

DOI 10.34926/geo.2024.91.81.004

УДК 550.834.05, 550.8.052

ОСОБЕННОСТИ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ И МАЛОГЛУБИННЫХ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ РАЗРЕЗА НА ПЕЧОРСКОМ МОРЕ И СПОСОБЫ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ

И.А. Буланова¹, М.А. Соловьева¹, Я.Е. Терёхина¹, А.С. Дернава¹, А.Г. Росляков¹, А.С. Пирогова¹,
М.Ю. Токарев¹, С.В. Горбачев², М.М. Засухин³

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра сейсмометрии и геоакустики. 119234, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1; e-mail: irabulanova97@mail.ru

² ООО «РН-Шельф-Арктика». 119049, Россия, г. Москва, ул. Шаболовка, д. 10

³ ООО «Арктический научный центр». 119333, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 55/1, стр. 2

Аннотация. На мелководных участках шельфа Печорского моря в первой сотне метров широко распространены отложения повышенной газонасыщенности, требующие детального изучения, так как они непосредственно влияют на безопасность строительства различных сооружений, а также часто маскируют расположенные глубже потенциально неблагоприятные интервалы разреза. В данной работе обсуждаются результаты анализа различных сейсмических материалов с целью выявления зон распространения газонасыщенных отложений с применением целого спектра методов обработки и интерпретации. Кроме того, задачи территориального планирования требуют изучения значительной площади исследований, в то время как данные ИГФИ, как правило, характеризуют ограниченную площадь, не позволяющую масштабно откартировать газонасыщенные области. В тексте приводится методика анализа, направленная на решение данной проблемы.

Ключевые слова. Печорское море, газонасыщенные отложения, сейсмические исследования, атрибутный анализ, опасные геологические процессы и явления.

FEATURES OF NEAR-SURFACE AND SHALLOW GAS-SATURATED INTERVALS OF THE PECHORA SEA SECTION AND METHODS OF THEIR IDENTIFICATION

I.A. Bulanova¹, M.A. Solovyeva¹, Ya.E. Terekhina¹, A.S. Dernova¹, A.G. Roslyakov¹, A.S. Pirogova¹,
M.Yu. Tokarev¹, S.V. Gorbachev², M.M. Zasukhin³

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Department of Seismometry and Geoacoustics. 1, Leninskie Gory str., Moscow, Russia, 119234; e-mail: irabulanova97@mail.ru.

² RN-Shelf-Arctic LLC. 10, Shabolovka str., Moscow, Russia, 119049

³ Arctic Scientific Centre LLC. bld. 2, 55/1, Leninsky Prospekt, Moscow, Russia, 119333

Abstract. In the shallow water areas of the Pechora Sea shelf in the first hundred meters there are widespread deposits of increased gas saturation which require detailed study as they directly affect the safety of the construction of various structures and often mask potentially unfavorable intervals of the deeper section. This paper discusses the results of analyses of various seismic materials to identify zones of gas-saturated sediments using a range of interpretation methods. In addition, spatial planning tasks require a large survey area, while engineering geophysical surveys data usually characterize a limited area, which does not allow for large-scale mapping of gas-saturated areas. The text provides a methodology of analysis aimed at solving this problem.

Key words. Pechora Sea, gas-saturated sediments, seismic, attribute analysis, geological hazards.

Введение

Печорское море характеризуется высоким нефтегазосным потенциалом, на его шельфе открыт целый ряд месторождений и перспективных структур. Освоение шельфа данной акватории требует бурения скважин и размещения морских нефтегазовых сооружений в сложных климатических и инженерно-геологических условиях. Для оценки возможности безопасного размещения объектов на шельфе выполняется комплекс геолого-геофизических изысканий и научно-исследовательских работ, направленных на определение наиболее благоприятных участков инженерных работ и оптимального их местоположения [Токарев и др., 2021].

На мелководных участках шельфа Печорского моря в верхнем интервале разреза (интервал – 0–100 м ниже уровня дна (н. у. д.)) широко распространены различные типы опасных геологических

процессов и явлений (ОГПиЯ) [Хлебникова и др., 2023], в том числе развиты зоны распространения газонасыщенных отложений, на анализе которых и сосредоточена данная работа. Подобные области широко распространены на большей части мелководного шельфа Печорского моря в интервале разреза до 100 м н. у. д. [Рокос, 2009; Бондарев и др., 2002]. Помимо их непосредственного влияния на безопасность строительства различных сооружений, газонасыщенные отложения также часто маскируют расположенные глубже ОГПиЯ, что повышает актуальность их изучения [Миронок, Отто, 2014].

Целью исследования является выявление и типизация приповерхностных (0–10 м н. у. д.) и малоглубинных (10–100 м н. у. д.) зон распространения газонасыщенных отложений на площади значительных размеров, а также определение их основных характеристик с помощью комплексного анализа данных различных

методик сейсморазведочных работ, выполненных в нескольких диапазонах частот, с применением атрибутного анализа.

Типы используемых данных

Площадь исследований находится в пределах южной мелководной (глубины моря до 20 м) части Печорского моря (на северо-восток от Печорской губы) и характеризуется достаточно сложными геологическими условиями, в частности неоднородностью верхнего интервала разреза. Для анализа привлекался полный комплекс всех имеющихся данных, включающий материалы стандартных сейсморазведочных работ (СРР) 2D/3D и инженерно-геологических изысканий. Однако стандартный граф обработки данных СРР предполагает применение процедур, которые могут искажать амплитуды и геометрию границ в верхних интервалах, в связи с чем был применен специальный граф обработки, нацеленный на сохранение информации в первых сотнях метров ниже морского дна, который показал свою эффективность в различных производственных и научно-исследовательских работах [Terekhina et al., 2015; Terekhina et al., 2016]. В результате были получены данные 3D СР, пригодные для анализа особенностей верхней части разреза (ВЧР), позволяющие обнаруживать, картировать и идентифицировать различные типы ОГПиЯ. Одним из продуктов специализированной обработки является динамический куб (после регуляризации, без миграции, деконволюции и подавления футпринтов), используемый для динамической интерпретации, в том числе для расчета атрибутов, так как не искажает первичные динамические параметры (рис. 1). Дополнительно были обработаны данные с гидрофонов ближней зоны (обычно используются при полевом контроле качества работы пневмоисточников), которые характеризуются большим пространственным разрешением в поддонном интервале разреза, вследствие чего позволяют изучить приповерхностные неоднородности (рис. 1). Для верификации аномалий, выявленных на данных стандартной сейсморазведки после специализированной обработ-

ки, использовались материалы инженерно-геофизических изысканий (данные акустического профилирования (АПр), сейсморазведки сверхвысокого разрешения (ССВР), сейсморазведки высокого разрешения (СВР)).

Для целей территориального планирования (СП 504.1325800.2021) необходимы сведения о значительной площади исследований, в то время как данные ИГФИ занимают менее 5% от требуемой площади. Ограниченное распространение данных ИГФИ не позволяет масштабно откартировать газонасыщенные области, в связи с чем появилась необходимость проанализировать закономерность распространения подобных областей по более высокочастотным данным в сравнении с данными 3D СР после специализированной обработки. Для решения задачи высокую эффективность показывает атрибутный анализ, примененный в различных частотных диапазонах и интервалах разреза.

Выделение газонасыщенных интервалов в приповерхностных и малоглубинных интервалах разреза

В пределах морских акваторий индикаторами наличия свободного газа в первых сотнях метров разреза могут являться: амплитудные аномалии типа «яркое пятно» или «тусклое пятно», зоны потери корреляции, инверсия фазы отраженного сигнала, наличие скоростного эффекта на нижележащий разрез и иные неоднородности волновой картины. Подобные аномальные области сейсмического разреза могут быть идентифицируемы как газонасыщенные отложения и, как правило, отчетливо выделяются на данных высокочастотных методов (СВР, ССВР, АПр) (рис. 1). Данные стандартной сейсморазведки после специальной обработки характеризуются сохранением особенностей строения первой сотни метров разреза как для структурной, так и для динамической интерпретации. Однако в придонном и малоглубинном интервалах разреза (0–10 и 10–100 м соответственно) первое отражение является результатом интерференции однократных и многократных отражений от дна, волн-спутников,

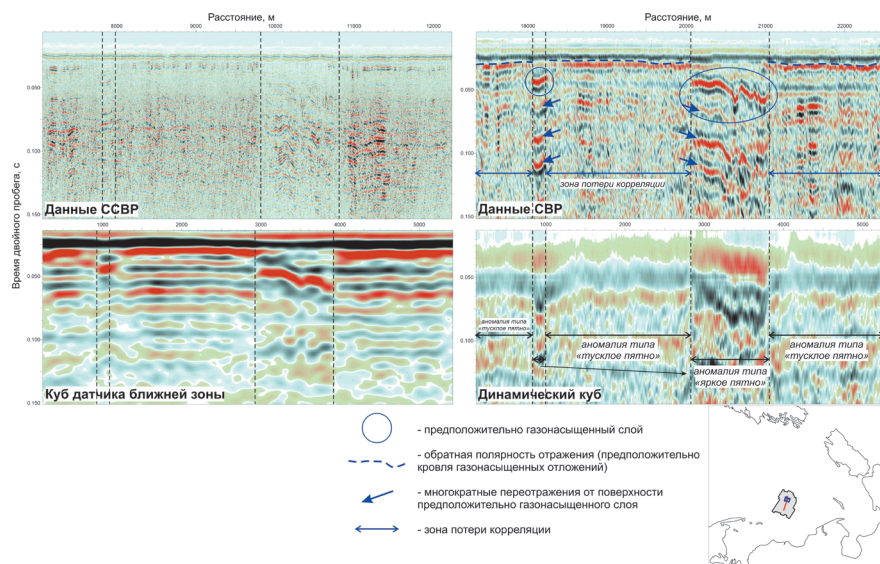


Рис. 1
Примеры разночастотных сейсмических данных методов ССВР, СВР, 3D-СР с элементами интерпретации

углы отражений при этом закритические (отражения, возникающие при падении на границу под углами больше критического). Ситуация осложняется наличием кровли приповерхностных газонасыщенных осадков в первых 15 м под дном, что делает классические алгоритмы интерпретации недостаточно эффективными. В связи с этим придонные отложения с повышенной концентрацией газа, выделенные по комплексу признаков на профилях СВР и ССВР, на данных стандартной сейсморазведки могут выглядеть участками как резкого увеличения, так и уменьшения амплитуды донного импульса, что вносит некоторую неоднозначность в интерпретацию данных СР по площади (рис. 1). Однако многие особенности волновой картины, которые сложно визуально зафиксировать на временном разрезе, зачастую выражаются на картах различных атрибутов волнового поля.

Атрибутный анализ

Комплексный анализ данных заключался не только в использовании различных типов исходных материалов, но и в применении целого спектра методов интерпретации, включающего как стандартный анализ волновой картины, так и расчёт амплитудных и частотных атрибутов до и после суммирования, последовательную акустическую инверсию, AVO-анализ, скоростной анализ, а также кластерный анализ с использованием всего комплекса рассчитанных параметров сигнала.

По данным до суммирования были рассчитаны следующие атрибуты: среднеквадратичные амплитуды, пиковая частота, средняя частота, кажущаяся частота, видимая частота, ширина частотного диапазона. По суммированным данным был произведён расчёт среднеквадратичных амплитуд, максимальных абсолютных амплитуд, минимальных амплитуд, среднеквадратичной частоты, средней частоты, а также выполнены частотно-временные преобразования (спектральная

декомпозиция и расчёт псевдопоглощения), рассчитаны геометрические атрибуты («Когерентность», «Хаос»).

На рис. 2 представлены фрагменты наиболее информативных атрибутных карт на примере центральной, наиболее неоднородной по строению области. На горизонтальном слайсе куба после специализированной обработки на уровне 50 мс неоднородности выражены крайне слабо, в то время как на атрибутных картах прослеживается достаточно пестрая картина, маркирующая изменения волнового поля. В целом по многим атрибутным картам прослеживаются подобные особенности, однако сопоставление атрибутов позволяет наиболее точно определить границы аномальных областей и сделать качественные выводы об их свойствах и возможном генезисе.

С целью расчёта акустического импеданса была выполнена последовательная акустическая инверсия, которая вначале была проведена на данных 3D СР стандартной обработки. Полученные результаты распределения акустического импеданса были профильтрованы и переданы в качестве низкочастотной модели для инверсии на данных 3D после специализированной обработки. Далее аналогичным образом полученные результаты были использованы для акустической инверсии на данных 2D СВР.

AVO-анализ в верхней части разреза (до 150 мс) по данным стандартной сейсморазведки оказался невыполнимым вследствие отсутствия ближних удалений и искажения амплитуд отражений, связанных с интерференцией отражений в придонной части разреза с донным отражением.

Изучение амплитудных аномалий, кровля которых находится в интервале 50–100 мс, возможно проводить по более высокочастотным данным, к примеру по данным СВР. На рис. 3 представлен фрагмент данных СВР с наличием локальных амплитудных аномалий на уровне 60–80 мс. В свою очередь, на атрибуте AVO-произведения определяется предположительная кровля и подошва аномалии, при этом по результатам акустической инверсии сама аномалия характеризуется пониженным значением импеданса, тогда как кровля – повышенным.

Классификация газонасыщенных интервалов

На данных ИГФИ проявляются аномалии двух типов (рис. 4) по степени проявления признаков газонасыщенности. Области, характеризующиеся на данных СВР увеличением интенсивности «ложного» прогибания осей синфазности ниже аномальной зоны и более существенным уменьшением амплитуд нижележащих отражающих горизонтов, соответствуют областям на данных 3D с подобными признаками (голубая заливка на рис. 4).

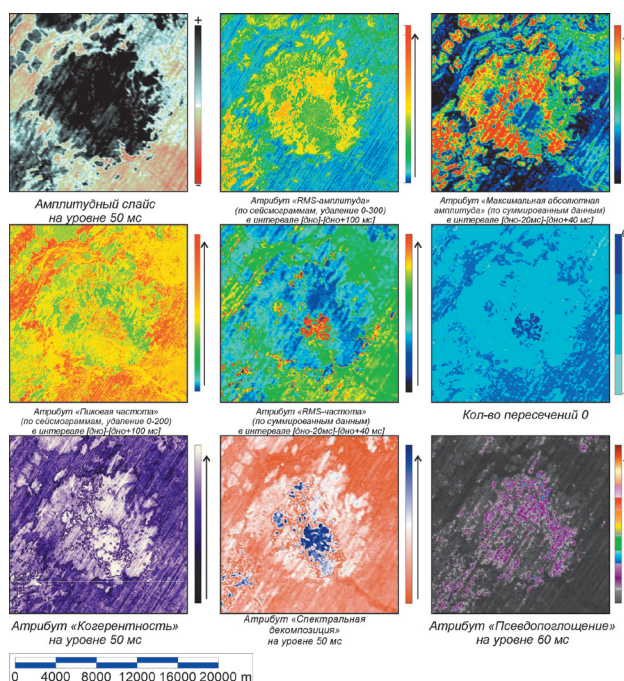


Рис. 2
Карты различных сейсмических атрибутов в центральной части площади

Эти же области характеризуются пониженными значениями атрибута «Среднеквадратичные амплитуды» (атрибут ARMS). Аномалии второго типа (синяя заливка на рис. 4), характеризующиеся полным экранированием на данных ССВР, но не имеющие эффектов на данных СВР, также слабо прослеживаются на данных 3D. На картах RMS-амплитуд, рассчитанных по сейсмограммам, данные участки отвечают повышенным значениям атрибута. Участок «нормального» разреза, не имеющий признаков газонасыщенности ни на каких данных, характеризуется средними значениями атрибута ARMS (зеленая заливка на рис. 4).

С целью классификации типов волновых картин в сравнительно однородные группы для 3D-данных был выполнен кластерный анализ, в котором использовались атрибуты, рассчитанные по сейсмограммам и суммированным данным, а также параметры скоростей. Полный объем данных для кластеризации превышает 34 млн точек, что требует значительных вычислительных мощностей либо оптимизации вычислений. Для ускорения вычислений было принято решение проводить кластерный анализ в пределах площадей повышенного интереса (размером ~ 4 × 4 км) (рис. 5).

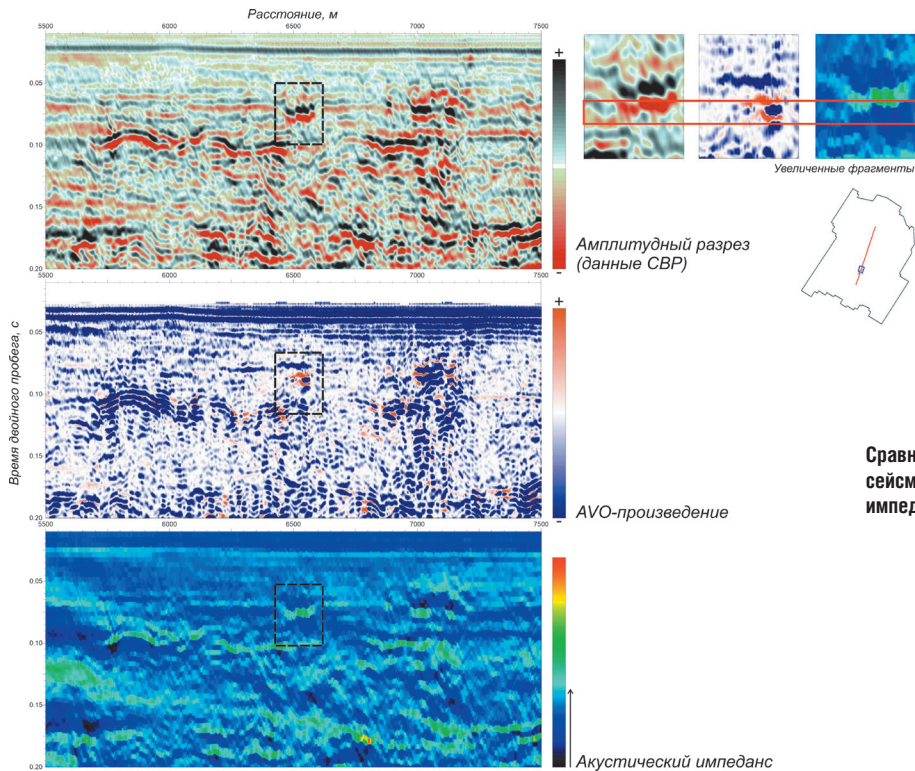


Рис. 3
Сравнение данных СВР временного сейсмического разреза, акустического импеданса и AVO-произведения

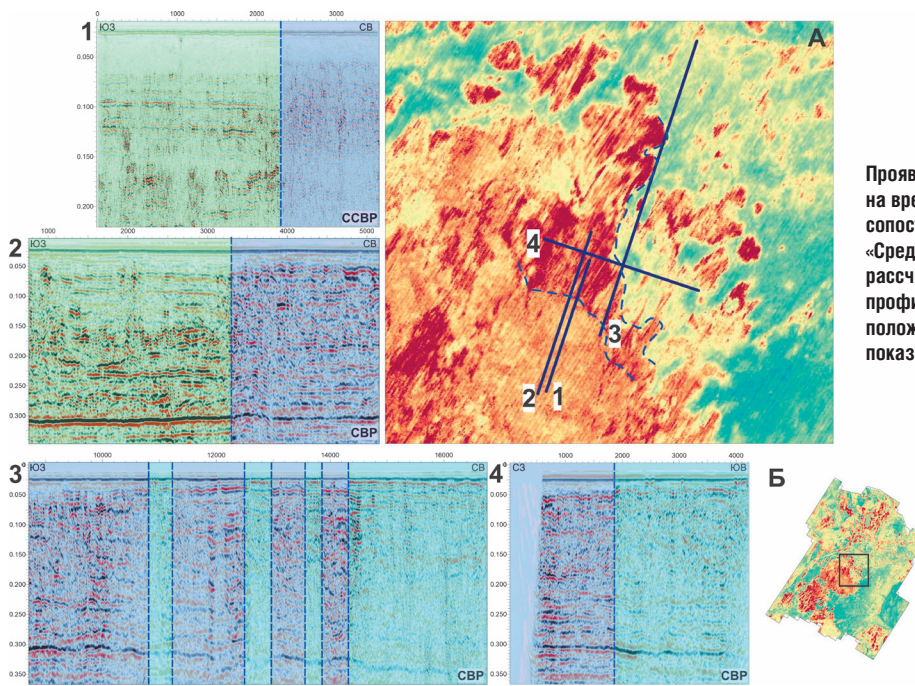


Рис. 4
Проявление двух типов газонасыщенности на временных разрезах ССВР и СВР, сопоставление с фрагментом карты атрибута «Среднеквадратичные амплитуды» (А), рассчитанного по сейсмограммам. Положение профилей (1, 2, 3, 4) показано на карте А; положение увеличенного фрагмента (А) показано на врезке Б

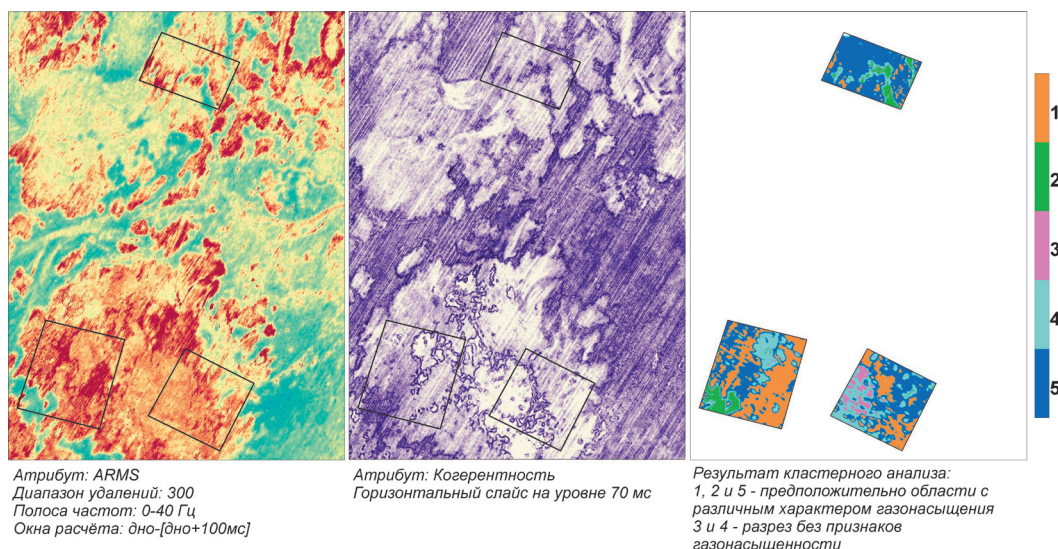


Рис. 5

Распределение пяти классов волновой картины по некоторым атрибутам –

А – фрагмент карты атрибута «Среднеквадратичные амплитуды», Б – фрагмент карты атрибута «Когерентность», В – результат кластерного анализа



Рис. 6

Фрагмент карты по предполагаемой степени вероятности обнаружения участков повышенного газонасыщения отложений

Анализ распределения кластеров на сейсмических разрезах и комплексирование с данными СВР позволили предположить геологическую интерпретацию выделенных зон (рис. 4). В результате было получено пять классов: классы 1, 2 и 5, предположительно, характеризуют области с различным характером газонасыщения (газ, сконцентрированный в прослоях / рассеянный газ). Классы 3 и 4 отвечают разрезу без признаков газонасыщенности. В пределах класса 3 может ожидать наличие грубообломочного материала.

Определив для каждого класса основные характеристики, данные классы распространялись на всю площадь. В результате анализа атрибутов, сопоставления с временными разрезами и более высокочастотными данными площадь исследования была систематизирована в зависимости от вероятности обнаружения участков повышенного газонасыщения отложений в интервале 0–100 м. Фрагмент карты, соответствующий рассмотренной ранее части площади, представлен ниже в качестве примера (рис. 6). Предполагается, что на всей площади исследования с той или иной вероятностью могут существовать приповерхностные

и малоглубинные газонасыщенные отложения, вероятно представленные в различной форме (рассеянный по разрезу / сконцентрированный в прослоях).

Заключение

Газонасыщенные отложения распространены практически повсеместно в пределах мелководной части Печорского моря и характеризуются разным проявлением в волновом поле по данным сейсмических исследований в различных частотных диапазонах. Результаты комплексной интерпретации данных региональных сейсмических исследований 2D/3D и сейсмического профилирования в рамках ИГФИ позволяют прогнозировать степень газонасыщенности отложений не только в пределах площадок детальных исследований, но и на больших территориях, покрытых съёмками стандартной сейсморазведки. Это помогает на этапе региональных исследований выбирать наиболее благоприятное положение площадей для детальных инженерно-геологических исследований, свободных от скоплений газонасыщенных отложений и иных ОГПИЯ, с целью последующего безопасного размещения сооружений.

По результатам анализа на площади исследования выделено несколько видов газонасыщенных интервалов, которые отличаются по проявлению на разрезе (сконцентрированный в прослоях газ или рассеянный по разрезу). Перечисленные в работе особенности газонасыщенных толщ, отображаемые на временных разрезах (3D CP), такие как в первую очередь различный отклик от кровли газонасыщенной толщи и существование интерференции сигналов в приповерхностном интервале, требуют нового подхода к анализу данных. В статье предложен алгоритм анализа, который показал успешные результаты решения задачи, заключающийся в применении следующих шагов:

1. Выделение и классификация однородных областей разреза с применением комплекса атрибутного

анализа на данных 3D СР после специализированной обработки.

2. Сопоставление выделенных областей с данными ИГФИ, на которых проявляются классические признаки, позволяющие идентифицировать газонасыщенные отложения разных типов; подтверждение предположений с помощью качественного и количественного анализов.

3. Распространение результатов интерпретации на всю площадь и присвоение типа отложений для определенных ранее однородных областей.

Таким образом, в работе представлен многоступенчатый подход к анализу данных, применение которого помогает извлекать значительную информацию о сейсмогеологических особенностях, в том числе обнаружение и картирование газонасыщенных отложе-

ний на большой площади, что при детальных работах на отдельных площадках невозможно. По результатам верификации выделенных аномалий данными ИГФИ была проведена типизация зон повышенного газонасыщения отложений в интервале 0–100 м н. у. д.

Основания в рамках данного проекта выполнены по данным ПАО «НК «Роснефть» с применением методик и технологий разрабатываемых авторами в рамках многолетней работы с привлечением государственной тематики: «Разработка теории и технологии комплексных геофизических исследований приповерхностной части разреза естественных и техногенных сред» (по договору 4–5, номер ЦИТИС АААА-А16-116033010107-1).

Положительная рецензия 14.03.2024

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев В.Н., Длугач А.Г., Костин Д.А., Рокос С.И., Полякова Н.А. Подмерзлотные скопления газа в верхней части осадочного чехла Печорского моря // *Геология и геофизика*. 2002. Т. 43. № 7. С. 587–598.
2. Миронюк С.Г., Отто В.П. Газонасыщенные морские грунты и естественные газовыделения углеводородов: закономерности распространения и опасность для инженерных сооружений // *Геориск*. 2014. № 2. С. 8–18.
3. Рокос С.И. Газонасыщенные отложения верхней части разреза Баренцево-Карского шельфа. Автореф... дис. канд. наук. Мурманск, 200. 42 с.
4. Хлебникова О.А., Соловьева М.А., Терехина Я.Е., Репкина Т.Ю., Горбачев С.В., Гончарова А.М. Комплексный анализ геолого-геофизических данных для уточнения границы максимального распространения последнего покровного оледенения в Печорском море // *Геофизика*. 2023. № 2. С. 40–48.
5. Токарев М.Ю., Росляков А.Г., Терехина Я.Е., Бирюков Е.А., Колобакин А.А., Горбачев С.В. Перспективные сейсмические технологии для инженерно-геологических изысканий на мелководном шельфе // *Геофизика*. Спецвыпуск. 2021. С. 3–11.
6. Terekhina Y.E., Gorbachev S.V., Maev P.A., Ponimaskin A.I. A possibility of using standard 3D seismic data for assessment of drilling geohazards in transit zone. In *Near Surface Geoscience 2016 – Second Applied Shallow Marine Geophysics Conference*. EAGE Publications, 2016.
7. Terekhina Y.E., Tokarev M.Y., Pirogova A.S., Roslyakov A.G., Shalaeva N.V., Semenova A.A. Approach to 3D seismic data interpretation for drilling geohazard assessment. In *Near Surface Geoscience – 2015*, EAGE, 2015.

REFERENCES

1. Bondarev VN, Dlugach AG, Kostin DA., Rokos SI, Polyakova NA. Subfrost gas accumulations in the upper part of the sedimentary cover of the Pechora Sea. *Geology and Geophysics*. 2002; 43(7): 587–598 (in Russian).
2. Mironyuk SG, Otto VP. Gas-saturated marine soils and natural hydrocarbon gassing: distribution patterns and danger for engineering structures. *Georisk*. 2014; (2): 8–18 (in Russian).
3. Rokos SI. Gas-saturated sediments of the upper part of the section of the Barents-Kara shelf. Murmansk, 2009. 42 p. (in Russian).
4. Khlebnikova OA, Solovyeva MA, Terekhina YE, Repkina TY, Gorbachev SV, Goncharova AM. Complex analysis of geological and geophysical data to clarify the boundary of the maximum spread of the last glaciation in the Pechora Sea. *Geophysics*. 2023; (2): 40–48 (in Russian).
5. Tokarev MYu, Roslyakov AG, Terekhina YaE, Biryukov EA, Kolyubakin AA, Gorbachev SV. Prospect seismic technologies for site surveys on shallow water shelf. *Geophysics*. Special issue. 2021: 3–11 (in Russian).
6. Terekhina YE, Gorbachev SV, Maev PA, Ponimaskin AI. A possibility of using standard 3D seismic data for assessment of drilling geohazards in transit zone. In *Near Surface Geoscience 2016 – Second Applied Shallow Marine Geophysics Conference*. EAGE Publications, 2016.
7. Terekhina YE, Tokarev MY, Pirogova AS, Roslyakov AG, Shalaeva NV, Semenova AA. Approach to 3D seismic data interpretation for drilling geohazard assessment. In *Near Surface Geoscience 2015*, EAGE, 2015.

ОБ АВТОРАХ



БУЛАНОВА
Ирина Андреевна

Аспирант кафедры сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Сфера научных интересов – интерпретация данных морской сейсморазведки, изучение упругих свойств донных отложений. Автор и соавтор 5 научных статей и более 20 докладов на международных конференциях.



СОЛОВЬЕВА
Марина Андреевна

Окончила кафедру сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «морская сейсморазведка» в 2016 г. Сфера научных интересов – интерпретация данных морских сейсморазведочных и геофизических работ, изучение современных субаквальных геологических процессов озер и морей. Автор и соавтор 25 научных статей и более 120 докладов на международных конференциях.



ТЕРЁХИНА
Яна Евгеньевна

В 2011 г. окончила магистратуру Геологического факультета МГУ на кафедре сейсмометрии и геоакустики. В настоящее время совмещает должность научного сотрудника факультета и руководящую должность в ООО «ЦАСД МГУ». Область научных интересов – сейсмоакустика,

гидролокация, подводные ландшафты, инженерные изыскания, выявление и оценка геологических опасностей. Автор более 50 статей и более 60 докладов на российских и зарубежных конференциях.



ДЕРНОВА
Анна Сергеевна

Аспирант кафедры сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Сфера научных интересов – петроупругое моделирование, петрофизика, изучение упругих свойств донных отложений.



РОСЛЯКОВ
Александр Геннадьевич

Старший научный сотрудник кафедры нефтегазовой седиментологии и морской геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В 1982 г окончил кафедру сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Лауреат 1-й

премии конкурса Министерства энергетики РФ 2021 г. за проект «Разработка системы ранжирования геологических опасностей на Арктическом шельфе». Научные интересы – морская геология, седиментология, сеймостратиграфия, интерпретация данных морских сейсмических исследований, выявление геологических опасностей на шельфах. Автор 100 научных статей и одной монографии.



ПИРОГОВА
Анастасия Сергеевна

Старший научный сотрудник кафедры сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, ведущий геофизик в ЦАСД МГУ, кандидат технических наук. Область профессиональных и научных интересов – сейсморазведка, количественная интерпретация данных сейсморазведки, обратные задачи в геофизике. Автор более 45 научных публикаций.



ТОКАРЕВ
Михаил Юрьевич

Ведущий научный сотрудник кафедры сейсмометрии и геоакустики. Окончил геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова в 1982 г., кандидат технических наук, заместитель декана геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по инновациям, почетный

разведчик недр. Область научных интересов – морские сейсмоакустические технологии, обработка и интерпретация сейсмических данных, морские инженерно-геологические изыскания, образовательные проекты. Автор более 200 научных публикаций, в том числе 4 книг.



ГОРБАЧЕВ
Сергей Викторович

Начальник управления реализации ГРП ООО «РН-Шельф-Арктика», кандидат технических наук. Окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина в 2005 г., Область научных интересов – методики и технологии проведения геолого-разведочных работ. Автор более 60 научно-практических публикаций.



ЗАСУХИН
Максим Максимович

Заместитель генерального директора по шельфовым проектам ООО «Арктический научный центр». Окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина в 2009 г. Область научных интересов – методики и технологии проведения геолого-разведочных работ и бурения нефтегазовых скважин на шельфе.