прогибов и сводах разделяющих их поднятий. Это прежде всего нижнемеловые и юрские отложения [7, 8].

Также в море Лаптевых встречаются положительные куполообразные формы рельефа меньших размеров, которые иногда называют пингоподобными, диапироподобными, газолитокластическими структурами, подводными буграми пучения или грязевыми вулканами. Они представляют собой бугры (холмы, «сопки») высотой обычно от 3–5 м до 20–25 м и диаметром в десятки (реже, сотни) метров. В некоторых случаях такие бугры сложены высокольдистыми глинистыми мерзлыми грунтами, в других — немерзлыми илистыми грунтами и глиной.

В 2024 году в ходе экспедиции «Арктика-2024» в области сочленения хребта Гаккеля с шельфом моря Лаптевых были выявлены многочисленные области фокусированной разгрузки углеводородных флюидов. Они проявлялись в виде покмарок и структур, похожих на грязевые вулканы и глиняные диапиры. На поверхности таких структур находились аутигенные карбонатные конкреции, выходы бактериальных матов и черных восстановленных илов.

Исследования шельфа моря Лаптевых выявили наличие флюидогенного рельефа, несмотря на ограниченное количество опубликованных данных. Активная дегазация подтверждается многочисленными газопроявлениями в воде и осадочных породах [6, 9, 10, 11].

В море Лаптевых задокументировано более 700 мест разгрузки геофлюида, в т. ч. инфильтрации метана различной интенсивности (рис. 3).

Основные наблюдения:

- Прибровочная часть шельфа (глубины 65–70 м и более), характеризуется газопроявлениями, приуроченными к террасовидным поверхностям, пересеченным тектоническими нарушениями.
- Вертикальные акустические аномалии факельного типа достигают поверхности моря, их ширина составляет 100–150 м. На одном участке обнаружено 46 таких аномалий, 15 из которых имели диаметр более 100 м.
- Исследования дна в зонах газопроявлений не выявили крупных форм рельефа (например, подводных грязевых вулканов или покмарок). Газ выделяется из небольших отверстий (несколько сантиметров в диаметре) в песчаном грунте.
- Геофизические работы (метод ОГТ) показали многочисленные очаги газонасыщения осадков на глубинах более 50–60 м (до 200–300 м от поверхности дна), часто связанные с тектоническими разломами.
- Центральная часть шельфа (глубины 55–65 м) отмечена куполовидными поднятиями (диаметром 15–20 м, высотой 0,5–2,0 м) и полями впадин, интерпретируемых как покмарки.
- Инженерно-гидрографические работы (глубины 50–70 м) выявили щитовидные поднятия (диаметром 50–300 м, высотой до 3,5–4,0 м) в зонах тектонической трещиноватости. Их вершины осложнены воронками (глубина до 2 м, диаметр 25–40 м). Над некоторыми поднятиями наблюдались газопроявления. Эти формы рельефа сопровождались полями покмарок.

Примеры участков возможного развития грязевого вулканизма на территории моря Лаптевых, характерные для региона и близлежащих арктических зон:

Пример А. Конусообразные образования и чашеобразные взбросовые области вдоль северо-западного шельфа моря Лаптевых, фиксируемые по данным мультичастотного сонарного зондирования и подводной съемки. Эти структуры обычно ассоциированы с зональными газовыми струями и пто-подобной дегазацией дна [13].

Пример Б. Гидратные зоны и пучки газовых струй, выявляемые на близких к поверхности горизонтах в рамках сейсморазведки и гидрогеохимических обследований. Такие особенности свидетельствуют о наличии миграционных путей флюидов из глубинных пластов, а также газогенерационных зон в районе исследований [14].

Пример С. Миграция углеводородов в приповерхностные и дегазационные эффекты в зонах с повышенной пористостью зафиксированы в рамках мониторинга газоатмосферной взаимосвязи [15].

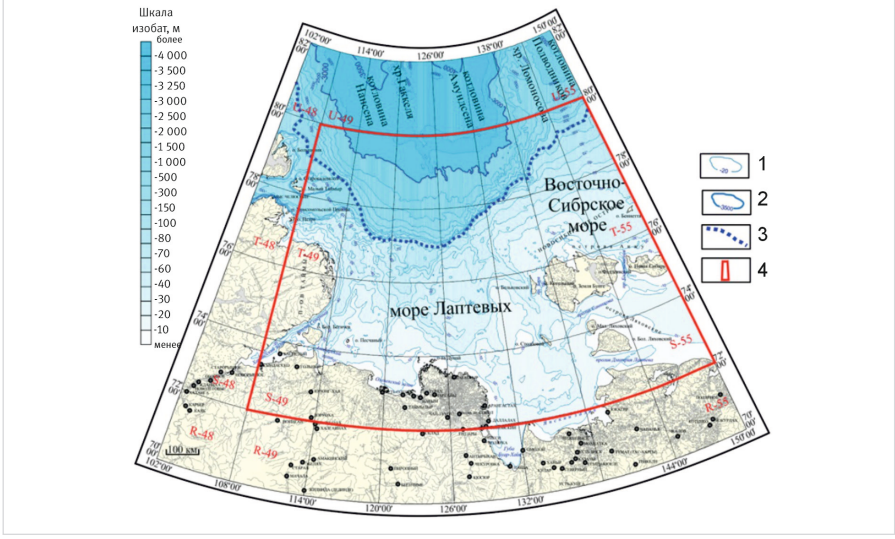


Рис. 2. Район исследований. Батиметрическая карта в пределах номенклатурных листов R — 48–55; S — 48–55; T — 48–55, U — 48–55 от 70 о до 88 о с.ш.: 1 — изобаты; 2 — контрольные изобаты (3 000 м, 3 500 м, 4 000 м); 3 — бровка шельфа; 4 — номенклатурные листы S-(49–55) и T-(49–55) госгеолкарты РФ [6]

Fig. 2. Research area. Bathymetric map within the nomenclature sheets R – 48–55; S – 48–55; T – 48–55, U – 48–55 from 70 ° to 88 ° n: 1 – isobates; 2 – control isobates (3,000 m, 3,500 m, 4,000 m); 3 – shelf edge; 4 – Nomenclature sheets S-(49–55) and T-(49–55) of the state geological map of the Russian Federation [6]

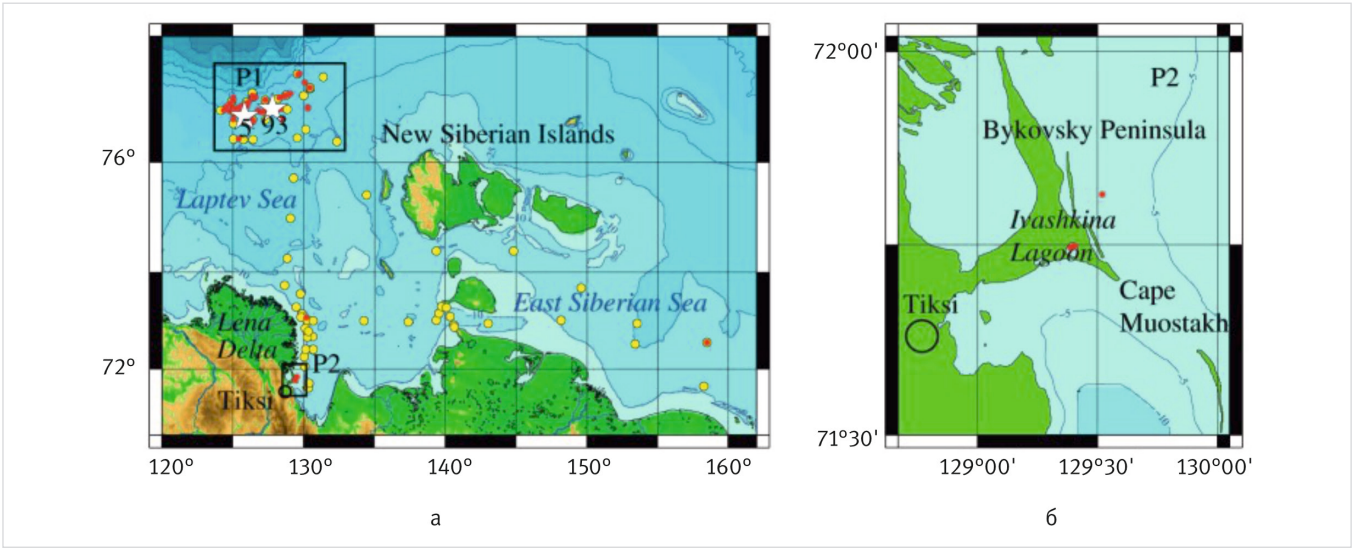


Рис. 3. Район исследования. (а) черными прямоугольниками обозначено положение полигона 1 (P1, внешний шельф) и полигона 2 (P2, прибрежная зона); красными кружками показано положение обнаруженных полей просачивания в районе исследования, где проводились гидроакустические исследования: белыми звездочками отмечены позиции двух областей просачивания (F5 и F93), где проводились детальные съемки; желтыми кружочками обозначены позиции океанографических станций в исследуемом районе; зеленым — суша; синим — вода; батиметрические линии показаны в виде черных столбиков; (б) красный кружок показывает положение Ивашкиной бухты. Лагуна в пределах P2 [12]

Fig. 3. Study area. (a) Black rectangles mark the position of polygon 1 (P1, outer shelf) and polygon 2 (P2, near shore area); red circles show the position of discovered seep fields in the study area where hydro-acoustical investigations were performed: white stars mark the position of two seep fields (F5 and F93) where detailed surveys were performed; yellow circles show the position of oceanographic stations in the study area; green shows land; blue shows water; bathymetry lines are shown as black counters; (b) the red circle shows position of the Ivashkina Lagoon within P2 [12]

Пример Д. Позиционные и временные вариации активности ГВ в сезонном и климатическом контексте связаны с установлением эпизодического повышения активности выбросов и сменой морфологии объектов в зависимости от температуры, давления воды и ледового покрова [16].

Аномально высокие пластовые давления (АВПД) — одно из ключевых геологических условий, связанных с проявлением грязевого вулканизма. Аспект наличия АВПД в зонах выявления грязевого вулканизма также имеет важное значение в связи с активной разработкой арктического региона ввиду того, что бурение в этих зонах может приводить к возникновению аварийных ситуаций.

Итоги

Грязевые вулканы значительно влияли на процессы осадконакопления, являясь мощным источником осадочного материала. Осадочные толщи в районе моря Лаптевых представлены песчано-глинистыми породами, насыщенными органическим веществом, что создает благоприятные условия для миграции флюидов под действием давления. Флюидогенные процессы активно формируют рельеф дна моря Лаптевых, проявляясь в виде различных структур, связанных с выходом газов из недр. Миграционные механизмы в большей части связаны с активностью разломов и структурных поясов, которые формируют «коридоры» миграции газа и жидких углеводородов из глубин к поверхности, что приводит к образованию грязевого вулканизма. Проведение комплексного анализа позволяет осуществлять прогноз и картирование потенциальных зон развития грязевых вулканов региона, что способствует наращиванию ресурсной базы углеводородов.

Выводы

Арктическая специфика моря Лаптевых при изучении грязевого вулканизма, ввиду его особых климатических условий, требует аккуратного подхода к планированию и детальному мониторингу при разработке полезных ископаемых региона.

В целом, для активного развития грязевого вулканизма в море Лаптевых ключевым является сочетание факторов: наличие достаточного количества осадочного материала (особенно органического), образование флюидонасыщенных горизонтов (часто с высоким содержанием метана) и наличие каналов миграции флюидов к поверхности (разломы, трещины, зоны истончения коры). Грязевые вулканы моря Лаптевых являются основой и важными индикаторами миграции флюидов и потенциально связанных углеводородных систем. Их изучение помогает понять характер и направление потоков газа в глубинных пластах. Нефтегазоносность региона требует комплексного подхода, где ГВ сами по себе не обеспечивают прямого доказательства залежей, но улучшают выявление целевых зон нефтегазонакопления. Поэтому необходимо включать грязевой вулканизм как элемент целевой логистики разведки.

Литература

1. Доманский А.В., Ершов В.В. Математическое моделирование геофлюидодинамических процессов, протекающих в грязевулканических структурах // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 3. С. 470–481.
2. Пунанова С.А., Гусейнов Д.А., Мартынова Г.С., Нанаджанова Р.Г. Геохимические особенности нефтей и нефтепроявлений грязевых вулканов западного борта Южно-Каспийской впадины // Геология нефти и газа. 2023. № 6. С. 97–104.
3. Холодов В.Н. О природе грязевых вулканов // Природа. 2002. № 11. С. 47–58.
4. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: распространение и генезис. Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012. № 4. С. 5–27.
5. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, 2015. 323 с.
6. Кириллова-Покровская Т.А. Разработка актуализированной геологической модели моря Лаптевых и сопредельных глубоководных зон для уточнения оценки его углеводородного потенциала // Разведка и охрана недр. 2017. № 10. С. 30–38.
7. Кузнецов Р.О., Скоробогатова Е.В., Федорова Е.В., Жилина И.В. Опыт выделения зон нефтегазонакопления в пермских отложениях на примере акватории моря Лаптевых и сопредельных территорий // Актуальные проблемы нефти и газа. 2025. Т. 16. № 4. С. 535–552.
8. Скворцов М.Б., Дзюбло А.Д., Грушевская О.В., Кравченко М.Н., Уварова И.В. Качественная и количественная оценка перспектив нефтегазоносности шельфа моря Лаптевых // Геология нефти и газа. 2020. № 1. С. 5–19.
9. Кохан А.В., Еременко Е.А., Мороз Е.А., Ермаков А.В., Соколов С.Ю. Флюидогенный рельеф на шельфах морей Арктики // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2024. Т. 79. № 2. С. 91–107.
10. Еременко Е.А., Кохан А.В. Мороз Е.А., Денисова А.П., Мутовкин А.Д. Соколов С.Ю. Участие грязевулканических процессов в формировании пингоподобных форм на дне Печорского моря // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2023. № 10. С. 78–84.
11. Шустер В.Л. Анализ перспектив нефтегазоносности акватории моря

Лаптевых на основе комплексного анализа геолого-геофизических данных // Экспозиция Нефть Газ. 2025. № 7. С. 44–47.
12. Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V. et al. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 2015, Vol. 373, № 2052, P. 1–13. (In Eng).
13. Васильева Е.А., Петрушина Е.П., Попова С.А., Кожевникова Л.И. Рифтовые зоны Усть-Ленского мегапрогиба Лаптевоморского шельфа. PRONEFTЬ. Профессионально о нефти. 2023. Т. 8. № 3. С. 50–61.
14. Нежданов А. А. Огибенин В. В. Смирнов А. С. Сподобаев А. А. Флюидодинамическая интерпретация сейсморазведочных данных МОВ ОГТ для поисков и разведки нефти и газа // Бурение и Нефть. 2023. № 5. С. 12–19.
15. Богоявленский В.И. Новые данные о грязевом вулканизме в Арктике на полуострове Ямал // Доклады Российской Академии Наук. Науки о Земле. 2023. Т. 512. № 1. С. 92–99.
16. Богоявленский В.И., Кишанков А.В., Казанин А.Г. Мерзлота, газогидраты и сипы газа в центральной части моря Лаптевых // Доклады Российской Академии Наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500. № 1. С. 70–76.

ENGLISH

Results

Mud volcanoes significantly influenced the processes of sedimentation, being a powerful source of sedimentary material. Sedimentary strata in the Laptev Sea area are represented by sandy-clay rocks saturated with organic matter, which creates favorable conditions for fluid migration under pressure. Fluidogenic processes actively form the relief of the Laptev Sea floor, manifesting themselves in the form of various structures associated with the release of gases from the subsurface. Migration mechanisms are mostly related to the activity of faults and structural belts that form "corridors" of migration of gas and liquid hydrocarbons from the depths to the surface, which leads to the formation of mud volcanism. A comprehensive analysis makes it possible to forecast and map potential areas for the development of mud volcanoes in the region, which contributes to building up the hydrocarbon resource base.

Conclusions

The Arctic specifics of the Laptev Sea in the study of mud volcanism, due to its special climatic conditions, require a careful approach to planning and detailed monitoring during the development of minerals in the region.

In general, a combination of factors is key for the active development of mud volcanism in the Laptev Sea: the presence of sufficient sedimentary material (especially organic), the formation of fluid-saturated horizons (often with a high methane content) and the presence of fluid migration channels to the surface (faults, cracks, crustal thinning zones). The mud volcanoes of the Laptev Sea are the basis and important indicators of fluid migration and potentially related hydrocarbon systems. Their study helps to understand the nature and direction of gas flows in deep formations. The oil and gas potential of the region requires an integrated approach; where GWS alone do not provide direct evidence of deposits, but improve the identification of target areas of oil and gas accumulation. Therefore, it is necessary to include mud volcanism as an element of the target logistics of exploration.

References

1. Domanskii A.V., Ershov V.V. Fluid-dynamic modeling of mud volcanism. Geology and geophysics, 2011, Vol. 52, issue 3, P. 470–481. (In Russ).
2. Punanova S.A., Huseynov D.A., Martynova G.S., Nanajanova R.G. Mud volcanoes of Western flank of South Caspian depression: geochemical features of oils and mud volcano oil shows. Oil and gas geology, 2023, issue 6, P. 97–104. (In Russ).
3. Kholodov V. N. On the origin of mud volcanos. Nature, 2002, issue 11, P. 47–58. (In Russ).
4. Kholodov V. N. Mud volcanoes: distribution and genesis. Geology and minerals of the World Ocean, 2012, issue 4, P. 5–27. (In Russ).
5. Aliev Ad.A., Guliyev I.S., Dadashev F.G., Rakhmanov R.R. Atlas of mud volcanoes of the world. Baku: Nafta-Press, 2015, 323 p. (In Russ).
6. Kirillova-Pokrovskaya T.A. Development of the actual geological model of the Laptev Sea and adjacent deepwater zones for the updated estimate of its hydrocarbon potential. Prospect and protection of mineral resources, 2017, issue 10, P. 30–38. (In Russ).
7. Kuznetsov R.O., Skorobogatova E.V., Fedorova E.V., Zhilina I.V. Experience in identifying oil and gas accumulation zones in Permian deposits using the example of the Laptev Sea and adjacent territories. Actual problems of oil and gas, 2025, Vol. 16, issue 4, P. 535–552. (In Russ).
8. Skvortsov M.B., Dzyublo A.D., Grushevskaya O.V., Kravchenko M.N., Uvarova I.V. Laptev Sea shelf: qualitative and quantitative assessment of hydrocarbon potential. Geology of oil and gas, 2020, issue 1, P. 5–19. (In Russ).
9. Kohan A.V., Eremenko E.A., Moroz E.A., Ermakov A.V., Sokolov S.Y. Fluidogenic landforms on the Arctic shelves. Lomonosov geography journal, 2024, Vol. 79, issue 2, P. 91–107. (In Russ).
10. Eremenko E.A., Kohan A.V. Moroz E.A., Denisova A.P., Mutovkin A.D. Sokolov S.Yu. Mud volcanic processes in the development of pingo-like features in Pechora Sea. Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia, 2023, issue 10, P. 78–84. (In Russ).
11. Shuster V.L. Assessment of the oil and gas prospectivity of the Laptev Sea offshore area using integrated geological and geophysical data. Exposition Oil Gas, 2025, issue 7, P. 44–47. (In Russ).
12. Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V. et al. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 2015, Vol. 373, № 2052, P. 1–13. (In Eng).
13. Vasilyeva Y.A., Petrushina Y.P., Popova S.A., Kozhevnikova L.I. Rift zones of the Ust-Lena megatrough of the Laptev Sea shelf. PRONEFT. Professionally about oil, 2023, Vol. 8, issue 3, P. 50–61. (In Russ).
14. Nezhdanov A. A. Ogibenin V. V. Smirnov A. S. Spodobaev A. A. Fluid dynamic interpretation seismic survey data MRV CDP for oil and gas prospecting and exploration. Drilling and oil, 2023, issue 5, P. 12–19. (In Russ).
15. Bogoyavlensky V.I. New data on mud volcanism in the arctic on the Yamal peninsula. Reports of the Russian Academy of Sciences. Geosciences, 2023, Vol. 512, issue 1, P. 92–99. (In Russ).
16. Bogoyavlensky V.I., Kishankov A.V., Kazanin A.G. Permafrost, gas hydrates and gas seeps in the central part of the Laptev Sea. Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences, 2021, Vol. 500, issue 1, P. 70–76. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ I INFORMATION ABOUT AUTHORS

Афанасьева Мария Александровна, к.г.-м.н., доцент кафедры общей и нефтегазопромысловой геологии, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия
Для контактов: anticline@mail.ru

Самойлова Анна Васильевна, к.г.-м.н., научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия
Для контактов: anna-samoilova@mail.ru

Afanasyeva Maria Alexandrovna, ph.d. of geologo-mineralogical sciences, associate professor of the Department of General and Oil and Gas Field Geology, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia
Corresponding author: anticline@mail.ru

Samoilova Anna Vasilyevna, ph.d. of geologo-mineralogical sciences, art. researcher, Oil and Gas Research Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Corresponding author: anna-samoilova@mail.ru