

УДК 552.834.05

DOI 10.47148/0016-7894-2025-1-37-45

Прослеживание трапповых тел в сейсмическом поле на разных стратиграфических уровнях в условиях карбонатно-галогенного разреза Ангаро-Ковыктинской зоны нефтегазоаккумуляции

© 2025 г. | Н.В. Татьяна¹, А.Е. Козионов², А.С. Смирнов³¹ООО «ТНГ-Информационные технологии», Бугульма, Россия; tng-it@tng.ru²ООО «ТНГ-Групп», Бугульма, Россия; tng@tng.ru³Тюменский индустриальный университет, Тюмень; smirnovas@tyuiu.ru

Поступила 08.12.2024 г.

Доработана 20.12.2024 г.

Принята к печати 24.12.2024 г.

Ключевые слова: *силл; интрузия; стратиграфические уровни; Ангаро-Ленская ступень; МОГТ-3D; вендско-кембрийский комплекс.*

Аннотация: В статье представлены результаты комплексной интерпретации прослеживания зон переходов силлов на разные стратиграфические уровни. Уточнение этих участков стало возможно благодаря сейсмическим исследованиям МОГТ-3D. Зоны перехода интрузивных пластов могут быть связаны с участками трещиноватости и активной флюидодинамики. С помощью интерпретации вертикальных срезов, прослеживания кровли и подошвы пластовых интрузий, а также с привлечением различных модификаций сейсмических кубов, удалось уточнить участки их перехода через кровлю тэтэрской свиты, выхода интрузии через осинский горизонт в усольскую свиту, а также обнаружить место возможного глубокого флюидопроявления. Представлены примеры волнового поля, сопоставляемые с различными типами воздействия интрузивов на вмещающие породы. Выявлена аномальная зона предполагаемого многоярусного силла. Эта зона характеризуется интенсивным глубинным теплообменом, в ней могли образоваться биогермообразные сооружения — потенциальные коллекторы. Высокую активность этой территории также подтверждают вертикальные аномалии — трубки дегазации. Методы сейсморазведки позволяют обнаружить все эти геологические особенности. Совокупность большого числа геологических факторов, свидетельствующих о наличии коллекторов и путей миграции, обеспечивает повышенный интерес к таким территориям в Восточной Сибири.

Для цитирования: Татьяна Н.В., Козионов А.Е., Смирнов А.С. Прослеживание трапповых тел в сейсмическом поле на разных стратиграфических уровнях в условиях карбонатно-галогенного разреза Ангаро-Ковыктинской зоны нефтегазоаккумуляции // Геология нефти и газа. — 2025. — № 1. — С. 37–45. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-1-37-45.

Trap bodies tracing in seismic field at different stratigraphic levels in halogenic-carbonate section of Angaro-Kovyktinsky oil and gas accumulation zone

© 2025 | Tatyana N.V.¹, Kozionov A.E.², Smirnov A.S.³¹TNG-Information Technologies LLC, Bugulma, Russia; tng-it@tng.ru²TNG-Group LLC, Bugulma, Russia; tng@tng.ru³Tyumen industrial university, Tyumen; smirnovas@tyuiu.ru

Received 08.12.2024

Revised 20.12.2024

Accepted for publication 24.12.2024

Key words: *sill; intrusion; stratigraphic level; Angaro-Lensky flat; 3D CDP; Vendian-Cambrian series.*

Abstract: The authors present the results of integrated interpretation of zones of sill transition to different stratigraphic levels. These areas could be further updated thanks to 3D CDP seismic studies. Zones of intrusive layer transition can be associated with areas of jointing and active fluid dynamics. By interpreting vertical slices, tracing sill tops and bases, and using various seismic volume modifications, it became possible to clarify the areas of their crossing the Tetersky Fm Top, the intrusion exit through the Osinsky Horizon into the Usol'sky Fm, and also to identify the place of a possible deep fluid occurrence. The examples of wavefield corresponding to different types of an intrusion impact on host rocks are shown. An anomalous zone of the supposed multilevel sill is identified. This zone is represented by an area with intensive deep heat exchange, where bioherm-like structures — potential reservoirs — could be formed. Vertical anomalies (so called gas-liberation pipes) also confirm the high activity of this territory. Seismic methods allow recording all these geological features. The combination of numerous geological factors indicating reservoirs and migration pathways presence provides a deeper interest in such areas of Eastern Siberia.

For citation: Tatyana N.V., Kozionov A.E., Smirnov A.S. Trap bodies tracing in seismic field at different stratigraphic levels in halogenic-carbonate section of Angaro-Kovyktinsky oil and gas accumulation zone. *Geologiya nefi i gaza*. 2025;(1):37–45. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-1-37-45. In Russ.



Введение

Широкое распространение магматических пород на территории Ангаро-Ленской ступени уже на начальных этапах освоения привело многих исследователей к необходимости изучения конфигурации и стратиграфических уровней этих тел [1–6] (рис. 1).

Механизм внедрения пластовых интрузивных тел дискуссионный. По одной из версий при внедрении нагретой до 1000–1200 °С магмы впереди силла двигалась парогазовая подушка, способствовавшая раздвижению пластов-коллекторов и более быстрому перемещению интрузивного тела. Также не исключается механизм инфильтрационного или диффузного магматического замещения. При кон-

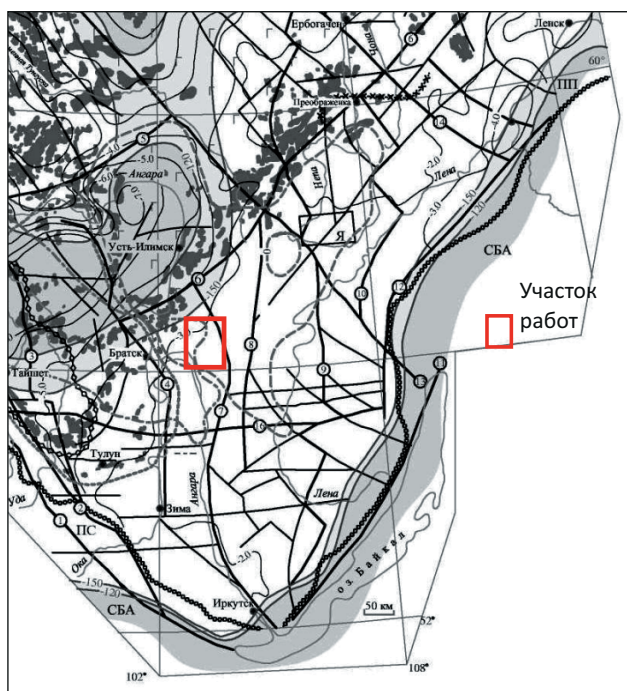
такте магмы с карбонатными породами могла происходить ассимиляция вмещающих пород.

Влияние магматизма на залежи УВ

Воздействие магматических пород на скопления УВ неоднозначно и несет как положительные, так и отрицательные аспекты (катагенез, изменение коллекторских свойств, образование непроницаемого экрана, механическое воздействие). Докембрийские толщи на территории Восточной Сибири изначально генерировали жидкие УВ. В зонах интенсивного проявления интрузивного магматизма происходило переформирование залежей в газовые и газоконденсатные. Скопления УВ рифейского и вендского возраста были частично разрушены и перемещены под региональную со-

Рис. 1. Структурная позиция траппов юга Сибирской платформы ([5] с изменениями)

Fig. 1. Structural position of traps in the south of Siberian platform [5]



- 1 — граница распространения осадочного чехла;
 - 2 — контуры астенولينз (по изогипсе поверхности астеносферы –150 км);
 - 3 — апикальные области астенولينз (по изогипсе поверхности астеносферы –120 км);
 - 4 — изогипсы поверхности фундамента платформы, км;
 - 5 — глубинные разломы региональные (а), прочие (б);
 - 6 — интрузии траппов, выходящие на современную дневную поверхность (дайки, штоки, неправильные тела);
 - 7 — контуры распространения силлов траппов в осадочном чехле платформы (7–11):
 - 7 — Мотского, 8 — Усольского, 9 — Тулунского, 10 — Нижнеудинского, 11 — Тунгусского; 12 — участки выклинивания траппов внутри контура сила;
 - 13 — область интенсивного проявления вулканизма; 14 — контур Ярактинской площади.
- Астенولينзы: АТА — Ангаро-Тунгусская, ВА — Вилуйская, СБА — Саяно-Байкальская.
- Антеклизы: АНБ — Ангаро-Непско-Ботуобинская, Б — Байкитская.
- Синеклизы: ПЕ — Присяяно-Енисейская, Т — Тунгусская.

Прогибы: ПС — Присяянский, ПП — Предпатомский, В — Вельминская впадина.

Региональные разломы: 1 — главный Саянский, 2 — Бирюсинский, 3 — Присяяно-Енисейский, 4 — Окино-Вихоревский, 5 — Ангаро-Катангский,

6 — Ангаро-Вилуйский, 7 — Ангарский, 8 — Кайманово-Кутский, 9 — Таймыро-Байкальский (западный), 10 — Таймыро-Байкальский (восточный), 11 — Приморский, 12 — Аkitкано-Джербинский, 13 — Байкало-Катангский, 14 — Витимо-Тунгусский, 15 — Нижне-Тунгусский, 16 — Бирюсинско-Ленский

1 — boundary of sedimentary cover; 2 — astenolens outline (along the structural contour of astenosphere surface – 150 km); 3 — apical areas of astenolenses (along the structural contour of astenosphere surface – 120 km); 4 — structural contours of the platform Basement, km; 5 — regional deep seated faults (a), other faults (b); 6 — trap intrusions coming out to the day (dikes, stocks, out-of-shape bodies); boundaries of trap sill occurrence in the platform sedimentary cover (7–11): 7 — Motsky, 8 — Usol'sky, 9 — Tulunsky, 10 — Nizhneudinsky, 11 — Tungussky; 12 — areas of trap thinning out inside the sill; 13 — area of intense volcanism; 14 — boundary of Yarakinsky area

Astenolenses: АТА — Angaro-Tungusky, ВА — Vilyuisky, СБА — Sayano-Baikal'sky.

Anteclises: АНБ — Angaro-Nepsey-Botuobinsky, Б — Baikitsky.

Syneclises: ПЕ — Prisyayano-Yeniseisky, Т — Tungussky.

Troughs: ПС — Prisyayansky, ПП — Predpatomsky, В — Vel'minsky depression.

Regional faults: 1 — main Sayansky, 2 — Biryusinsky, 3 — Prisyayano-Yeniseisky, 4 — Okino-Vikhorevsky, 5 — Angaro-Katangsky, 6 — Angaro-Vilyuisky, 7 — Angarsky, 8 — Kaimanoo-Kutsky, 9 — Taimyro-Baikal'sky (western), 10 — Taimyro-Baikal'sky (eastern), 11 — Primorsky, 12 — Akitkano-Dzherbinsky, 13 — Baikalo-Katangsky, 14 — Vitimo-Tungussky, 15 — Nizhne-Tungussky, 16 — Biryusinsko-Lensky

леносную покрывку. К примеру, залежи УВ в карбонатных отложениях Непско-Ботубинской антеклизы, по всей вероятности, вторичны, поскольку приурочены либо к линейным участкам переходов силлов с одного стратиграфического уровня на другой (совпадающим с разломами), либо к зонам локального внедрения интрузий. Актуальность поиска таких зон неуклонно растет в связи с освоением новых территорий Восточной Сибири [7].

Стратиграфическая приуроченность интрузий

Большая часть скоплений УВ в Восточной Сибири приурочена к стратиграфическим уровням, залегающим ниже силлов, т. е. к породам, не попавшим в зону интенсивного теплового воздействия, например, к венду (рис. 2). Но обнаружено множество залежей, таких как осинские, находящихся между интрузиями. Таким образом, для прогноза возможности существования и сохранности предполагаемой залежи важно знать стратиграфическую приуроченность магматического тела.

Различные геофизические исследования и бурение скважин позволили составить сначала схематические, а позже и более детальные карты размещения интрузий [8–11].

По данным бурения, взаимное расположение магматических тел обычно выглядит, как показано на рис. 3. Резкое изменение мощности, частые переходы, обширные тела силлов — все это на протяжении долгих лет становилось предметом для дополнительных исследований на территории Восточной Сибири.

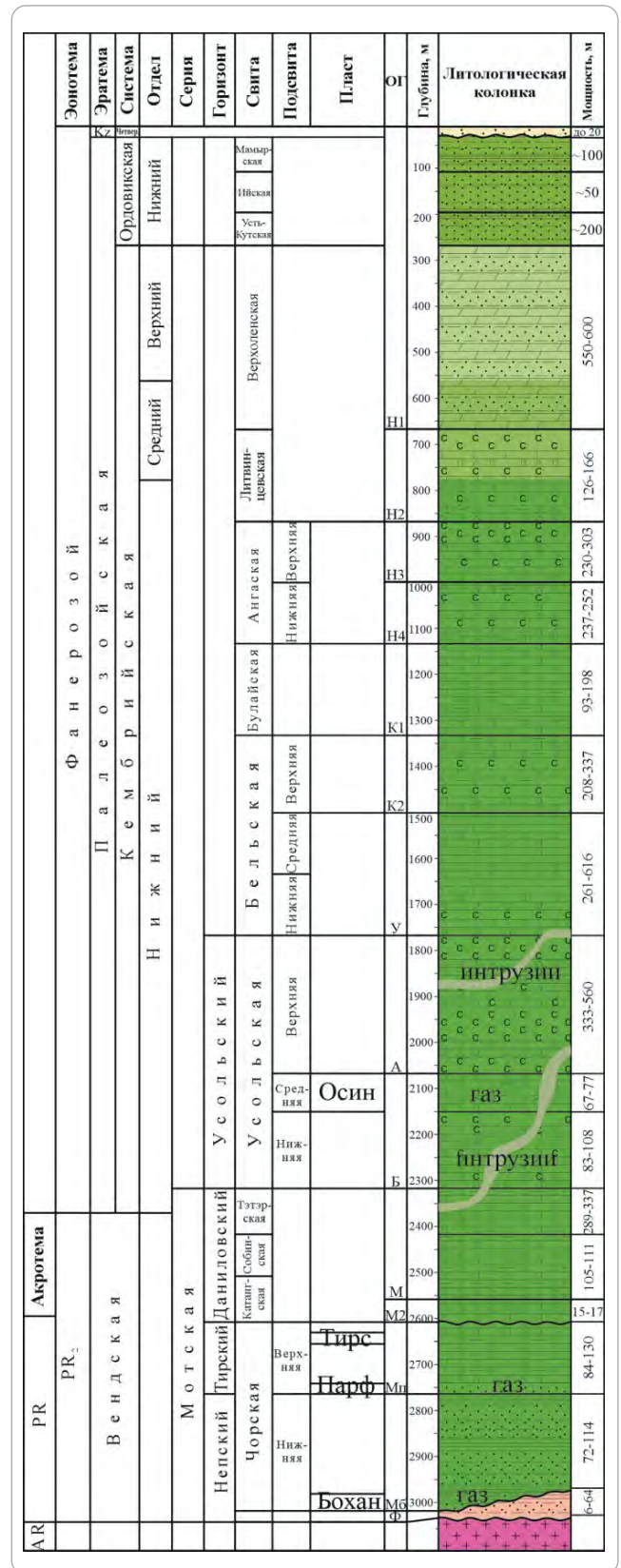
Для уверенного прослеживания протяженных силлов от Ковыктинского до Братского месторождения и на север к Илимской площади имеющегося числа скважин явно недостаточно (см. рис. 3). Выявленное распространение носит схематичный характер, отражая лишь главные особенности. Бурение новых скважин решает эту проблему не полностью, так как информация о силлах в одной точке не дает полного представления о их распространении. Одним из эффективных способов уточнения границ и уровней распространения служит 3D-сейсморазведка.

Выделение интрузий по данным МОГТ-3D

Участок работ, рассматриваемый в данной статье, находится на западном окончании Ангаро-Ленской ступени, в переходной зоне к Братскому выступу. Этот район, согласно различным исследованиям, находится либо в зоне, где нет интрузий, либо в ее краевой части с минимальным влиянием магматического воздействия. Однако бурение скважин подтвердило наличие интрузий в разрезе осадочного чехла — в тэтэрской и бельской свитах. Их толщина составила 70–135 м (рис. 4).

В ходе комплексной интерпретации куба сейсмических данных на участке шириной всего 22 км² были выявлены переходы интрузивного тела из подосинского интервала в мотской, иногда крат-

Рис. 2. Сводная стратиграфическая колонка
Fig. 2. Summary stratigraphic chart



ковременные или частичные воздымания интрузий из подосинского горизонта в усольскую свиту (рис. 5). Такое пересекающееся в пространстве расположение высокоскоростных тел многократно



Рис. 3. Выкопировка приложения 9 листа 2 из отчета Ярославской сейсморазведочной партии № 52/90-91
 Fig. 3. Fragment of Appendix 9, Sheet 2 of the Report of Yarosamsky Seismic Crew 52/90-91

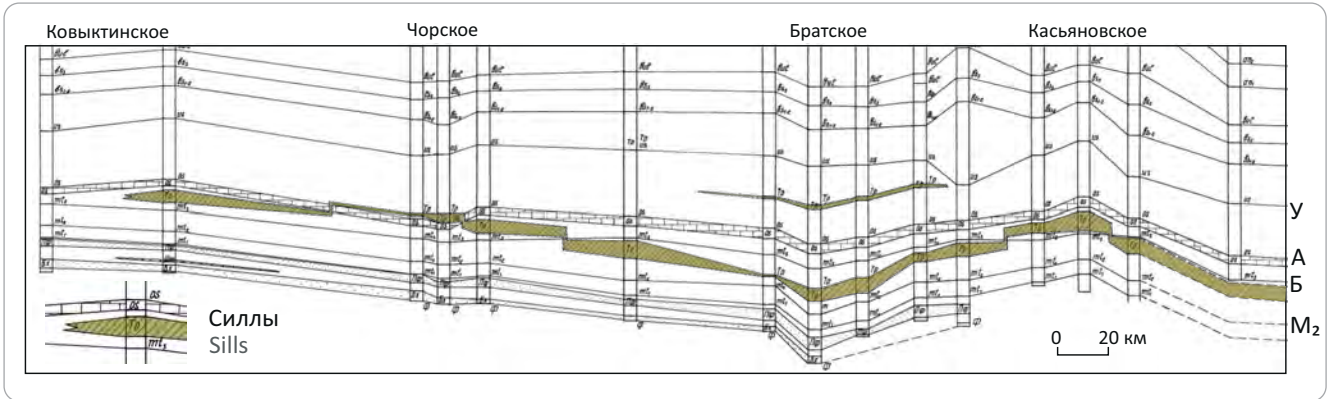
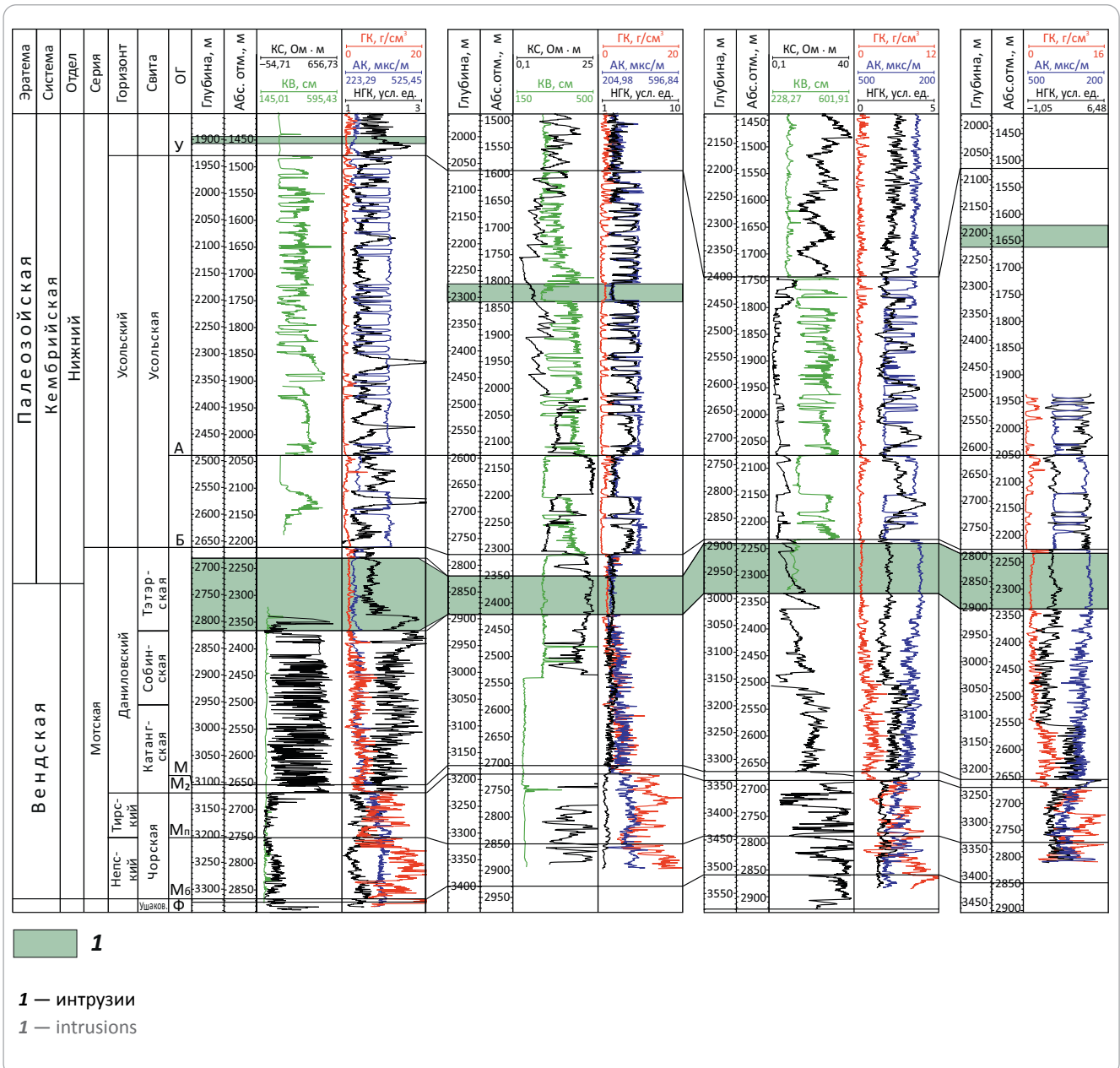
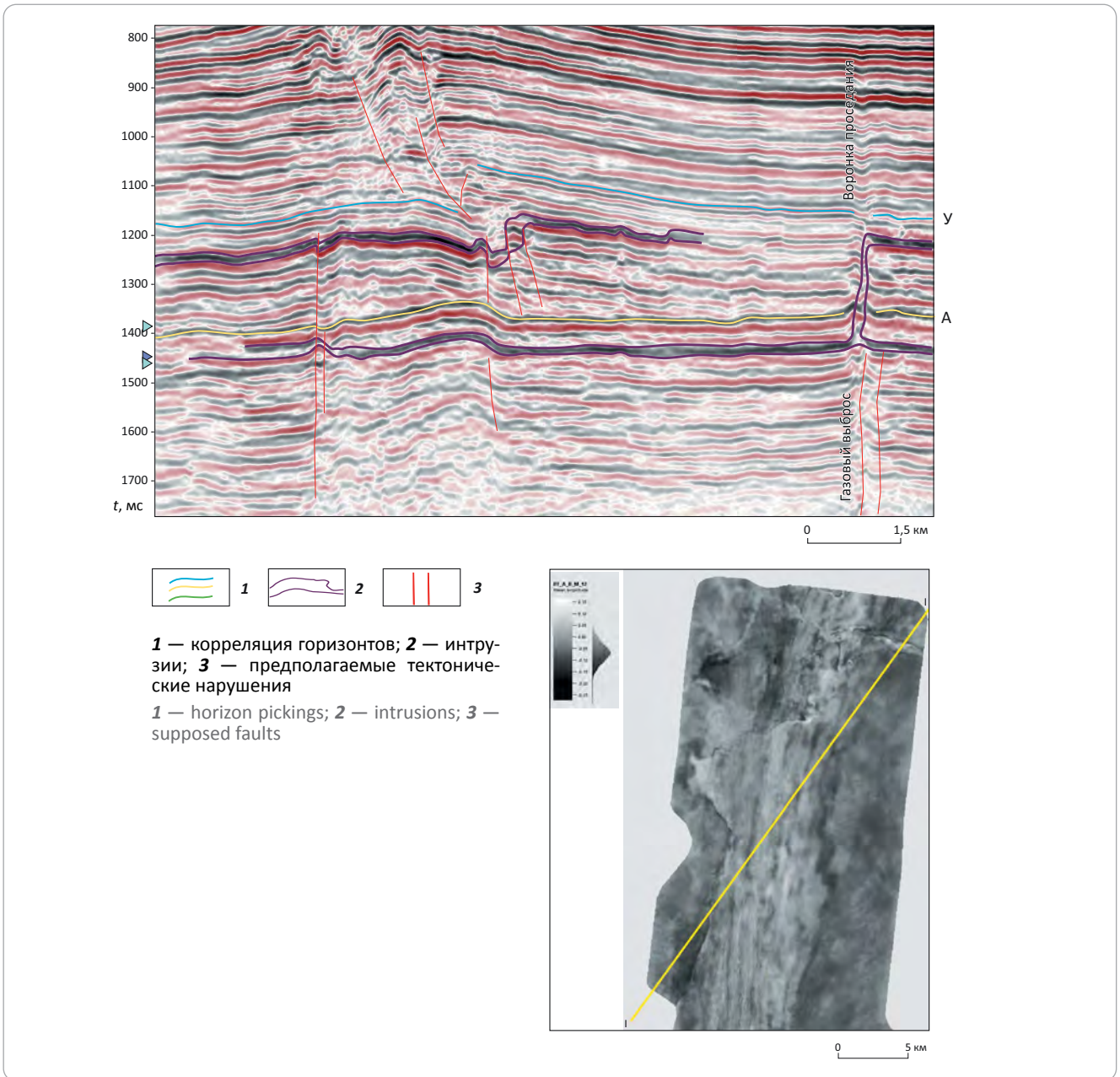


Рис. 4. Схема корреляции скважин с выделенными интрузиями (выравнивание на кровлю осинского горизонта)
 Fig. 4. Well correlation chart with intrusions highlighted (flattening to the Osinsky Top)



1 — интрузии
 1 — intrusions

Рис. 5. Срез куба сейсмических данных по линии траверса I-I с выделенными интрузиями
Fig. 5. Seismic data cube slice with traps identified intrusions on traverse I-I



усложняет обработку и интерпретацию сейсмического материала на каждом этапе исследований. Однако результаты этих работ впервые значительно уточнили границы развития интрузивных тел, а также помогли зафиксировать зоны их перехода с одного стратиграфического уровня на другой.

При прослеживании силлов замечены следующие особенности.

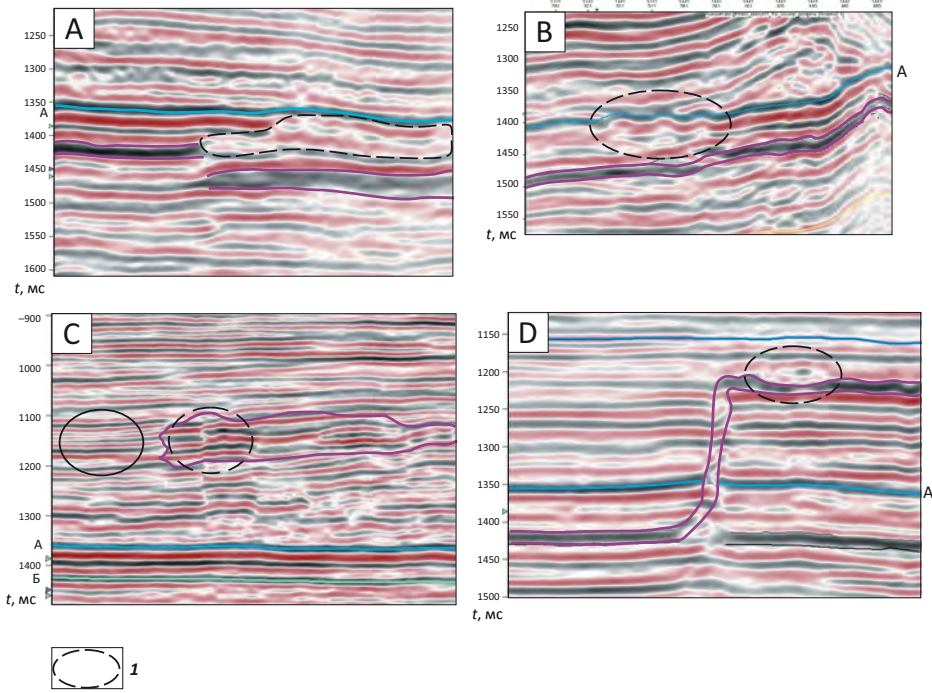
1. Различное отображение интрузий разной мощности в волновом поле на разном стратиграфическом уровне. Это определяется составом вмещающих пород и перепадом сейсмических скоростей на границах с интрузией. Так, интрузивное тело толщиной 40 м в усольском интервале выглядит контрастно на фоне вмещающих пород, представ-

ленных тонким переслаиванием солей и доломитов с относительно низкой скоростью сейсмических волн в них. В мотском интервале пласт долеритов не столь контрастен. Вмещающие породы более плотные и сейсмические скорости в них близки к скорости в силле.

2. Следы выщелачивания, засоления в контактной зоне, смятие пород при движении интрузивного клина, повышение частотного состава сейсмической записи в зоне интрузии (см. рис. 6). Контактная зона с интрузией нередко характеризуется пониженными значениями амплитуд. Часто такая зона не наблюдается.

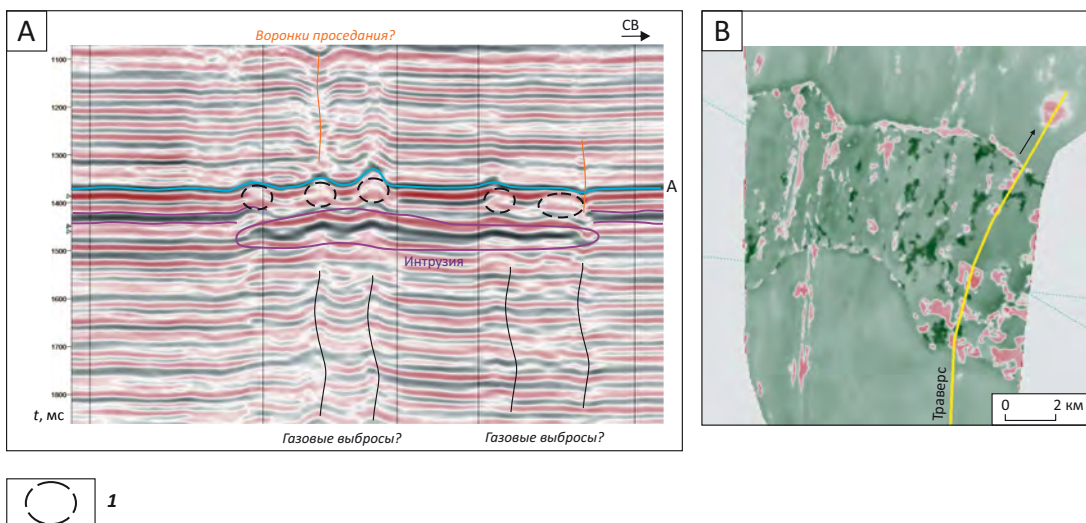
На территории участка исследований закартирована область влияния силла, положение

Рис. 6. Волновое поле в районе воздействия интрузий на вмещающие породы
Fig. 6. Wavefield in the area of intrusion impact on host rocks



A — зона плавления, B — складки сжатия, C — изменение литологического состава, D — пучение, закипание.
1 — участки изменения волнового поля.
 Остальные усл. обозначения см. на рис. 5
 A — contact aureole, B — constricted folds, C — changing the original lithology, D — distention, ebullition.
1 — disturbances in wavefield.
 For other Legend items see Fig. 5

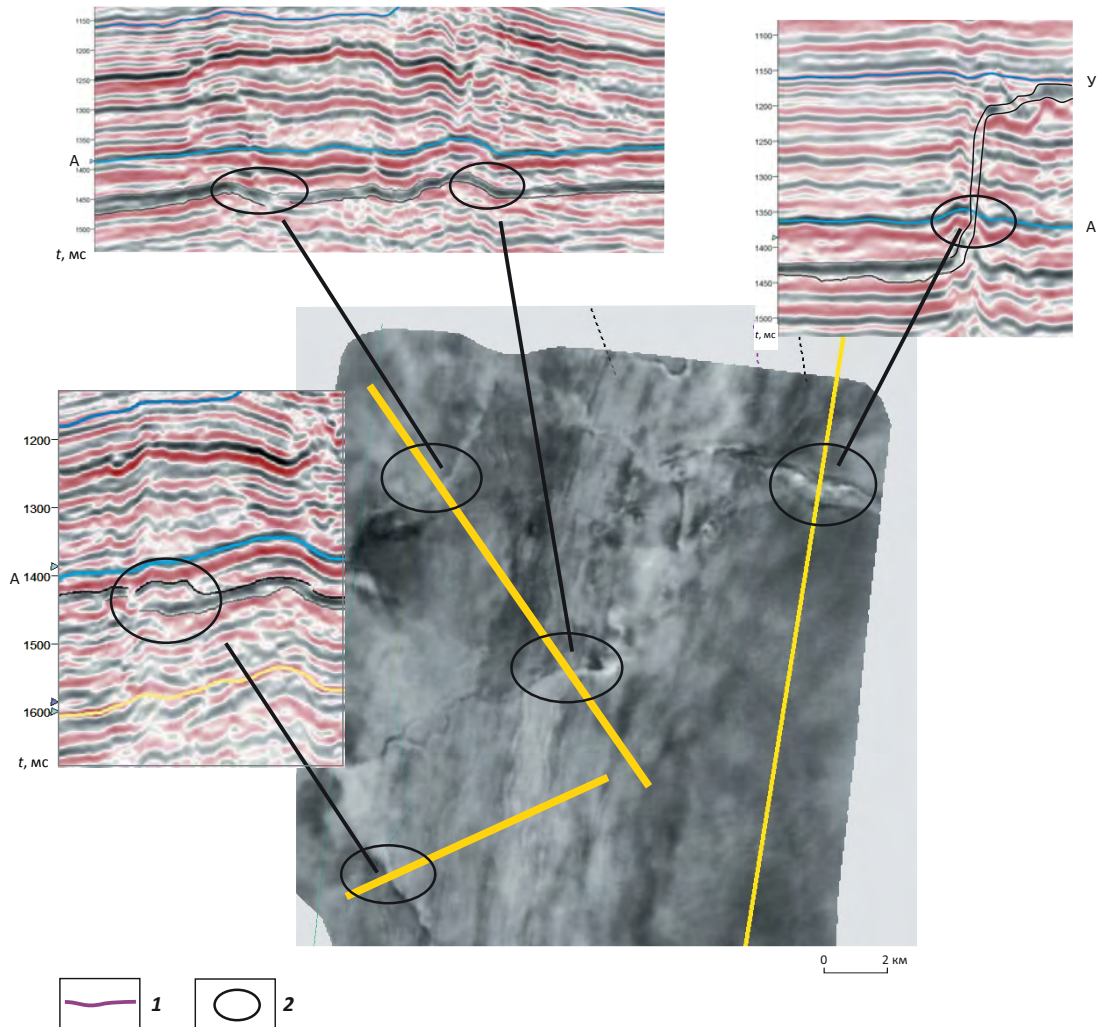
Рис. 7. Волновое поле в районе мощного силла (A) и карта атрибута средняя мгновенная частота (B) через него
Fig. 7. Wavefield in the zone of large sill (A) and map of average instantaneous frequency (B) across the sill



1 — возможные биогермообразные объекты.
 Остальные усл. обозначения см. на рис. 5
1 — supposed bioherm-like objects.
 For other Legend items see Fig. 5

Рис. 8. Отображение переходов интрузий на другие стратиграфические уровни на временных срезах кубов сейсмических данных и карте атрибута средняя амплитуда

Fig. 8. Imaging of intrusion transition to different stratigraphic levels: in seismic time sections taken from seismic volume and Average Amplitude attribute map



1 — кровля траппа; **2** — зоны переходов траппов на другие стратиграфические уровни.
Остальные усл. обозначения см. на рис. 5

1 — trap; **2** — zones of trap transition to adjacent stratigraphic level.
For other Legend items see Fig. 5.

границ которого позволяет предположить, что он представляет собой часть мощного многоярусного силла (рис. 7).

По волновой картине в этой зоне можно предположить зону интенсивной трещиноватости, которая образовалась позже внедрения интрузии, либо зону длительного сжатия-растяжения, которая была источником теплообмена с глубинными флюидами. Эти выводы основаны на присутствии субвертикальных зон с пониженными значениями амплитуд. Выдвинуты гипотезы о наличии в этой зоне биогермообразных осинских построек, которые могли существовать здесь благодаря увеличенному количеству тепла, поступающего из недр,

и участков прорыва глубинных газов (флюидов). Газовые выбросы под давлением, недостаточным для выхода на поверхность, могли спровоцировать воронки проседания, которые также фиксируются в волновом поле.

Зоны перехода пластовых интрузий картировались предыдущими исследователями как полосы шириной 2–10 км. По результатам флюидодинамической интерпретации сейсморазведочных 3D-данных возможно уточнить характеристики рассматриваемых аномальных зон. Основным же результатом интерпретации можно считать выделение на картах сейсмических атрибутов зон перехода силлов на другие стратиграфические уровни в плане (рис. 8),

с которыми могут быть связаны участки глубинного разуплотнения, нередко являющиеся каналами миграции флюидов, в том числе УВ и литиеносных рассолов [12].

Выводы

1. Многоярусное расположение интрузивных тел в толще галогенно-карбонатных пород осложняет сейсмогеологические условия работ и затрудняет комплексную интерпретацию полученных материалов.

2. Применение сейсмической 3D-съемки позволяет с высокой точностью определить границы распространения интрузивных тел, а также участки их перехода на соседние стратиграфические уровни.

3. Участки перехода пластовых интрузий ассоциируются с ослабленными и трещиноватыми зонами интенсивного сжатия-растяжения, которые могут быть путями миграции УВ и литиеносных растворов.

Литература

1. Гажула С.В. Особенности траппового магматизма в связи с условиями нефтегазоносности Сибирской платформы [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2008. – Т. 3. – № 1. – Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/4/10_2008.pdf (дата обращения 19.11.2024).
2. Козлов А.Н., Петяева О.В. Прослеживание интрузий по материалам сейсморазведки 3D для оптимизации местоположения скважин (на примере Таас-Юрхского месторождения Восточной Сибири) // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2020. – Т. 34. – № 1. – С. 14–22. DOI: 10.24411/1728-5283-2020-10102.
3. Писаревский С.А., Иванов А.В., Донская Т.В. и др. Сибирский кратон и его складчатые обрамления в истории земли: палеогеография, палеогеодинамика и полезные ископаемые. – Иркутск : ООО «Восточно-Сибирская типография», 2023. – 232 с.
4. Смирнов О.А., Бородин В.Н., Плавник А.Г. и др. Характеристика траппового магматизма в пределах месторождений Ангаро-Ленской нефтегазоносной области по данным бурения и сейсморазведки 3D // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2022. – Т. 366. – № 6. – С. 5–10. DOI: 10.33285/2413-5011-2022-6(366)-5-10.
5. Тонких М.Е., Барышев А.С., Егоров К.Н., Кошкарев Д.А. Структурная позиция траппов юга Сибирской платформы // Вестник ИрГТУ, – 2011. – Т. 59. – № 12. – С. 65–73.
6. Феоктистов Г.Д. Проблемы траппового магматизма юга Сибирской платформы // Геология и полезные ископаемые юга Восточной Сибири : сб. науч. тр. – Иркутск : ВостСибНИИГТИМС, 1974. – С. 25–27.
7. Вахромеев А.Г., Смирнов А.С., Мазукабзов А.М. и др. Верхнеленское сводовое поднятие — главный объект подготовки ресурсной базы углеводородного сырья на юге Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2019. – Т. 39. – № 3. – С. 38–56. DOI: 10.20403/2078-0575-2019-3-38-56.
8. Вахромеев А.Г., Кирюхин А.В., Литвинова И.В. и др. Вулканогенно-тектоническая модель формирования рудолокализирующих структур и обогащения межсолевых залежей промышленных литиеносных рассолов Ангаро-Ленского артезианского бассейна, Сибирская платформа // Вулканизм и связанные с ним процессы : мат-лы XXVII ежегодной научной конференции, посвященной дню вулканолога (Петропавловск-Камчатский, 27–29 марта 2024 г.) – Петропавловск-Камчатский, 2024 – С. 199–202.
9. Звездов В.С. Механизмы внедрения базитовой магмы в многослойную толщу чехла Восточно-Сибирской платформы и влияние деформационных свойств пород на размещение и морфологию рудоносных трапповых интрузивов (на примере Норильского района) // Отечественная геология – 2020. – № 3. – С. 47–74. DOI:10.24411/0869-7175-2020-10016.
10. Нежданов А.А., Смирнов А.С. Флюидодинамическая интерпретация сейсморазведочных данных. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2021. – 286 с.
11. Смирнов А.С., Сподобаев А.А., Нежданов А.А. Выделение интрузивных тел в сейсмическом поле Ледового месторождения Баренцева моря // Геофизические технологии. – 2023. – № 1. – С. 38–53. – DOI: 10.18303/2619-1563-2023-1-38.
12. Агафонов Ю.А., Алексеев С.В., Алексеева Л.П. и др. Рапогазопроявления и аномально высокие пластовые давления литиеносных рассолов на юге Сибирской платформы: (флюидогеодинамическая интерпретация геолого-геофизических и геопромысловых данных; прогноз горно-геологических условий, инновационные подходы и решения в бурении и освоении Ковыктинского газоконденсатного месторождения). В 2-х т. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – Т. 1. – 302 с.; Т. 2. – 330 с.

References

1. Gajhula S.V. Peculiarities of a trap magmatism in connection with the petroleum potential conditions of the Siberian platform. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*. 2008;3(1). Available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/10_2008.pdf (accessed on 19.11.2024). In Russ.
2. Kozlov A.N., Petyaeva O.V. Tracing intrusions by 3d seismic survey to optimize well locations: the case study of the Taas-Yuryakh deposit of Eastern Siberia. *The Herald of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*. 2020;34(1):14–22. DOI: 10.24411/1728-5283-2020-10102. In Russ.
3. Pisarevskii S.A., Ivanov A.V., Donskaya T.V. et al. Sibirskii kraton i ego skladchatye obramleniya v istorii zemli: paleogeografiya, paleogeodinamika i poleznye iskopaemye [The Siberian Craton and its Folded Framework in the History of the Earth: Paleogeography, Paleogeodynamics and Mineral Resources]. Irkutsk : OOO "Vostochno-Sibirskaya tipografiya", 2023. 232 p. In Russ.

4. Smirnov O.A., Borodkin V.N., Plavnik A.G. et al. Characteristics of trapping magmatism within the fields of the Angara-Lena oil and gas-bearing region according to drilling and 3d seismic exploration data. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2022;366(6):5–10. DOI: 10.33285/2413-5011-2022-6(366)-5-10. In Russ.
5. Tonkikh M.E., Baryshev A.S., Egorov K.N., Koshkarev D.A. Structural position of traps in the south of Siberian platform. *Proceedings of Irkutsk state technical university*. 2011;59(12):65–73. In Russ.
6. Feoktistov G.D. Problemy trappovogo magmatizma yuga Sibirskoi platformy [Problems of trap magmatism in the south of the Siberian platform]. *Geologiya i poleznye iskopaemye yuga Vostochnoi Sibiri* : sb. nauch. tr. Irkutsk : VostSibNIIGGIMS, 1974. pp. 25–27. In Russ.
7. Vakhromeev A.G., Smirnov A.S., Mazukabzov A.M et al. The upper Lena arched uplift is the main object of preparing a resource base of hydrocarbons in the south of the Siberian platform. *Geology and mineral resources of Siberia*. 2019;39(3):38–56. In Russ.
8. Vakhromeev A.G., Kiryukhin A.V., Litvinova I.V. et al. Volcanogenic-tectonic model of the formation of ore-localizing structures and enrichment of deposits of industrial lithium-bearing brines of the halogen-carbonate hydrogeological formation of the Angara-Lena artesian basin, Siberian platform. In: *Vulkanizm i svyazannyye s nim protsessy* : mat-ly XXVII ezhegodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi Dnyu vulkanologa (Petropavlosk-Kamchatskii, 27–29 March 2024). Petropavlovsk-Kamchatskii, 2024. pp. 199–202. In Russ.
9. Zvezdov V.S. Mechanisms of basite magma injection into the East Siberian platform's multilayer cover and rock deformation properties impact on ore-bearing trappean intrusion location and morphology (an example from Norilsk district). *National Geology*. 2020;(3):47–74. DOI:10.24411/0869-7175-2020-10016. In Russ.
10. Nezhdanov A.A., Smirnov A.S. Flyuidodinamicheskaya interpretatsiya seismorazvedochnykh dannykh. Tyumen': Tyumenskii industrial'nyi universitet, 2021. 286 p. In Russ.
11. Smirnov A.S., Spodobaev A.A., Nezhdanov A.A. Identification of intrusive objects from seismic data within the Ledovoe field in the Barents Sea. *Russian Journal of Geophysical Technologies*. 2023;(1):38–53. DOI: 10.18303/2619-1563-2023-1-38. In Russ.
12. Agafonov Yu.A., Alekseev S.V., Alekseeva L.P. et al. Manifestations of lithium brine and gas and abnormally high reservoir pressures in the south of the siberian platform (fluid-geodynamic interpretation of geological, geophysical and geofield data; forecast of mining and geological conditions, innovative approaches and solutions in drilling and development of kovykta gas condensate field). *V 2-kh V. Irkutsk : Irkutskii natsional'nyi issledovatel'skii tekhnicheskii universitet, 2022. V. 1. 302 p.; V. 2. 330 p.* In Russ.

Информация об авторах

Татьянина Наталья Витальевна

Ведущий геолог

ООО «ТНГ-Информационные технологии»,
423236 Бугульма, ул. К. Ворошилова, д. 21

e-mail: tng-it@tng.ru

ORCID ID: 0000-0001-7948-4842

Козионов Артем Евгеньевич

Кандидат геолого-минералогических наук,
заместитель генерального директора

ООО «ТНГ-Групп»,

423236 Бугульма, ул. К. Ворошилова, д. 21

e-mail: tng@tng.ru

SPIN-код: 2673-4198;

AuthorID: 898509

Смирнов Александр Сергеевич

Кандидат геолого-минералогических наук,
доцент

Тюменский индустриальный университет,
625000 Тюмень, ул. Володарского, д. 38

e-mail: smirnovas@tyuiu.ru

ORCID ID: 0000-0001-6837-199X

SCOPUS ID: 56401458700

Information about authors

Natal'ya V. Tat'yanina

Lead geologist

TNG-Information Technologies LLC,
21, ul. K. Voroshilova, Bugul'ma, 423236, Russia

e-mail: tng-it@tng.ru

ORCID ID: 0000-0001-7948-4842

Artem E. Kozionov

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Deputy Director General

TNG-Group LLC,

21, ul. K. Voroshilova, Bugul'ma, 423236, Russia

e-mail: tng@tng.ru

SPIN-код: 2673-4198;

AuthorID: 898509

Aleksandr S. Smirnov

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Assistant professor

Tyumen industrial university,

38 ul. Volodarskogo, Tyumen, 625000 Russia

e-mail: smirnovas@tyuiu.ru

ORCID ID: 0000-0001-6837-199X

SCOPUS ID: 56401458700