



ВЫДЕЛЕНИЕ ИНТРУЗИВНЫХ ТЕЛ В СЕЙСМИЧЕСКОМ ПОЛЕ ЛЕДОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.С. Смирнов^{1,2}, А.А. Сподобаев², А.А. Нежданов³

¹Тюменский индустриальный университет, 625000, Тюмень, ул. Володарского, 38, Россия,

²ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 625003, Тюмень, ул. Перекопская, 19, Россия,

³ФАУ «ЗапСибНИИГГ», 625000, Тюмень, ул. Республики, 57, Россия,

e-mail: SmirnovAS@tyuiu.ru

Сейсмическое поле триасовых отложений осадочного чехла Баренцева моря характеризуется многочисленными отражениями повышенной интенсивности, которые обусловлены проявлением юрско-мелового базальтоидного магматизма. На примере Ледового месторождения показаны особенности распространения волновых пакетов, связанных с развитием интрузий – многоярусных силлов. Выявлены закономерности распределения повышенных временных толщин закартированных силлов, установлена их связь с разломными нарушениями.

Ледовое месторождение, интрузии, сейсморазведка, Баренцево море

IDENTIFICATION OF INTRUSIVE OBJECTS FROM SEISMIC DATA WITHIN THE LEDOVOE FIELD IN THE BARENTS SEA

A.S. Smirnov^{1,2}, A.A. Spodobaev², A.A. Nezhdanov³

¹Industrial University of Tyumen, Volodarskogo Str., 38, Tyumen, 625000, Russia,

²Gazprom VNIIGAZ LLC, Perekopskaya Str., 19, Tyumen, 625003, Russia,

³FAA ZapSibNIIGG, Respubliki Str., 57, Tyumen, 625000, Russia,

e-mail: SmirnovAS@tyuiu.ru

The seismic field of the Triassic deposits of the sedimentary section of the Barents Sea is characterized by numerous reflections of increased intensity. These reflections are due to the Jurassic-Cretaceous basaltoid magmatism. On the case of the Ledovoe field, the features of the waves propagation associated with the intrusions – multi-tiered sills are shown. Regularities in the distribution of increased seismic time thicknesses of the mapped sills are revealed, and their relation to faults is established.

Ledovoe field, magmatic intrusions, seismic survey, Barents Sea

ВВЕДЕНИЕ

Ледовое газоконденсатное месторождение расположено в восточной части Баренцева моря, в 200 км к западу от архипелага Новая Земля (рис. 1). Ближайшие месторождения расположены в 70 км к юго-западу (Штокмановское) и 50 км к северу (Лудловское). В тектоническом плане связано с одноименным поднятием, структурой 3-го порядка (30 × 10 км) в пределах Штокмановско-Лунинского порога Восточно-Баренцевоморского мегапрогиба (рис. 2). Осадочный чехол представлен палеозойско-

мезозойскими формациями общей мощностью до 13 км и более [Шельфовые осадочные бассейны..., 2020]. Открытые залежи УВ связаны со среднеюрскими пластами Ю₀₋₂, отмечены признаки продуктивности в меловых отложениях.

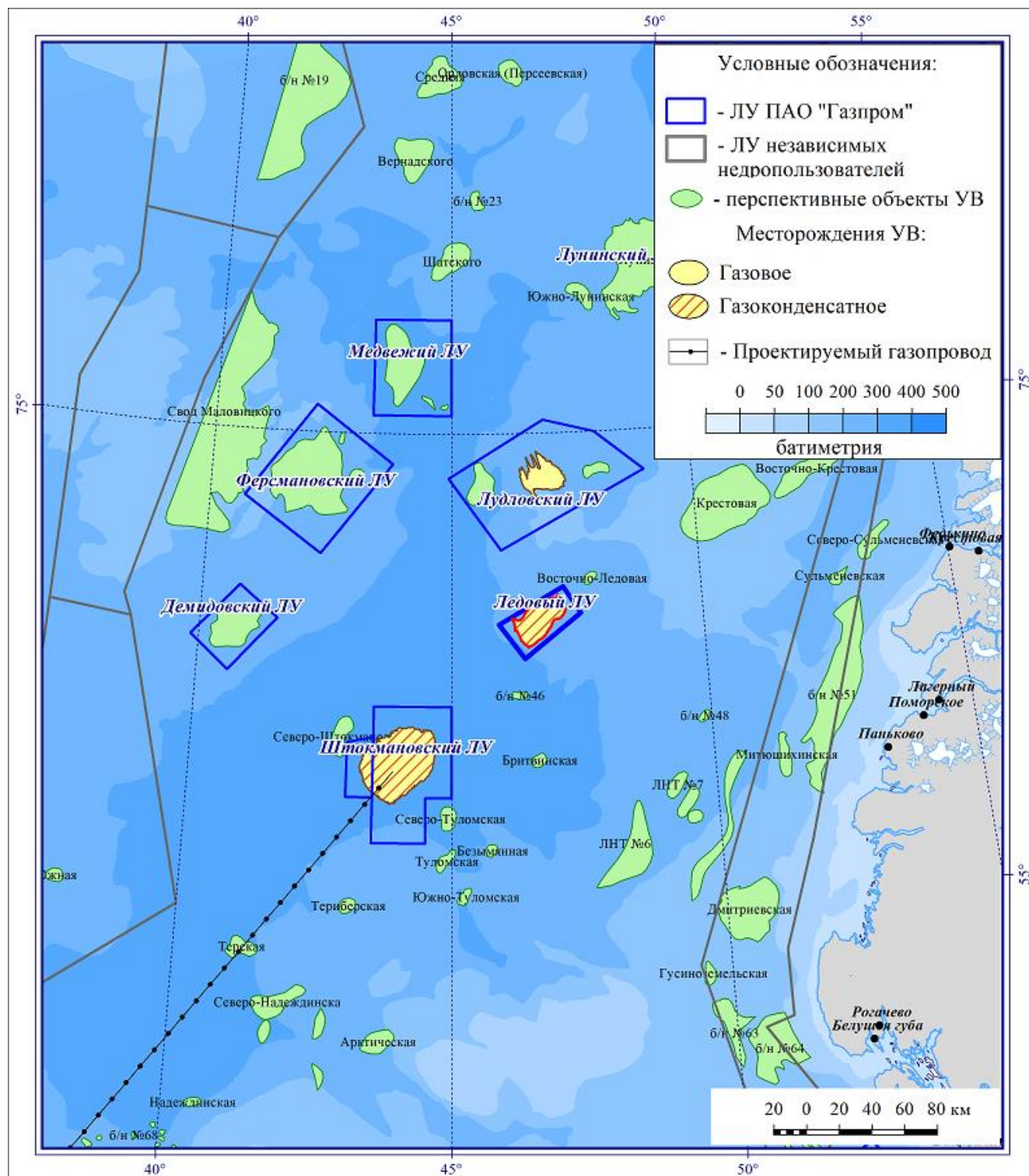
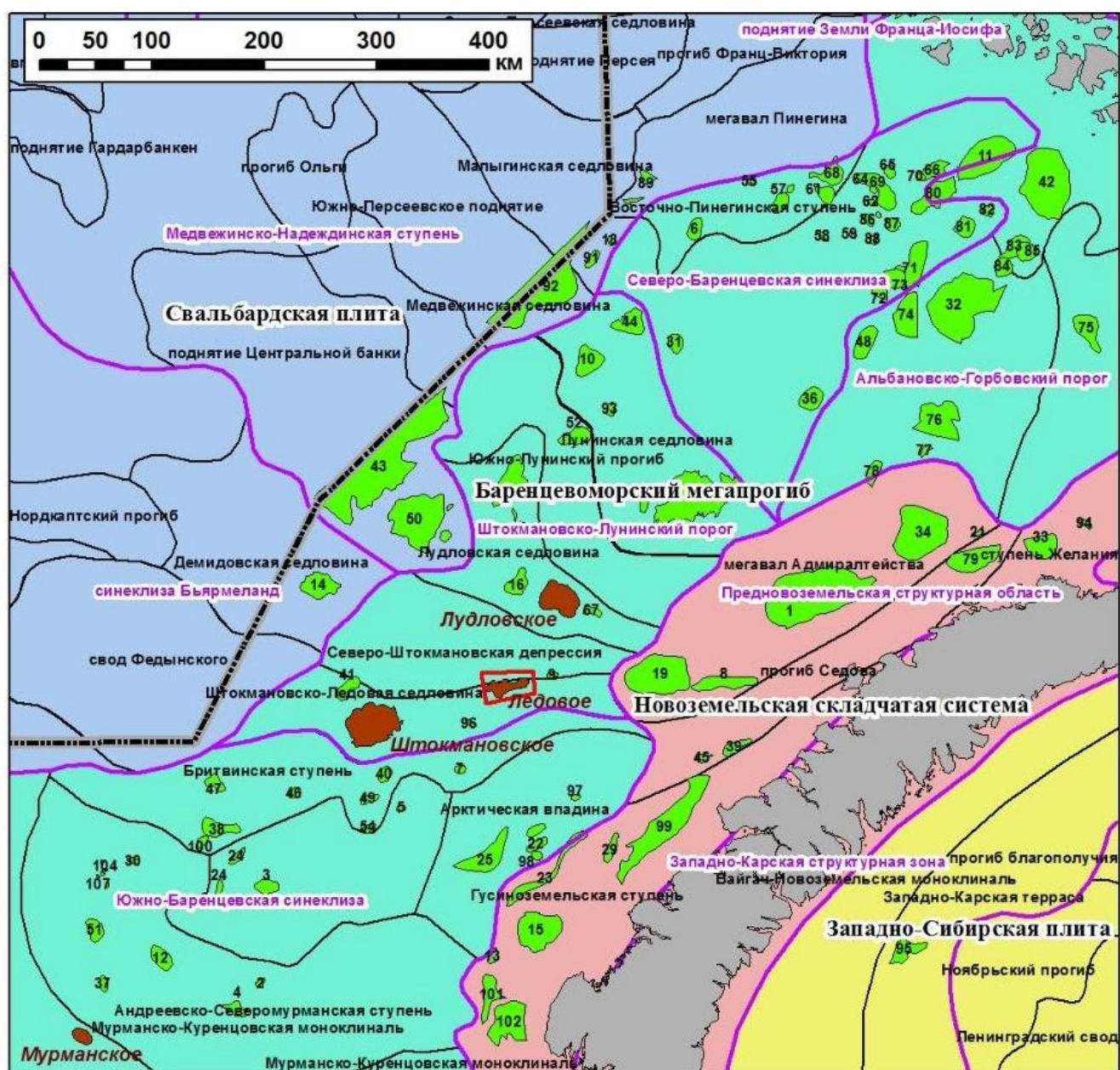


Рис. 1. Обзорная карта

В пределах месторождения выполнены сейсморазведочные работы 3D площадью 1000 км², с длиной регистрации 6 с (примерно соответствует глубинам 11–12 км, верхняя часть каменноугольно-нижнепермского карбонатного комплекса), пробурено две скважины, вскрывшие среднюю юру.



Условные обозначения:

	Ледовый ЛУ	Региональные тектонические элементы:		Надпорядковые тектонические элементы
	Месторождения		Баренцево-море	Тектонические элементы I порядка
	Граница с Норвегией		Западно-Сибирская плита	Локальные структуры II-III порядка
	Поверхность суши		Новоземельская складчатая система	
			Свальбардская плита	

Рис. 2. Тектоническая карта (ВНИИОкеанологии, 2004 г.)

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Согласно принятой региональной индексации сейсмических отражающих горизонтов (ОГ), в интервале осадочного чехла баренцевоморского региона выделяются следующие реперные поверхности: Г₂ (кровля апт-альбских отложений), В (кровля средней юры, подошва?), Б (кровля стратиграфического несогласия триас-юра) и Ia (кровля палеозойских отложений) (рис. 3). Большая часть разреза, от 2 до 5 с, соотносится с триасовым комплексом, в пределах которого выделяются горизонты с индексом «А» [Шипилов, Шкарубо, 2010], среди которых, через систему 2D профилей на скв. 2 Лудловскую, идентифицировано отражение А₂, приуроченное к кровле среднего триаса.

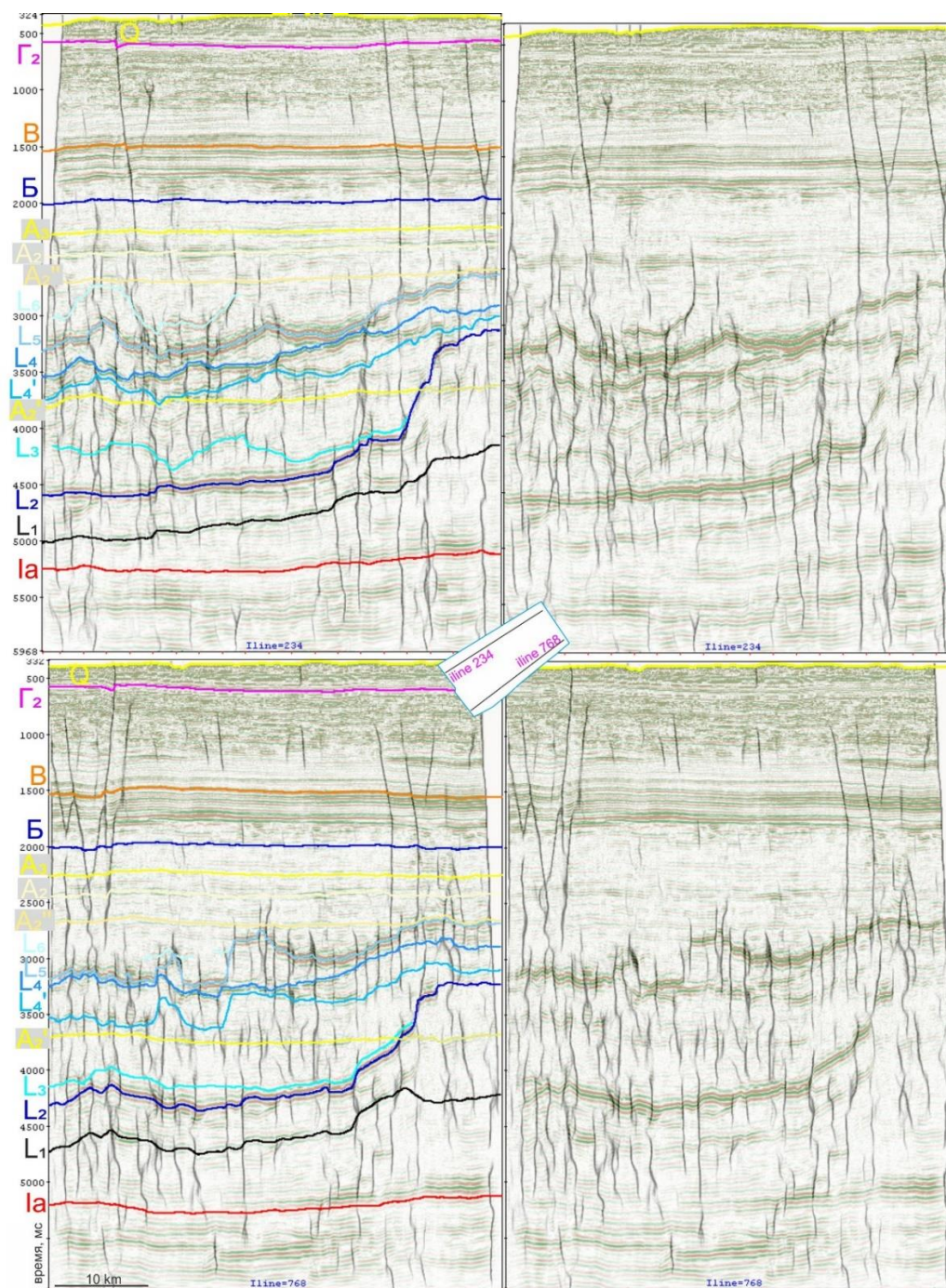


Рис. 3. Совмещенные изображения вертикальных сечений сейсмического куба амплитуд и куба вероятности разломов (пояснения в тексте)

Остальные горизонты триасовой толщи (A_2' , A_2'') стратифицированы условно, без привязки к каким-либо конкретным пластам или границам. Представленная корреляция верхней части триасового комплекса отражает субсогласное залегание сейсмических комплексов осадочной толщи, которая формировалась в мелководно-морских и прибрежно-морских условиях [Шельфовые осадочные бассейны..., 2020]. На рисунке 4, иллюстрирующем погоризонтные (седиментационные) срезы куба амплитуд, хорошо заметно, что на срезах по ОГ A_2 и A_2' фиксируются многочисленные русловые палеосистемы, на всех срезах видны следы трещиноватости (либо разломов) той или иной интенсивности. Корректность прослеженного горизонта A_2' подтверждается наличием уникального для данного интервала сплетения русел, которые отвечают геологической ситуации триаса, то есть седиментационные срезы выступают критерием качества сейсмической корреляции. Подобный подход, основанный на использовании седиментационных срезов или карт атрибутов в качестве контроля качества выполненной корреляции вертикальных сечений, рассматривается разными авторами [Ольнева, Овечкина, 2016; Posamentier et al., 2022].

Кроме субгоризонтальных ОГ в средней и нижней частях разреза триаса фиксируется ряд волновых доминант в виде протяженных и дискордантных осей синфазности (см. рис. 3), индексируемых как ОГ серии L (L_1 , L_2 ... L_4) [Шпилов, 2018]. То, что данные сейсмические горизонты не связаны с кратными волнами, показывает различная амплитуда образуемых структурных форм, меняющаяся не закономерно, в отличие от кратных или частично кратных волн, которые своей конфигурацией должны повторять вышележащие отражения.

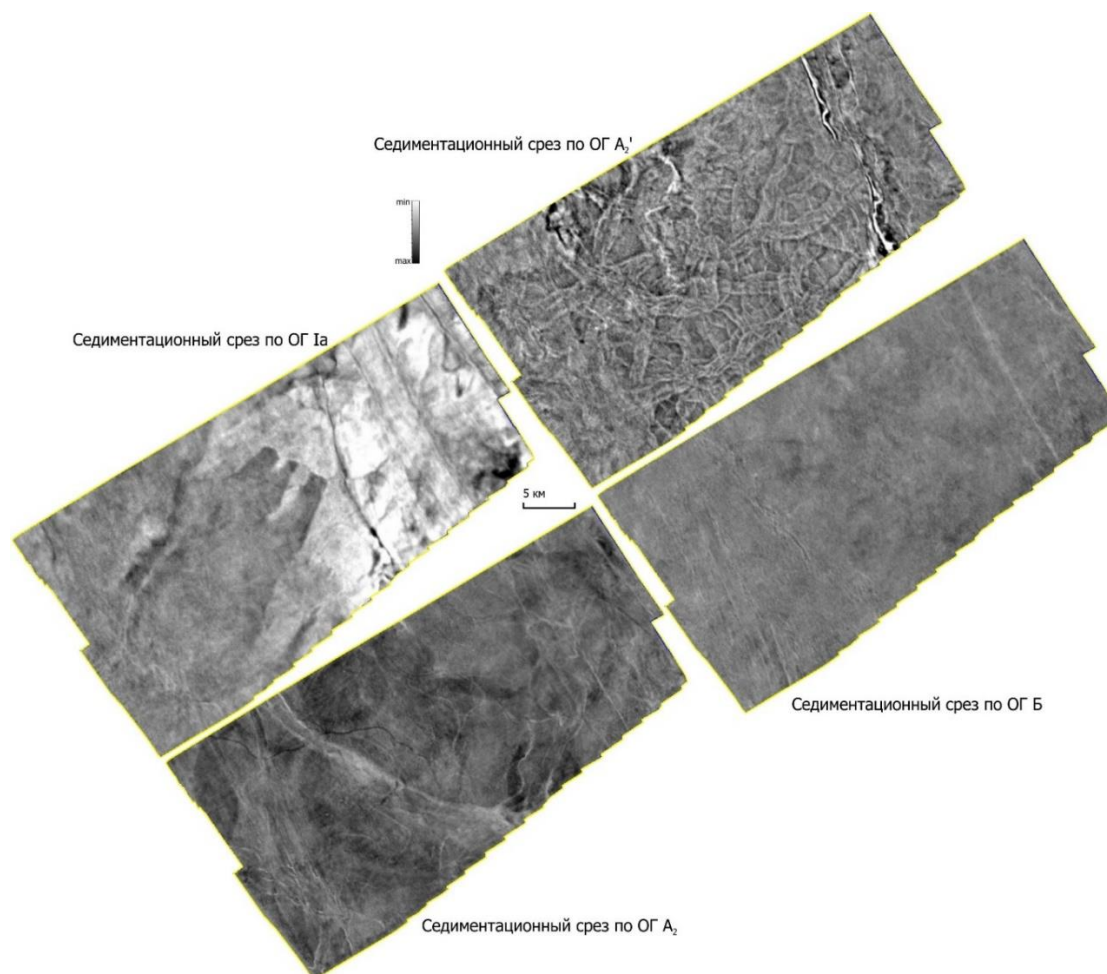


Рис. 4. Седиментационные срезы куба амплитуд

Наличие таких отражений является важной особенностью волновой картины Восточно-Баренцевоморского мегапрогиба. Подобного рода сейсмические аномальные объекты (идентифицируемые как силлы – от англ. sill), связанные с внедрением магматических пород в осадочную толщу, известны на континентальных окраинах всех океанов [Planke et al., 2000], а также в пределах некоторых рифтовых бассейнов материковой суши [Chen et al., 2022]. Для Баренцевоморского региона магматическая активность хорошо изучена [Шипилов, 2018]. Она проявляется в виде внедрения силлов в осадочные отложения перми, триаса, верхней юры и нижнего мела, также закартированы лавовые потоки на дневной поверхности [Grogan et al., 2000].

Согласно классификации типов интрузивных объектов по сейсмическим данным [Planke et al., 2005], выделяется четыре основных типа залегания такого рода объектов: параллельное (согласно вмещающим породам), плоско трансгрессивное (секущее вмещающие породы, формирующие стратиграфические несогласия), чашеобразное (комбинация первых двух типов – частично согласованное вмещающим породам залегание) и разломно-блоковое (согласно вмещающим породам и разломам). За исключением разломно-блокового, все указанные типы залегания интрузий встречены в сейсмическом поле триасового интервала разреза Ледового месторождения.

Изотопные датировки абсолютного возраста морских и сухопутных данных Баренцево-Карского региона позволяют выделить несколько этапов активизации тектономагматических процессов, среди которых силурийско-раннедевонский, позднедевонско-раннекарбонный, позднепермско-триасовый, среднеюрско-меловой и кайнозойский. При этом в пределах каждого этапа внедрение магматических расплавов происходило в пульсирующем режиме, что подтверждается бурением скв. Лудловская-1, которая вскрыла в интервале терригенных триасовых отложений два пласта, отнесенных друг от друга на 150 м, толщиной 27 и 5 м (рис. 5) соответственно, представленных габбро-диабазами и габбро-долеритами (аномально высокие сопротивления на кривой бокового каротажа). Возраст первого пласта составляет 131–139 млн лет, второго – 159 млн лет, что соответствует готериву-валанжину (ранний мел) и оксфорду (поздняя юра) [Шипилов, 1998].

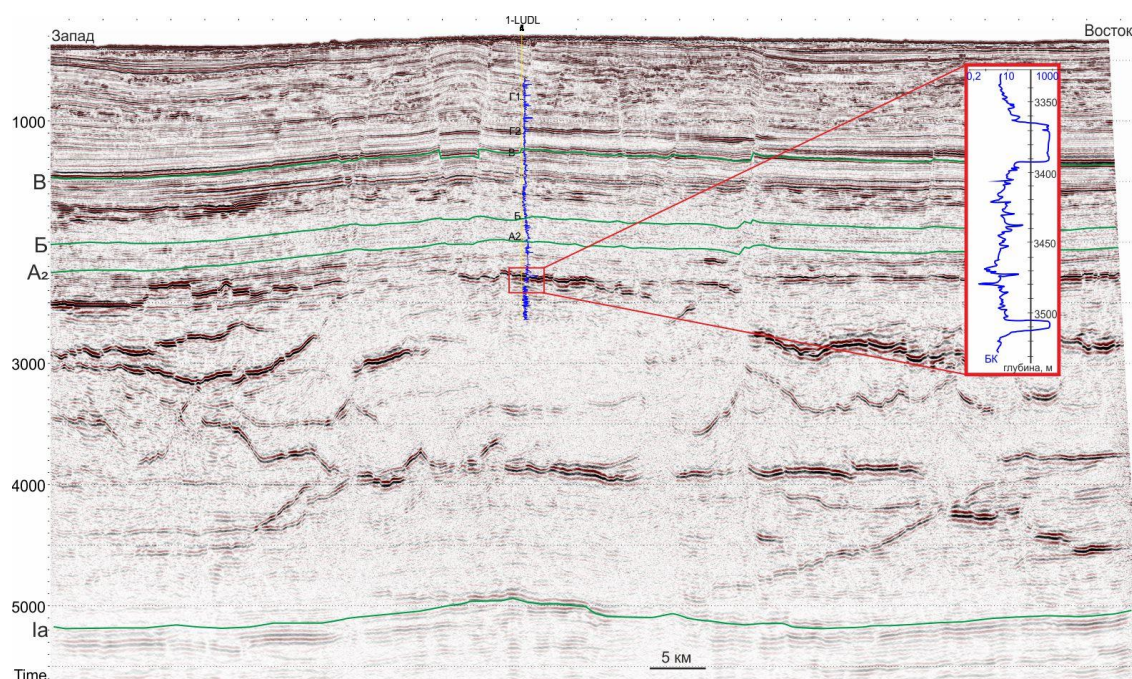


Рис. 5. Сейсмический разрез через скв. Лудловская-1

Среди волновых пакетов высокой интенсивности на Ледовом месторождении нами были выделены только те ОГ, которые уверенно отождествляются в волновом поле с возможностью прослеживания на значительной территории. При этом стоит понимать, что не каждое магматическое тело может формировать самостоятельное отражение. Во-первых, существуют ограничения разрешающей способности сейсморазведки, связанные с частотой регистрируемого сейсмического отклика. Во-вторых, сказывается экранирующий эффект вышележащих силлов, которые зачастую формируют высококонтрастные отражения. По крайней мере, такое объяснение было предложено в работе [Planke et al., 2005] для одного из вскрытых скважиной интрузивного тела с невыразительным сейсмическим обликом.

Помимо ярких отражений, связанных с силами, особенностью сейсмического материала Свальбардской и Баренцево-Карской плит является наличие вертикальных или слабонаклонных столбообразных объектов в нижней части разреза в виде потери когерентности отражений шириной от первых сотен метров до нескольких километров и высотой до нескольких километров. Зачастую такие зоны приурочены к положительным структурам верхней части разреза [Шельфовые осадочные бассейны..., 2020; Шипилов и др., 2021], либо к погребенным вулканам, в том числе гидротермальным [Planke et al., 2005]. Данные объекты принято ассоциировать с дайками.

На Ледовом месторождении (в пределах площади съемки МОГТ 3D) таких объектов (даек) нет, что обусловлено, вероятно, меньшей интенсивностью магматизма. В связи с этим возникает вопрос с идентификацией путей перемещения магмы. Поскольку столбообразных объектов, связанных с дайками в сейсмическом поле Ледового месторождения не обнаружено, а разломные нарушения фиксируются, нами сделан вывод о ключевой роли именно разрывных нарушений в контроле распространения силлов в триасовой толще.

РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ КАК ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ МАГМЫ

Согласно региональным исследованиям (потенциальные и волновые поля) [Бургуто и др., 2016], в пределах Баренцева моря выделяется множество разломов, которые формируют несколько систем разрывных нарушений в фундаменте, палеозойском комплексе, а также в триасе и юре. В первую очередь это региональные разломы, выступающие границами между крупными блоками земной коры, протягивающиеся на сотни километров. Они представлены, главным образом, дизъюнктивными дислокациями типа сбросов и сдвигов. Основное их простирание – северо-западное. Имея древнее заложение, данные разломы реактивированы в неотектоническое время [Бургуто и др., 2016]. Этому же направлению отвечает простирание даек на спутниковых снимках островной суши Земли Франца Иосифа, свободной от ледников [Шипилов, 2018].

Для максимально эффективного извлечения информации из сейсмического куба о тектонических нарушениях в пределах изученной съемки МОГТ 3D был использован алгоритм расчета куба вероятностей разломов, который имеет неоспоримые преимущества в идентификации вертикальных неоднородностей сейсмической записи в качестве разломов перед традиционными атрибутами типа когерентности и т. п., реализованный в отечественном программном комплексе GeoPlat Pro-S [Мифтахов и др., 2021]. Седиментационные срезы полученного куба в интервале триаса и юры представлены на рис. 6.

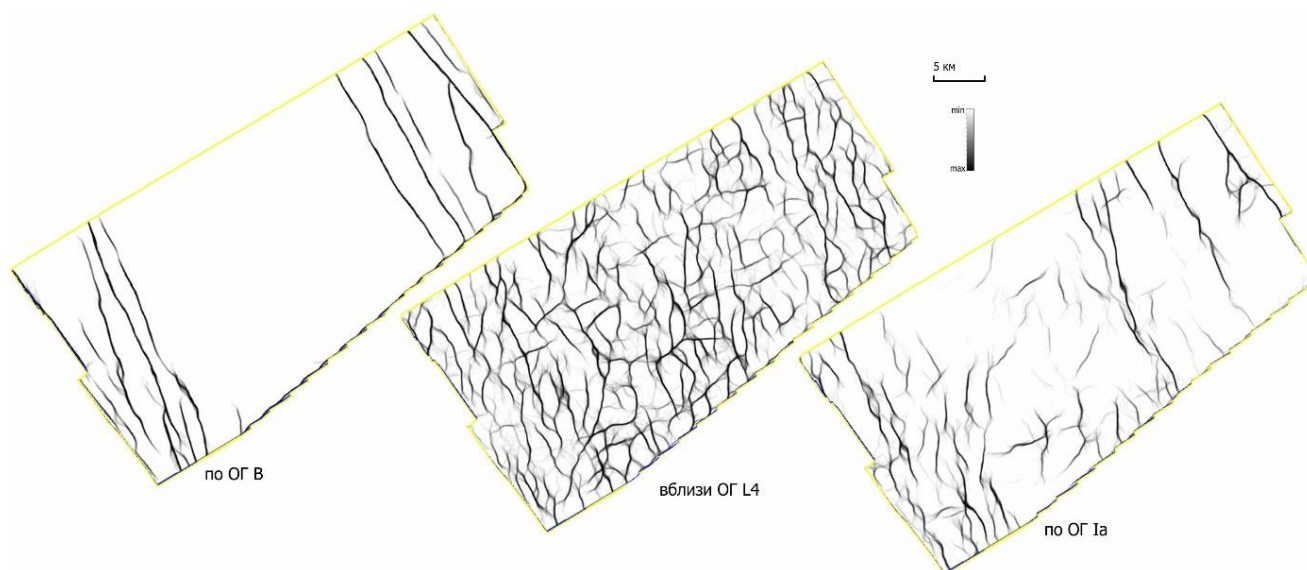


Рис. 6. Седиментационные срезы куба вероятности разломов

Наибольшая плотность разломов соответствует уровню внедрения силлов (ОГ L4), фиксируемые разломы имеют генеральное северо-западное простирание, которое лишь обозначается на общем фоне разнонаправленных нарушений переменной длины. Кровля палеозойских отложений (ОГ Ia) существенно менее подвержена разрывной тектонике, основное простирание разломов также северо-западное. Гораздо меньшее влияние на характер волнового поля оказали тектонические нарушения в юрском интервале разреза (ОГ В), где выделяются лишь единичные нарушения. Максимальная амплитуда вертикального смещения блоков достигает 90 мс (около 120 м). Выявленная общая северо-западная направленность и спрямленный характер фиксируемых линеаментов на седиментационных срезах куба вероятности разломов согласуется с представлениями о развитии региональной разломной тектоники.

Выделенные линеаменты приемлемо отображают видимые сдвиги осей синфазности (более нескольких шагов дискретизации), очевидно, связанные с разрывными нарушениями. Однако анализ карт атрибутов сейсмического поля показал наличие некоторого количества линеаментов в центральной части площади в юрском интервале разреза, которые не сопровождаются нарушением сплошности осей синфазности (рис. 7). Поскольку аппаратные решения комплекса Geoplat Pro-S предполагают возможность дообучения алгоритма, был рассчитан дополнительный куб вероятности разломов, скорректированный в сторону увеличения восприимчивости алгоритма к распознаванию признаков разломов. Сопоставление полученных результатов представлено на рис. 8.

Нетрудно заметить, что в случае внесения дополнительных признаков разломов в расчет, в виде малоамплитудных (1–3 шага дискретизации) сдвигов осей синфазности, проявляются ранее не обозначившиеся линеаменты, прежде всего, это протяженные нарушения северо-западного простирания в центре площади. Кроме того, обнаружены оперяющие укороченные разломы северо-восточной направленности.

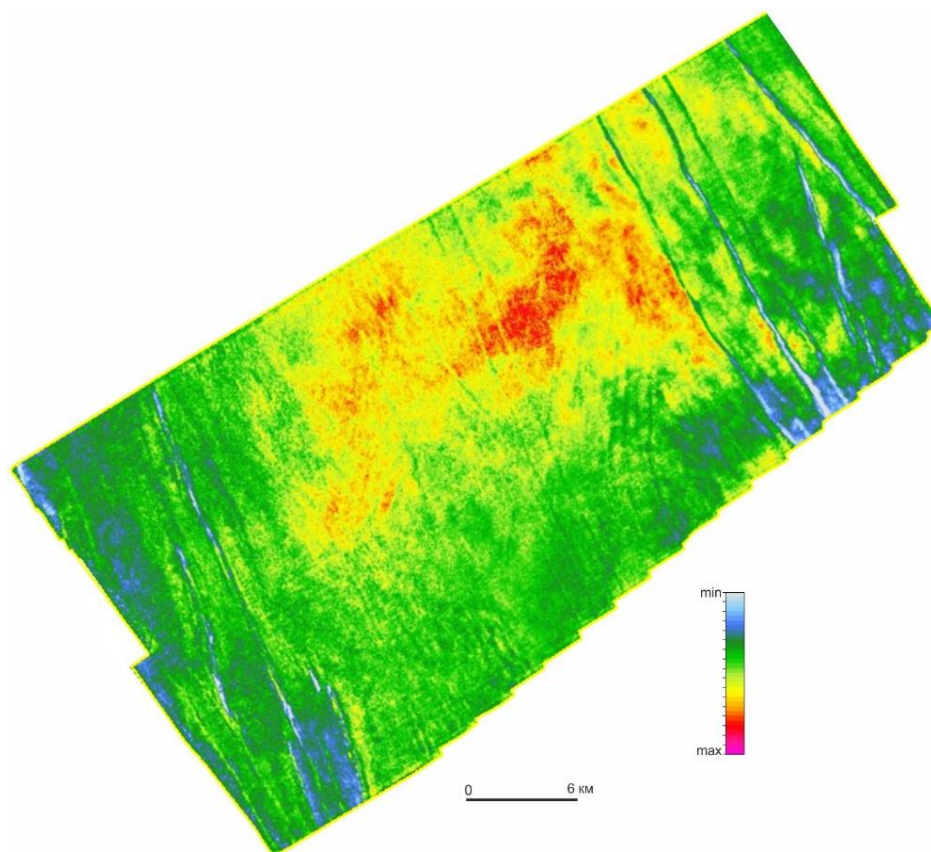


Рис. 7. Карта амплитуд ОБ В (сдвиг вниз 60 мс)

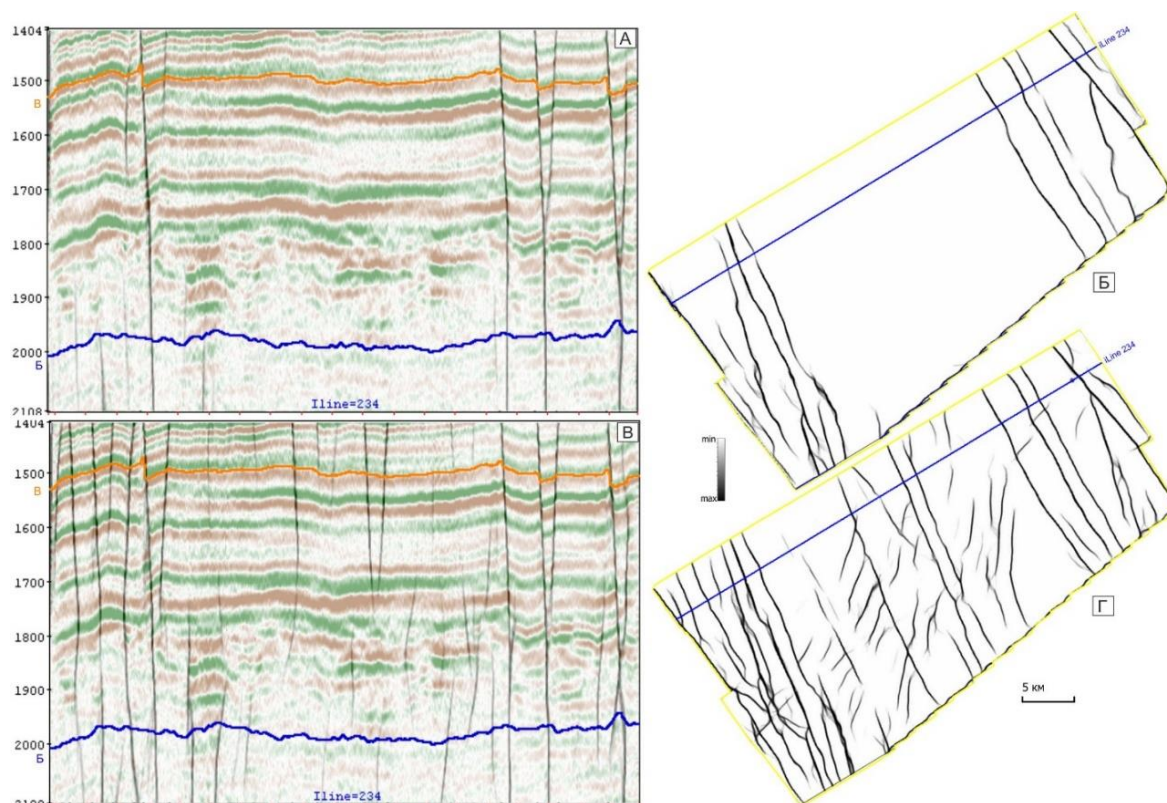


Рис. 8. Визуализация разломной тектоники юрского интервала, рассчитанной по различным алгоритмам (срезы по ОГ В): А, Б – параметры по умолчанию В, Г – дообучение алгоритма распознавания разломов

Анализируя полученные результаты (см. рис. 6, 8), следует заметить, что в юрском интервале разреза доминируют нарушения регионального, северо-западного простирания, осложненные мелкими (безамплитудными) дислокациями, заметными по сейсмическим атрибутам в центральной части площади съемки МОГТ 3D. Триасовый интервал внедрения интрузий, по которому фиксируется максимальное количество тектонических нарушений, характеризуется практически сплошным полем разнонаправленных разломов с различной амплитудой смещения.

АНАЛИЗ ТОЛЩИН СЕЙСМОКОМПЛЕКСОВ В ТРИАСОВОМ ИНТЕРВАЛЕ РАЗРЕЗА

Как сказано выше, в волновом сейсмическом поле Ледового месторождения в явном виде не отображаются столбчатые аномалии, связанные с внедрением магматических тел. Однако сами отражения, предположительно связанные с силами (ОГ группы L), формируют многочисленные кинематические аномалии, с выпуклой кровлей и/или вогнутой подошвой в виде линз и складок нагнетания. Наиболее яркий пример подобного рода аномалий зафиксирован между ОГ L4 и L5, особенно в центральной части площади, на линии 234 (см. рис. 3).

С целью локализации и анализа пространственного расположения выявленных аномалий временных толщин были построены карты изопакит смежных отражений (рис. 9). Толщины между самыми нижними закартированными горизонтами L1 и L2 имеют доминирующую аномалию на востоке, значения в пределах которой кратно превосходят фоновые данные. Область повышенных толщин ограничена четкими линиями северо-западного простирания.

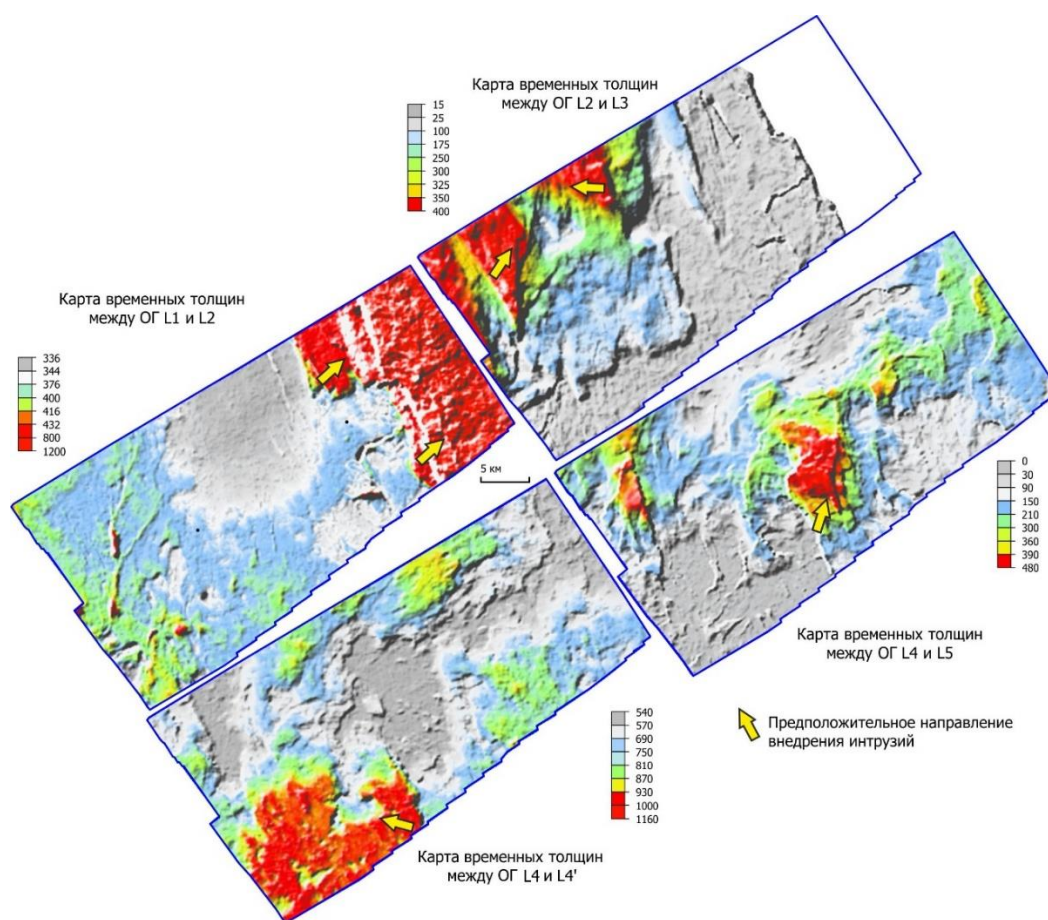


Рис. 9. Карта временных толщин между интрузивными горизонтами

Однако не стоит увязывать данный раздвиг с наличием единого крупного интрузива. Поскольку данная аномалия рассекается ОГ A_2' , который прослежен согласно терригенным седиментационным напластованиям триаса. То есть резкое воздымание ОГ L_2 связано со стратиграфически несогласным залеганием силлов.

По всей видимости, данная аномалия связана с многочисленными эпизодами последовательного (вверх по разрезу) внедрения интрузий в виде силлов. Питающими каналами данного образования выступили высокоамплитудные (до 30 мс/40 м) разломы, фиксируемые на восточном краю участка.

Граница прекращения прослеживаемости горизонта L_3 на востоке обусловлена наличием аномального подъема нижележащего горизонта L_2 , который, нарушая стратиграфические границы, резко вверх задирается в восточном направлении. Локальные максимумы толщин рассматриваемого сейсмокомплекса расположены в северо-западной части 3D съемки, также имеют крутые границы субмеридионального простирания, явно обусловленные наличием разрывных нарушений. При этом не наблюдается связи между амплитудами разломов, контролирующих данные аномалии толщин, и величинами временных раздувов. Максимальные толщины сейсмокомплекса порядка 400 мс приурочены как к высокоамплитудным разломам на западе (20–40 мс/40–50 м), так и к практически безамплитудным на востоке.

Сейсмокомплекс между ОГ L_4 и L_4' характеризуется существенными вариациями толщин. Минимальные мощности слоя приходятся на центральную часть площади, максимальные сосредоточены на ее юго-западе. В данном случае карта толщин также четко обозначает разломно-блоковую делимость территории. Во многом зеркально выше описанной картине зафиксировано увеличение толщин между ОГ L_4 и L_5 . Основная область раздува временных толщин приходится на центр 3D съемки, еще один локальный максимум толщин, меньших размеров (апофиз), отмечен на северо-западе площади.

Самый верхний прослеженный горизонт L_6 , связанный с силлами, ограниченно охватывает лишь северо-западную часть площади съемки. При этом зона прослеживания данного отражения укладывается между двумя экстремумами толщин нижележащего магматического сейсмокомплекса (рис. 10).

Таким образом, сопоставив положение областей с максимальными значениями закартированных толщин сейсмокомплексов, связанных с силлами, можно заметить последовательное смещение временных раздувов по площади для каждого последующего этапа внедрения интрузивных инъекций. Полистадийность внедрения магматических расплавов подтверждена региональными данными с определенными датировками, о чем было упомянуто выше. При этом, судя по скв. Лудловская-1, может существовать общая тенденция к уменьшению возраста внедрившихся силлов с сокращением глубины.

Исходя из теории формирования силлов, главным условием субсогласных инъекций магматического расплава в слоистую осадочную толщу является режим тектонического растяжения, в результате чего формируются ослабленные зоны с пониженным давлением вмещающих пород [Короновский, 2018].

Охлаждающиеся магматические расплавы формировали конечные камеры внедрения, плотность вещества в которых составляла порядка 2.9 г/см³ [Planke et al., 2005]. Плотность вмещающих пород, без учета разуплотнения, оценивается в пределах 2.5 г/см³. Соответственно, каждая последующая инъекция магмы осуществлялась через систему разрывных нарушений, в более податливую для внедрения область осадочной толщи, еще не затронутую магматизмом и ослабленную тектоническими напряжениями. Количество прослеженных горизонтов, связанных со строением интрузий, ограничено качеством сейсмических данных. Диапазоны перепадов глубин инъекционных объектов в разы превышают

неровности триасовых и юрско-меловых горизонтов. Это указывает на то, что постседиментационные магматические процессы не оказали существенного влияния на структурные планы верхней части осадочного чехла Ледового месторождения. В этой связи не стоит напрямую увязывать представленные здесь временные толщины между горизонтами группы L с реальной толщиной магматических объектов. Тем не менее, закартированные сейсмические отражения позволяют получить представление о характере поступления магмы и ее локализации в терригенных осадках триасовой толщи.

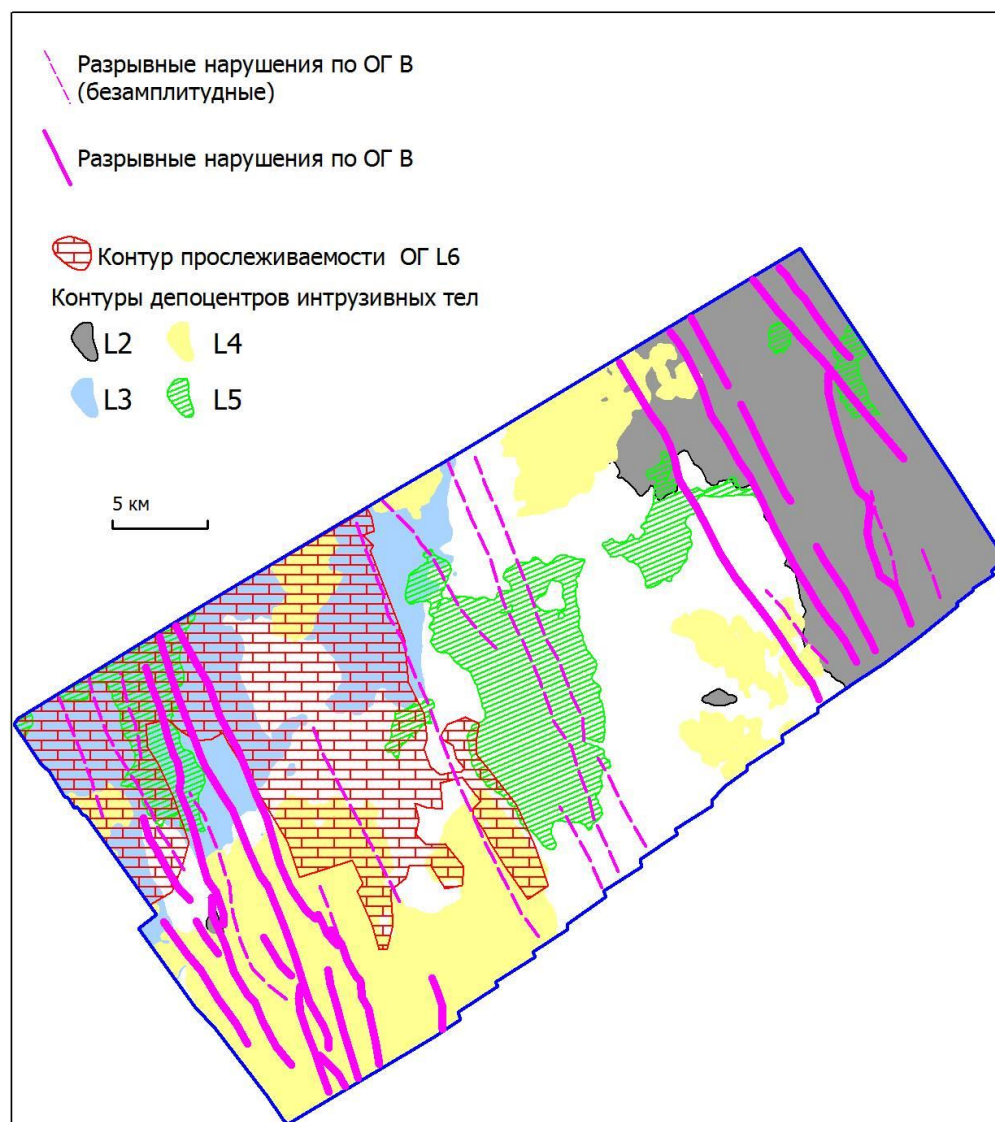


Рис. 10. Сопоставление основных депоцентров магматических сейсмокомплексов юрско-мелового возраста

Влияние глубинных магматических процессов на продуктивность в рамках данной статьи не рассматривалась. Однако стоит отметить, что вне зависимости от того, какой теории происхождения УВ придерживаются исследователи (органической или неорганической), все признают существенной роль интрузий на формирование залежей нефти и газа в Баренцевом море. Это либо увеличение газогенерационного потенциала «нефтематеринских» пород под воздействием разогретых магматических инъекций [Шипилов, 2018], либо интрузии выступают индикатором глубинной флюидодинамической активности региона, одним из факторов которой является наличие в разрезе УВ [Кудрявцев, 1973; Нежданов и др., 2023].

ВЫВОДЫ

Выделяемые аномальные объекты в сейсмическом поле триасовых отложений Ледового месторождения, обусловленные наличием интрузий (силлов), доступны для прослеживания и последующего изучения их особенностей с использованием современных данных сейсморазведки МОГТ 3D. Частично несогласное с вмещающей осадочной толщей залегание магматических пород (силлы залегают параллельно вмещающей толще [Planke et al., 2005, Fig. 8]), отличающихся повышенной акустической контрастностью, относительно терригенных, существенно затрудняет прослеживание последних, но вовлечение в интерпретационный процесс анализа седиментационных срезов увеличивает вероятность корректной идентификации объектов волнового поля.

В пределах изученного участка выделяется сеть разломных элементов северо-западного простирания, контролирующая толщины магматических сейсмокомплексов. Отсутствие признаков даек, столбообразных зон потери когерентности, в сейсмическом поле позволяет рассматривать тектонические нарушения в качестве основных путей внедрения магмы в осадочный чехол.

Установлено закономерное смещение раздувов временных толщин сейсмокомплексов, сложенных магматическими породами, что подтверждает полистадийный характер внедрения глубинных флюидов в осадочный чехол.

ЛИТЕРАТУРА

- Бургуто А.Г., Журавлев В.А., Заварзина Г.А., Зинченко А.Г., Зуйкова О.Н., Морозова М.В., Костин Д.А., Радченко М.С., Солонина С.Ф., Шкарубо С.И.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист S-(36),37 – Баренцево море (зап., центр. части). Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. 144 с. + 7 вкл.
- Короновский Н.В.** Общая геология: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения. – М.: КДУ, Добросвет, 2018.
- Кудрявцев Н.А.** Генезис нефти и газа. – Ленинград: Недра Пресс, 1973. – 216 с.
- Мифтахов Р.Ф., Авдеев П.А., Гогоненков Г.Н., Базанов А.К., Ефремов И.И.** Картирование тектонических нарушений на основе машинного обучения и нейронных сетей // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 123–136, doi: 10.31087/0016-7894-2021-3-123-136.
- 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. – № 2. – С. 14–21.
- Ольнева Т.В., Овечкина В.Ю.** Объектно-ориентированная корреляция как новый методический подход в процессе подготовки данных для сейсмофациального анализа // Геофизика. – 2016. – № 4. – С. 9–14.
- Структурно-тектоническая** схема Баренцево-Карского региона. Составлена по материалам ВНИИОкеанологии (Т. 5, кн. 1 Арк. Мор.) с изменениями и дополнениями. – Санкт-Петербург, 2004.
- Шельфовые** осадочные бассейны Российской Арктики: геология, геоэкология, минерально-сырьевой потенциал / Под ред. д-ра техн. наук Г.С. Казанина; АО «МАГЭ». – Мурманск, СПб.: Реноме, 2020. – 544 с., doi: 10.25990/dhw6-9x41.
- Шипилов Э.В.** О периодичности проявлений основного магматизма в пределах Западно-Арктической окраины Евразии в фанерозое // Вестник МГТУ. – 1998. – № 1 (3). – С. 97–104.

Шипилов Э.В. Базальтоидный магматизм и проблема газоносности Восточно-Баренцевского мегабассейна // Арктика: экология и экономика. – 2018. – № 2 (30). – С. 94–106, doi: 10.25283/2223-4594-2018-2-94-106.

Шипилов Э.В., Шкарубо С.И. Современные проблемы геологии и тектоники осадочных бассейнов Евразийско-Арктической континентальной окраины. Том 1. Литолого- и сейсмостратиграфические комплексы осадочных бассейнов Баренцево-Карского шельфа. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. – 266 с.

Шипилов Э.В., Лобковский Л.И., Шкарубо С.И. Природа региональных магнитных аномалий северо-востока Баренцево-Карской континентальной окраины по результатам интерпретации сейсмических данных // Арктика: экология и экономика. – 2021. – № 11 (2). – С. 195–204, doi: 10.25283/2223-4594-2021-2-195-204.

Chen H., Zhu X., Gawthorpe R.L., Wood L.J., Liu Q., Li S., Shi R., Li H. The interactions of volcanism and clastic sedimentation in rift basins: Insights from the Palaeogene–Neogene Shaleitian uplift and surrounding sub-basins, Bohai Bay Basin, China // Basin Research. – 2022. – Vol. 34 (3). – P. 1084–1112, doi: 10.1111/bre.12651.

Grogan P., Nyberg K., Fotland B., Myklebust R., Dahlgren S., Riis F. Cretaceous magmatism south and east of Svalbard: evidence from seismic reflection and magnetic data // Polarforschung. – 2000. – Vol. 68. – P. 25–34.

Planke S., Symonds P., Alvestad E., Skogseid J. Seismic volcanostratigraphy of large-volume basalt extrusive complexes on rifted margins // Journal of Geophysical Research. Solid Earth. – 2000. – Vol. 105 (B8). – P. 19335–19352, doi: 10.1029/1999JB900005.

Planke S., Rasmussen T., Rey S., Myklebust R. Seismic characteristics and distribution of volcanic intrusions and hydrothermal complexes in the Vøring and Møre Basins // Petroleum Geology: North-West Europe and Global Perspectives. Proceedings of the 6th Petroleum Geology Conference. – 2005. – Vol. 6. – P. 833–844, doi: 10.1144/0060833.

Posamentier H.W., Paumard V., Lang S.C. Principles of seismic stratigraphy and seismic geomorphology I: Extracting geologic insights from seismic data // Earth-Science Reviews. – 2022. – Vol. 228. – 103963, doi: 10.1016/j.earscirev.2022.103963.

REFERENCES

Burguto A.G., Zhuravlev V.A., Zavarzina G.A., Zinchenko A.G., Zuikova O.N., Morozova M.V., Kostin D.A., Radchenko M.S., Solonina S.F., Shkarubo S.I. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (3d generation). Seriya Severo-Karsko-Barentsevomorskaya. List S-(36),37. – Barents Sea (west, central parts). Explanatory notes [in Russian]. – Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, St. Petersburg, 2016. – 144 p. + 7 suppl.

Chen H., Zhu X., Gawthorpe R.L., Wood L.J., Liu Q., Li S., Shi R., Li H. The interactions of volcanism and clastic sedimentation in rift basins: Insights from the Palaeogene–Neogene Shaleitian uplift and surrounding sub-basins, Bohai Bay Basin, China // Basin Research. – 2022. – Vol. 34 (3). – P. 1084–1112, doi: 10.1111/bre.12651.

Grogan P., Nyberg K., Fotland B., Myklebust R., Dahlgren S., Riis F. Cretaceous magmatism south and east of Svalbard: evidence from seismic reflection and magnetic data // Polarforschung. – 2000. – Vol. 68. – P. 25–34.

Koronovskiy N.V. General geology [in Russian]. – KDU, Dobrosvet, Moscow, 2018.

Kudryavtsev N.A. Genesis of oil and gas [in Russian]. – Nedra Press, Leningrad, 1973. – 216 p.

- Miftakhov R.F., Avdeyev P.A., Gogonenkov G.N., Bazanov A.K., Efremov I.I.** Mapping of faults based on machine learning and neural networks // Russian Oil and Gas Geology. – 2021. – Vol. 3. – P. 123–126, doi: 10.31087/0016-7894-2021-3-123-136.
- 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 // Bureniye i Neft'. – 2023. – Vol. 2. – P. 14–21.
- Olneva T.V., Ovechkina V.Yu.** Object-oriented correlation as a new methodological approach in the preparation of data for seismic facies analysis // Geofizika. – 2016. – Vol. 4. – P. 9–14.
- Planke S., Symonds P., Alvestad E., Skogseid J.** Seismic volcanostratigraphy of large-volume basalt extrusive complexes on rifted margins // Journal of Geophysical Research. Solid Earth. – 2000. – Vol. 105 (B8). – P. 19335–19352, doi: 10.1029/1999JB900005.
- Planke S., Rasmussen T., Rey S., Myklebust R.** Seismic characteristics and distribution of volcanic intrusions and hydrothermal complexes in the Vøring and Møre Basins // Petroleum Geology: North-West Europe and Global Perspectives. Proceedings of the 6th Petroleum Geology Conference. – 2005. – Vol. 6. – P. 833–844, doi: 10.1144/0060833.
- Posamentier H.W., Paumard V., Lang S.C.** Principles of seismic stratigraphy and seismic geomorphology I: Extracting geologic insights from seismic data // Earth-Science Reviews. – 2022. – Vol. 228. – 103963, doi: 10.1016/j.earscirev.2022.103963.
- Shelf** sedimentary basins of the Russian Arctic: geology, geo-ecology, mineral resources potential / Kazanin G.S. (Ed.), JSC MAGE. – Murmansk, Renome, St. Petersburg, 2020. – 544 p., doi: 10.25990/dhw6-9x41.
- Shipilov E.V.** About demonstration cycle of the basic magmatism in the Phanerozoic in West Arctical edge of Eurasia // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. – 1998. – Vol. 1 (3). – P. 97–104.
- Shipilov E.V.** Bazaltoid magmatism and the problem of the gas potential of the east-Barents megabasin // Arctic: Ecology and Economy. – 2018. – Vol. 2 (30). – P. 94–106, doi: 10.25283/2223-4594-2018-2-94-106.
- Shipilov E.V., Shkarubo S.I.** Current issues of geology and tectonics of sedimentary basins of Eurasian-Arctic continental margin. Vol. 1. Lithologic- and seismostratigraphic complexes of sedimentary basins of the Barents-Kara shelf [in Russian]. – KNTs RAN, Apatity, 2010. – 266 p.
- Shipilov E.V., Lobkovskiy L.I., Shkarubo S.I.** The nature of regional magnetic anomalies in the northeast of the Barents-Kara continental margin based on the results of seismic data interpretation // Arctic: Ecology and Economy. – 2021. – Vol. 11 (2). – P. 195–204, doi: 10.25283/2223-4594-2021-2-195-204.
- Structural** and tectonic scheme of the Barents-Kara region, VNIIOkeanologii with modifications (Vol. 5, Book 1, Arc. Seas). – St. Petersburg, 2004.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

СМИРНОВ Александр Сергеевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геофизики Тюменского индустриального университета. Начальник центра обработки и интерпретации данных разведочной геофизики ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Основные научные интересы: комплексная обработка и интерпретация геолого-геофизических данных.

СПОДОБАЕВ Александр Анатольевич – старший научный сотрудник центра обработки и интерпретации данных разведочной геофизики ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Основные научные интересы: комплексная интерпретация данных сейсморазведки.

НЕЖДАНОВ Алексей Алексеевич – доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник. Заслуженный геолог РФ. Советник по геологии ФАУ «ЗапСибНИИГГ». Основные научные интересы: геология и геофизика Западной Сибири, интерпретация геолого-геофизических данных.

*Статья поступила 8 февраля 2023,
принята к печати 16 марта 2023*