



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 103–110

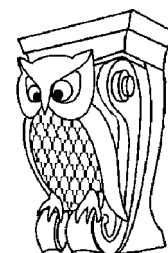
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 103–110

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-103-110>, EDN: XGCKGM

Научная статья

УДК 550.834.05



Результаты исследований высокоразрешающей широкоазимутальной сейсморазведкой нижнеартинских отложений Западного Прикаспия на территории Волгоградского Заволжья

С. В. Николаенко¹✉, А. Е. Паршин¹, С. А. Мироненко¹, Г. С. Гаврилов¹, А. В. Иванкин²

¹Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Россия, 400078, г. Волгоград, проспект им. В. И. Ленина, д. 96

²ООО «РИТЭК», Россия, 400048, г. Волгоград, ул. Лесогорская, д. 85

Николаенко Сергей Викторович, ведущий геофизик отдела интерпретации сейсмических данных Уральского района управления сейсмических исследований, Sergey.Nikolaenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0004-9609-7624>

Паршин Алексей Егорович, начальник отдела интерпретации сейсмических данных Уральского района управления сейсмических исследований, Alexey.Parshin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0001-4971-6697>

Мироненко Светлана Александровна, ведущий геофизик отдела интерпретации сейсмических данных Уральского района управления сейсмических исследований, Svetlana.Mironenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-0535-0628>

Гаврилов Глеб Сергеевич, начальник отдела технологий сейсмических исследований управления сейсмических исследований, Gleb.Gavrilov@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0006-3590-9347>

Иванкин Андрей Васильевич, ведущий геолог отдела планирования геологоразведочных работ, Andrey.Ivankin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-3831-1211>

Аннотация. В статье приведены итоги комплексного анализа результатов интерпретации материалов широкоазимутальной сейсморазведки МОГТ-3D с целью детального изучения геологического строения одного из участков Волгоградского Заволжья для выявления и подготовки к бурению нефтегазоперспективных объектов.

Ключевые слова: сейсморазведка МОГТ-3D, интерпретация, геологическое строение, динамический анализ

Для цитирования: Николаенко С. В., Паршин А. Е., Мироненко С. А., Гаврилов Г. С., Иванкин А. В. Результаты исследований высокоразрешающей широкоазимутальной сейсморазведкой нижнеартинских отложений Западного Прикаспия на территории Волгоградского Заволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 2. С. 103–110. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-103-110>, EDN: XGCKGM

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

The results of exploring the Lower Artinskian deposits of the western Caspian on the territory of the Volgogradskoe Zavolzhye area with high-resolution wide-azimuth seismic survey

S. V. Nikolaenko¹✉, A. E. Parshin¹, S. A. Mironenko¹, G. S. Gavrilov¹, A. V. Ivankin²

¹Branch of LLC LUKOIL-Engineering PermNIPIneft, 96 Lenina St., Volgograd 400078, Russia

²LLC RITEC, 85 Lesogorskaia St., Volgograd 400048, Russia

Sergey V. Nikolaenko, Sergey.Nikolaenko@lukoil.com <https://orcid.org/0009-0004-9609-7624>

Aleksey E. Parshin, Alexey.Parshin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0001-4971-6697>

Svetlana A. Mironenko, Svetlana.Mironenko@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-0535-0628>

Gleb S. Gavrilov, Gleb.Gavrilov@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0006-3590-9347>

Andrey V. Ivankin, Andrey.Ivankin@lukoil.com, <https://orcid.org/0009-0009-3831-1211>

Abstract. The article summarizes the comprehensive analysis of the results of interpretation for the materials of the wide-azimuth seismic survey MOGT-3D for the purpose of a detailed study of the geological structure of one of the sites of the Volgogradskoe Zavolzhye area to identify and prepare for drilling oil and gas prospective objects.

Keywords: seismic exploration of MOGT-3D, interpretation, geological structure, dynamic analysis



For citation: Nikolaenko S. V., Parshin A. E., Mironenko S. A., Gavrillov G. S., Ivankin A. V. The results of exploring the Lower Artinskian deposits of the western Caspian on the territory of the Volgogradskoe Zavolzhye area with high-resolution wide-azimuth seismic survey. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 2, pp. 103–110 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-2-103-110>, EDN: XGCKGM
This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение

По количеству потенциальных ресурсов Прикаспийская впадина относится к числу крупнейших нефтегазовых провинций Русской платформы. Более 90 % начальных суммарных ресурсов углеводородов Прикаспийской впадины связаны с подсоловыми отложениями, что обусловлено рядом обстоятельств: совпадением разведанных зон нефтегазонакопления с крупными тектоническими элементами (сводами, валами, зонами поднятий), широким развитием карбонатных массивов, наличием региональных галогенно-глинистых покрывающих, большой толщиной углеводородогенерирующих пород и сопутствующими им благоприятными геохимическими и термобарическими условиями [1]. Перспективность подсоловых отложений подтверждается открытием таких месторождений, как Астраханское ГКМ, Кашаган (Казахстан), Карачаганак (Казахстан) и выявлением крупных подсоловых объектов в пределах западной части Волгоградского Левобережья (Кумысолечебное поднятие).

Материал и методика исследований

Основные перспективы нефтегазоносности связываются с нижнепермскими, каменноугольными (верхневизейско-нижнебашкирскими) и верхнедевонско-турнейскими карбонатными отложениями, залегающими на глубинах от 4 до 7 км и более, что, наряду со слабой геолого-геофизической изученностью и сложными сейсмогеологическими условиями, является основным сдерживающим фактором освоения больших потенциальных ресурсов Западного Прикаспия. В этих условиях нижнепермские отложения являются наиболее перспективными для поиска УВ, поскольку залегают на достаточно доступных для бурения глубинах.

Перспективность нижнеартинских отложений подтверждается результатами бурения скважин на сопредельных площадях. Нефть была получена из верхней части нижнеартинских отложений, вскрытых одной из скважин нефтяного месторождения на территории Республики Калмыкия и представленных трещиноватой тонкослоистой сланцеватой кремнисто-битуминозно-карбонатной толщей, содержащей остатки кремнистых радиолярий и спикул губок [2]. Ниже по разрезу были вскрыты отложения конгломерато-брекчий, представленных обломками известняков плохо отсортированных, разной степени окатанности, разного состава и возраста (карбон, пермь), сцементированных кремнисто-битуминозно-карбонатными образованиями и глинами известковистыми.

На сопредельной площади кремнисто-битуминозно-карбонатные отложения толщиной более 80 м также вскрыты скважинами глубокого бурения. При исследовании керна нижнеартинских отложений, отобранного в одной из скважин, в призабойном интервале зафиксированы прямые признаки нефтегазоносности. По результатам проведенного в 1998 г. геохимического анализа доктором геолого-минералогических наук Г. И. Тимофеевым в указанных отложениях установлены аномальные концентрации свободных УВ, находящиеся на уровне $n \cdot 10^{-1}$ – $10^{-2}\%$, что на порядок выше фоновых ($n \cdot 10^{-3}$). В другой скважине, также находящейся на сопредельной площади, по данным геохимического анализа, проведенного кандидатом химических наук А. Я. Куклинским, в керне из кремнисто-битуминозно-карбонатной пачки молекулярный анализ экстрактов показал насыщенность исследуемых пород газоконденсатом, хотя нельзя полностью исключить легкую нефть.

На площади исследований нижнеартинские отложения вскрыты скважинами № 1 и № 2. По данным литолого-палеонтологических исследований, в скв. № 1 подсоловые отложения представлены известняковыми конгломерациями и гравелитами, радиоляриями и спонголитами.

В скв. № 2 в строении перспективных отложений принимают участие аргиллиты тонко отмученные, известняки криодно-спикуловые. В указанной пачке были выделены радиолярии, редкий детрит мшанок, фораминиферы *Nodozoria* sp., фузулиниды *Schubertella* sp., *Tuberitina collosa* Reit., *Tetrataxis* sp.

Перекрывают перспективную кремнисто-битуминозно-карбонатную толщу верхнеартинские ангидрит-доломитовые отложения, являющиеся региональной покрывашкой.

Наряду с бурением в волгоградской части Прикаспийской впадины проводились сейсмические работы, которые первоначально носили в основном рекогносцировочный характер, но уже начиная с 1998 г. выполняются планомерные сейсморазведочные исследования МОГТ-2D на основе бюджетного финансирования по целевым Федеральным программам.

Полученные результаты

На территории Волгоградского Заволжья в 2019 г. проведены полевые сейсморазведочные работы МОГТ-3D в объеме 404 км² по технологии широкоазимутальных исследований с применением широкополосного низкочастотного вибрационного сигнала (3–96 Гц, 5 октав).



В результате были зарегистрированы сейсмические данные высокого качества, которые позволили получить весомый прирост геологической информации.

На составном глубинно-динамическом разрезе из куба данных МОГТ-3D, положение которого соответствует профилю МОГТ-2D, наблюдается существенное улучшение когерентности сейсмической записи, что позволило провести уверенную корреляцию отражающих горизонтов в подсолевых отложениях (рис. 1).

На основе данных литолого-стратиграфического расчленения артинского яруса в скв. № 1 по сейсмическим разрезам из куба данных МОГТ-3D была проведена корреляция кровли и подошвы продуктивной артинской пачки и получена карта толщин между этими границами (рис. 2).

Анализ карты толщин перспективной пачки в артинских отложениях позволяет сделать вывод, что в плане локальные участки увеличенных толщин образуют конусы выноса потоков, периодически заполнявших понижения в рельефе дна

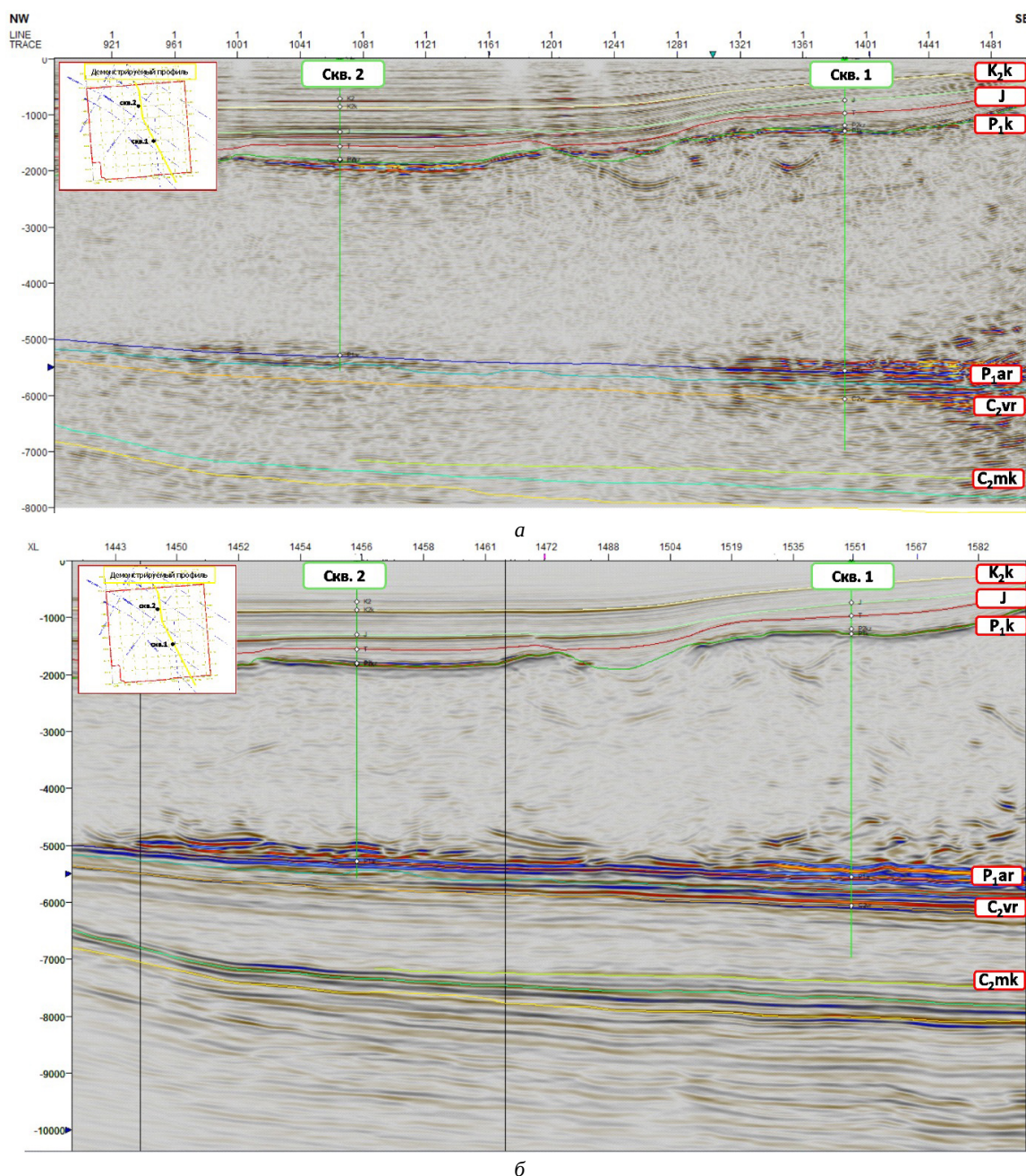


Рис. 1. Сравнение волнового поля глубинно-динамического разреза: а – МОГТ-2D прошлых лет; б – композитного разреза из куба данных МОГТ-3D (цвет онлайн)

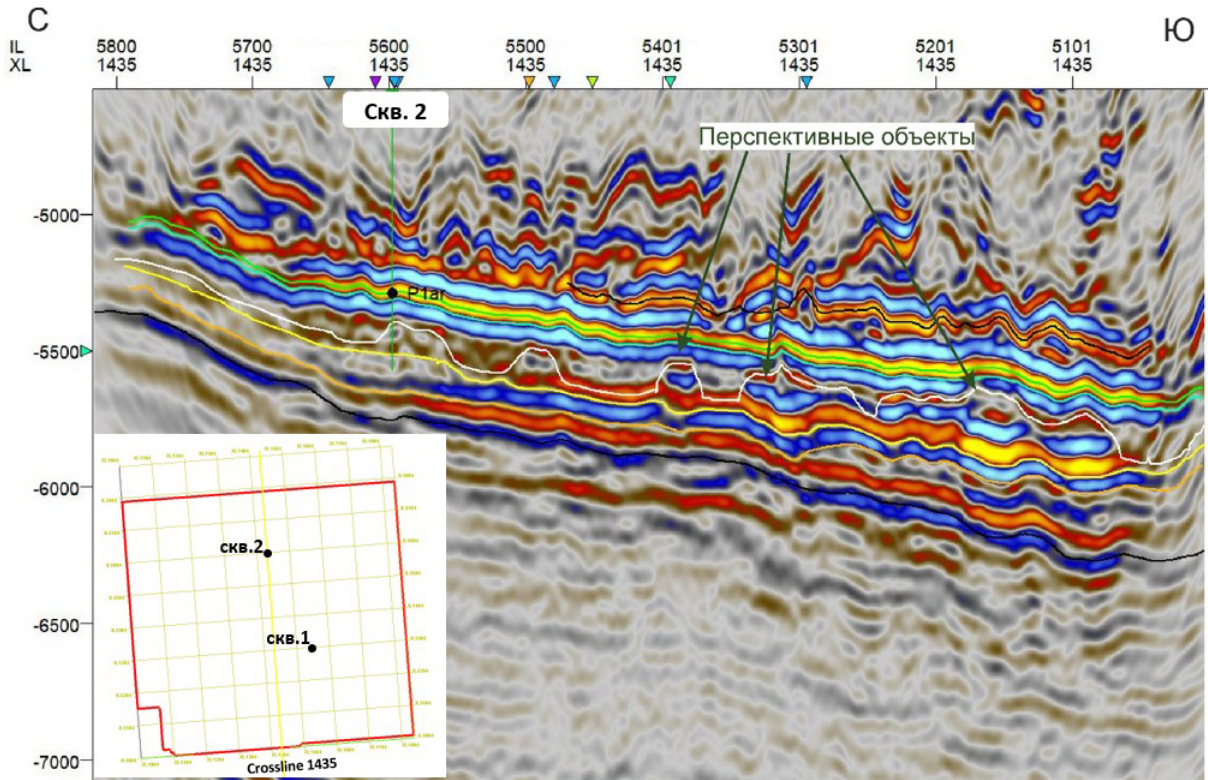


Рис. 2. Волновое поле глубинно-динамического разреза по линии crossline1435 (цвет онлайн)

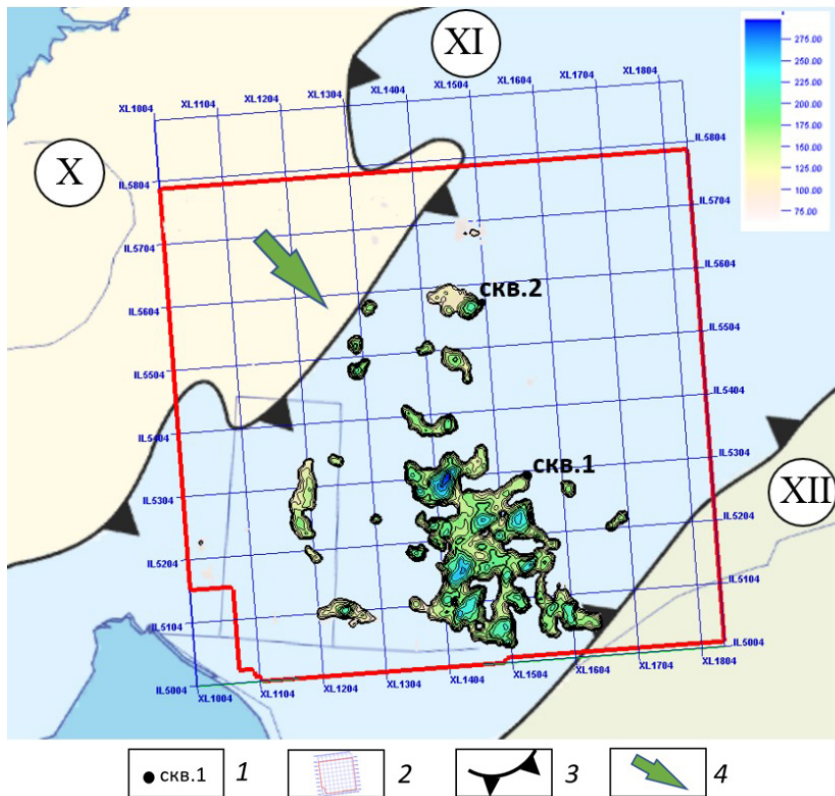


Рис. 3. Карта толщин с выделенными объектами артинских отложений: 1 – скважины глубокого бурения; 2 – съемка МОГТ-3D; 3 – границы тектонических элементов; 4 – направление сноса обломков. Элементы тектонического районирования: X – зона нижнепермского бортового уступа, XI – Волгоградский прибортовой прогиб, XII – Ахтубинско-Ерусланский мегавал (цвет онлайн)

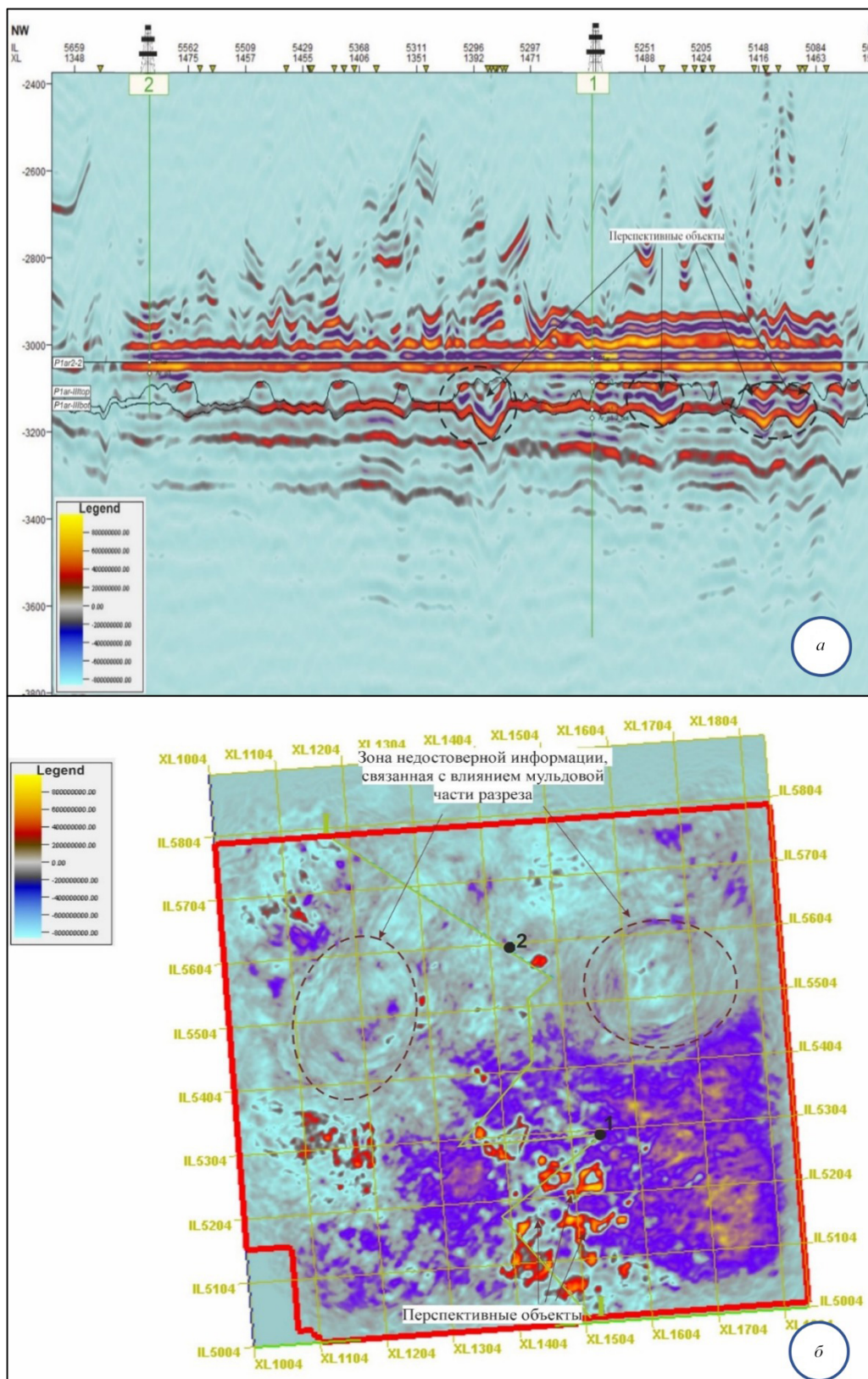


Рис. 4. Результат расчета атрибута «Акустический импеданс» (“Acoustic Impedance”) на: а – на временном разрезе, б – распределение атрибута «Акустический импеданс» (“Acoustic Impedance”) по площади исследования на горизонтальном срезе 3104 мс (цвет онлайн)

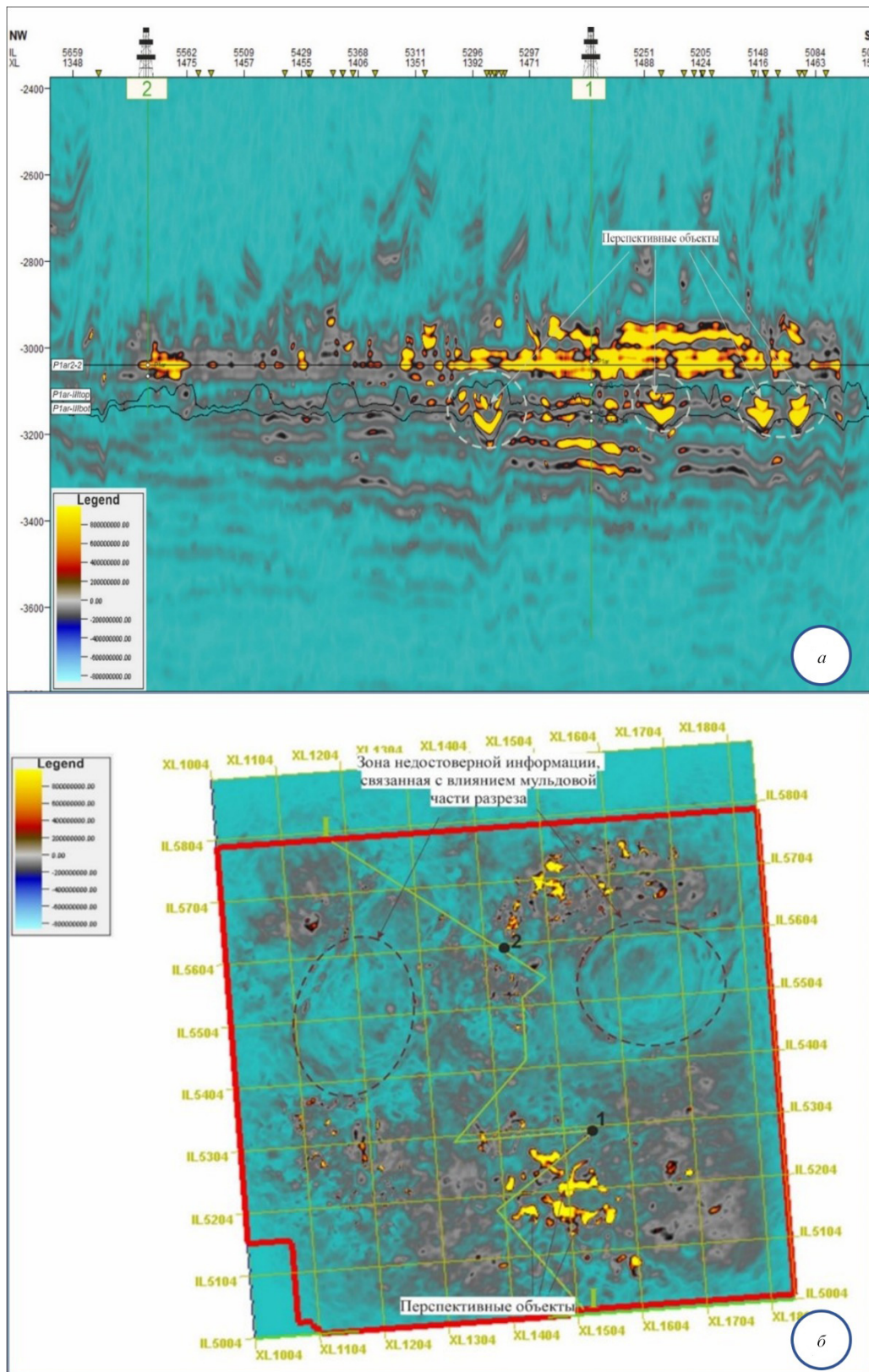


Рис. 5. Результат расчета атрибута “Swetness” на: а – временном разрезе из куба МОГТ-3D, выровненного на кровлю P1ar2-2 на уровне 3104 мс; б – распределение атрибута “Swetness” по площади исследования на горизонтальном срезе 3104 мс (цвет онлайн)



мелководного шельфа восточнее бортового уступа, являющегося источником сноса.

Конусы выноса, сложенные конглобрекциями, в разрезе имеют линзообразную форму, толщины их значительно изменяются по площади исследования – от 304 м до полного выклинивания в пределах бортовой зоны (рис. 3).

На основе куба данных МОГТ-3D был проведен атрибутный анализ, что позволило проследить положение перспективных объектов как на вертикальном срезе, так и в плане.

Расчет атрибута «Акустический импеданс» (“Acoustic Impedance”) позволил наглядно изобразить разницу в акустических свойствах. Он также может служить индикатором пористости и флюидосодержания в коллекторе. На схеме распределения перспективных объектов выделяются в виде контрастных зон (рис. 4).

Атрибут “Sweetness” является крайне полезным инструментом для обнаружения зон смены литологического состава пород. “Sweetness” определяется путем отношения амплитуды огибающей сейсмического отражения к квадратному корню из мгновенной частоты [3]. Это математическое определение отражает атрибутивную взаимосвязь, которая позволила выявить изолированные линзообразные тела, которые сгенерировали более интенсивные отражения, чем вмещающие их породы. На горизонтальном срезе куба такие области маркируются повышенными значениями атрибута, что позволило подтвердить положение перспективных объектов (рис. 5).

Зарегистрированные высокоразрешенные данные МОГТ-3D позволили провести исследование с применением методики спектральной декомпозиции волнового поля, направленной

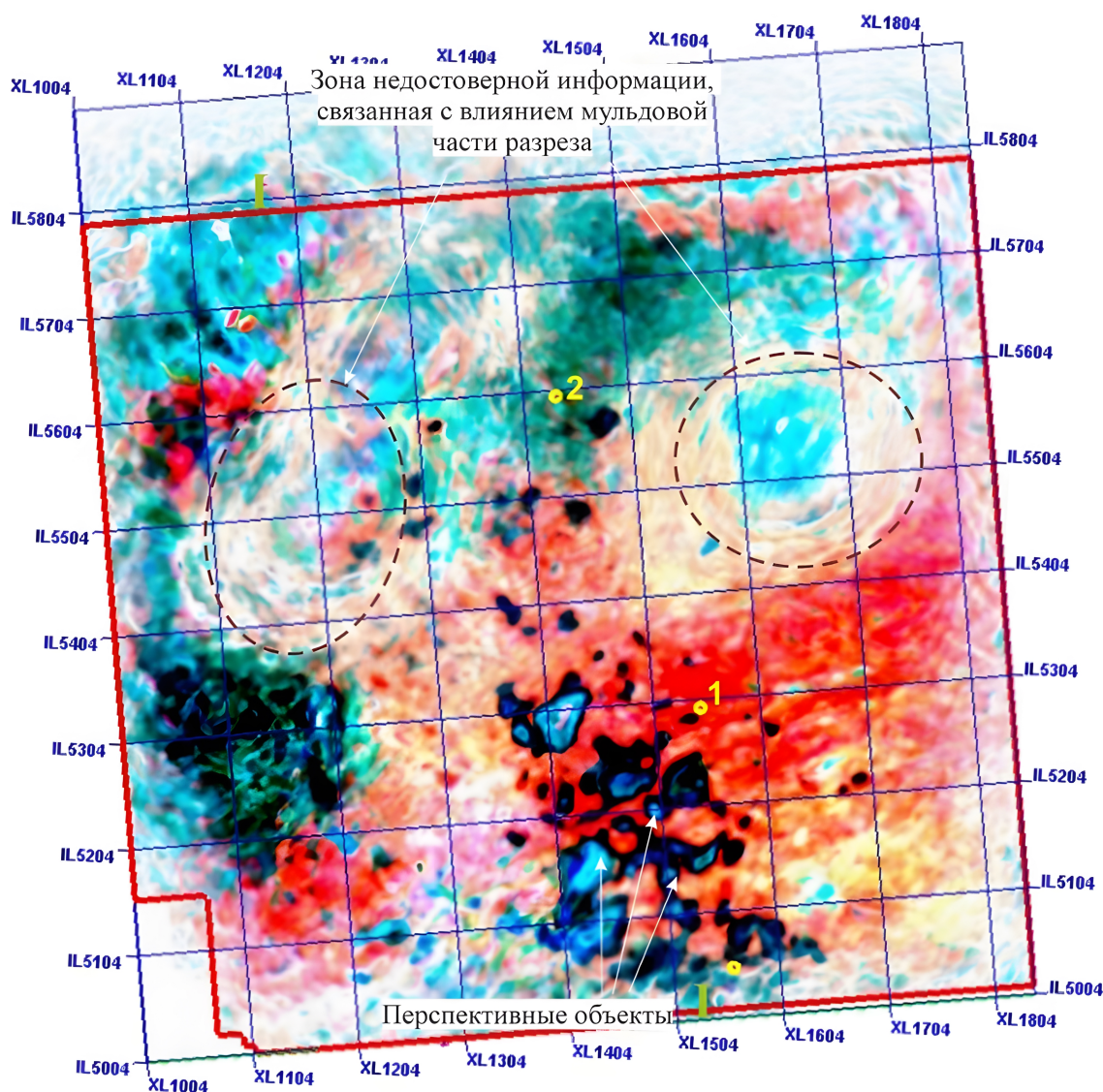


Рис. 6. Срез куба спектральной декомпозиции (цвет онлайн)



на определение пространственного положения и уточнения геометрии таких важных геологических тел, как каналы, конусы выноса. В результате на горизонтальном срезе на уровне перспективного нижнеартинского горизонта выделяются контрастные области, ассоциируемые с перспективными объектами (рис. 6).

Заключение

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно отметить следующее:

- волновое поле куба данных широкоазимутальной сейсморазведки МОГТ-3D характеризуется существенным повышением когерентности отражений во всем интервале записи по сравнению с данными наземной сейсморазведки МОГТ-2D прошлых лет;
- улучшение прослеживаемости горизонтов в рисунке сейсмической записи позволило провести уверенную корреляцию подсолевых отложений, а также проследить целевые горизонты и уточнить морфологию перспективных объектов, залегающих на глубинах до 7–10 км;
- высокая разрешающая способность данных МОГТ-3D сделала возможным проведение атрибутного анализа, который подтвердил наличие перспективных артинских объектов, а по результатам спектральной декомпозиции были уточнены их контуры.

Широкое распространение перспективных нижнеартинских отложений – кремнисто-битуминозно-карбонатной толщи и подстилающих её конглобрекчий – по периметру Прикаспийской впадины, а также сходство их литологического состава в пределах западного, северо-западного

и юго-восточного Прикаспия подтверждает перспективность этих отложений.

На основе комплексной интерпретации сейсмических данных МОГТ-3D были выявлены зоны увеличенных толщин битуминозных сланцев, конглобрекчий и области их выклинивания в пределах бортовой зоны. По картам толщин перспективных артинских отложений установлено положение ближайшего источника сноса, нахождение которого предполагается в районе бортовой зоны на северо-западе участка. В результате был выявлен целый ряд локальных поднятий, находящихся на доступных для бурения глубинах.

Кроме выявленных перспективных артинских отложений стало возможным подтвердить и детально изучить объекты, залегающие на существенно больших глубинах в девонских и каменноугольных отложениях. Указанные комплексы пород сохраняют свою поисковую значимость. Их дальнейшее изучение является существенным фактором для наращивания сырьевой базы региона.

Библиографический список

1. Соловьев Б. Д. Этапы эволюции и нефтегазоносность осадочного чехла Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. 1992. № 8. С. 13–18.
2. Остроухов С. Б., Цыганкова В. А., Попова П. Ф., Крук П. Н. Нефтегазоносность подсолевых нижнеартинских отложений Западного Прикаспия // Недра Поволжья и Прикаспия. 2019. Вып. 100. С. 49–61. <https://doi.org/10.24411/1997-8316-2019-11004>, EDN: QBLQJO
3. Bruce S. Hart. Channel detection in 3-D seismic data using sweetness // AAPG Bulletin. 2008. Vol. 92, № 6. P. 733–742. <https://doi.org/10.1306/02050807127>

Поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 11.03.2023; принята к публикации 13.03.2023
The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 11.03.2023; accepted for publication 13.03.2023