

Научная статья

УДК 553.982:550.8

<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-2-29-34>
EDN ZVADLX

Перспективы обнаружения ловушек углеводородов в палеозойских отложениях Северного Каспия

Мария Евгеньевна Дуванова¹✉, Надежда Николаевна Гольчикова²,
Дарья Александровна Дуванова³, Александр Викторович Дуванов⁴

¹ООО «Каспийская нефтяная компания»,
Астрахань, Россия, Marya.duvanova@yandex.ru✉

¹⁻³Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия

⁴ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»,
Астрахань, Россия

Аннотация. В многоэтапной истории формирования залежей нефти и газа в мезозойских и палеозойских отложениях северной части Каспийского моря и прилегающей суши материнскими породами являются палеозойские отложения, в ловушках различного типа которых происходило формирование углеводородов, затем – в мезозойских отложениях за счет углеводородов или из разрушенных нефтяных залежей в подсолевых рифогенных постройках. Перспективы обнаружения ловушек углеводородов в глубокозалегающих палеозойских отложениях Северного Каспия исследователями озвучивались неоднократно. Основанием для такого прогноза является наличие доказанных бурением крупных карбонатных массивов различного типа, таких как Астраханский, Тенгизский и ряд других в пределах юга Прикаспийской впадины, которая закономерно охватывает и часть морской акватории. Учитывая богатую геологическую историю региона и современные технологии разведки, перспективы обнаружения ловушек углеводородов в палеозойских отложениях Северного Каспия считаются достаточно высокими. Остается нерешенным ряд вопросов, определяющих перспективы допермского палеозоя в пределах Северного Каспия. К основным из них следует отнести расположение границ распространения крупных карбонатных массивов Прикаспийского типа в пределах Северного Прикаспия, контуры распространения гидрохимической галогенной покрышки, определение природы антиклинальных палеозойских объектов, выделяемых по геофизическим полям, а также оценка ресурсов, приуроченных к ним ловушек углеводородов. Для решения поставленных геологических задач были использованы данные глубокого бурения по скважинам как в пределах Каспийского моря, так и Астраханского, а также Казахстанского, Прикаспийя, данные материалов сейсморазведки 2D МОГТ, полученные как в пределах акватории Северного Каспия, так юга Прикаспийской низменности, а также результаты научных исследований.

Ключевые слова: формирование, нефть, газ, углеводороды, ловушка, отложения, анализ, сейсморазведочные работы, бурение, тектоника, платформа, антиклиналь, профиль

Для цитирования: Дуванова М. Е., Гольчикова Н. Н., Дуванова Д. А., Дуванов А. В. Перспективы обнаружения ловушек углеводородов в палеозойских отложениях Северного Каспия // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2025. № 2. С. 29–34. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-2-29-34>. EDN ZVADLX.

Original article

Prospects for the detection of hydrocarbon traps in the Paleozoic deposits of the Northern Caspian Sea

Maria E. Duvanova¹✉, Nadezhda N. Golchikova², Daria A. Duvanova³, Alexandr V. Duvanov⁴

¹Caspian Oil Company, LLC,
Astrakhan, Russia, Marya.duvanova@yandex.ru✉

¹⁻³Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia

⁴Lukoil-Nizhnevолжскнефть, LLC,
Astrakhan, Russia

Abstract. In the multi-stage history of the formation of oil and gas deposits in the Mesozoic and Paleozoic sediments of the northern part of the Caspian Sea and adjacent land, the parent rocks are Paleozoic sediments, in traps of various types of which hydrocarbons were formed, then in Mesozoic deposits due to hydrocarbons or from destroyed oil deposits in subsalt reef structures. The prospects of detecting hydrocarbon traps in the deep-lying Paleozoic sediments of the Northern Caspian Sea have been repeatedly voiced by researchers. The basis for this forecast is the presence of large carbonate massifs of various types proven by drilling, such as Astrakhan, Tengiz and a number of others within the south of the Caspian Basin, which naturally covers part of the marine area. Given the rich geological history of the region and modern exploration technologies, the prospects for the discovery of hydrocarbon traps in the Paleozoic deposits of the Northern Caspian Sea are considered to be quite high. A number of issues remain unresolved that determine the prospects before the Permian Paleozoic within the Northern Caspian Sea. The main ones include the location of the boundaries of the distribution of large carbonate massifs of the Caspian type within the Northern Caspian region, the contours of the distribution of the hydrochemical halogen tire, the determination of the nature of anticlinal Paleozoic objects identified by geophysical fields, as well as the assessment of the resources of hydrocarbon traps associated with them. To solve the set geological tasks, deep drilling data from wells were used both within the Caspian Sea and the Astrakhan, as well as the Kazakhstan, Caspian Sea, as well as 2D MOGT seismic survey data obtained both within the waters of the Northern Caspian Sea and the south of the Caspian Lowland, as well as the results of scientific research.

Keywords: formation, oil, gas, hydrocarbons, trap, deposits, analysis, seismic exploration, drilling, tectonics, platform, anticline, profile

For citation: Duvanova M. E., Golchikova N. N., Duvanova D. A., Duvanov A. V. Prospects for the detection of hydrocarbon traps in the Paleozoic deposits of the Northern Caspian Sea. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2025;2:29-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-2-29-34>. EDN ZVADLX.

Введение

Территория исследования расположена в пределах Северного Каспия с уровнем морского дна от 5 м и менее. Малая глубина в значительной степени осложняет выполнение сейсмических работ, что отражается в неоднозначной геологической трактовке выявляемых положительных структур в глубоко залегающих девонско-каменноугольных отложениях.

Северная акватория Каспийского моря приурочена к зоне сочленения двух платформ – Восточно-Европейской и Скифско-Туранской, а также двух нефтегазоносных провинций – Прикаспийской и Северо-Кавказско-Мангышлакской [1].

Общее геологическое строение верхнепалеозойских толщ (D3fm, C1v + C2b) указывает на их возможное образование в условиях прибрежного и мелководного шельфа в обстановке карбонатной платформы с развитием криноидных банок, водорослевых биогермов, биостромов.

Основные перспективы открытия залежей углеводородов (УВ) в палеозойских отложениях связаны с карбонатными массивами атоллового типа верхнедевонско-каменноугольного возраста, по своему строению близких к таким крупным структурам, как Тенгиз, Королевское, Кашаган [2, 3].

Состояние проблемы

Палеозойские отложения в пределах Северного Каспия слабо изучены как сейсморазведкой, так и бурением. Это связано с тем, что основной задачей, стоящей перед выполняемыми сейсмическими исследованиями и бурением в пределах Северного Каспия, являлось изучение юрско-мелового комплекса пород (до глубин 3 км) [4]. Такая постановка задачи отразилась на используемых параметрах

систем наблюдений и возбуждения упругих колебаний при выполнении полевых сейсморазведочных работ в модификациях как 2D метода общей глубинной точки (МОГТ), так и 3D МОГТ, а также особенностях используемых процедур обработки сейсмических материалов.

В результате, получаемые для интерпретации сейсмические материалы отражают строение палеозойской толщи неоднозначно. Изучение геологического строения палеозойских отложений по имеющимся сейсмическим материалам сильно затруднено наличием в сейсмическом волновом поле обилия регулярных высокогенергичных волн-помех.

Анализ сейсмических материалов, полученных в пределах юга Прикаспийской впадины (Астраханский свод, Тенгиз, Бикижальское поднятие и др.), показал, что подсолевые девонско-каменноугольные толщи характеризуются в сейсмическом волновом поле узким спектральным диапазоном частот отраженных волн [4]. При этом максимальная доля энергии располагается в области частот 18–20 Гц для сейсмических горизонтов, соответствующих подсолевым контрастным границам, на материалах, полученных при использовании взрывного источника возбуждения. На ряде площадей Астраханского свода (в зоне развития барханных песков) при использовании вибрационных источников, а также источников типа ГСК, видимая частота отраженных волн от подсолевых горизонтов на временных разрезах падает до 14–16 Гц. В этом же диапазоне частот сосредоточена основная доля энергии отраженных волн. У волн-помех (кратных и частично кратных, сформированных в юрско-меловой толще) основная энергия сосредоточена на уровне более высоких частот [4].

В результате выполненной интерпретации сейсмических материалов, полученных с использованием дополнительных обрабатывающих процедур, была построена уточненная тектоническая схема распределения основных тектонических элементов сочленения Прикаспийской впадины и Скифской плиты в акватории Северного Каспия. Было выяснено, что зона покрово-надвиговых дислокаций расположена южнее и перекрыта соленосной покрышкой кунгур [1].

Особенностью ее строения является отсутствие корреляционной связи между морфологией кровли консолидированной коры и кровли среднекаменноугольных (башкирских) отложений.

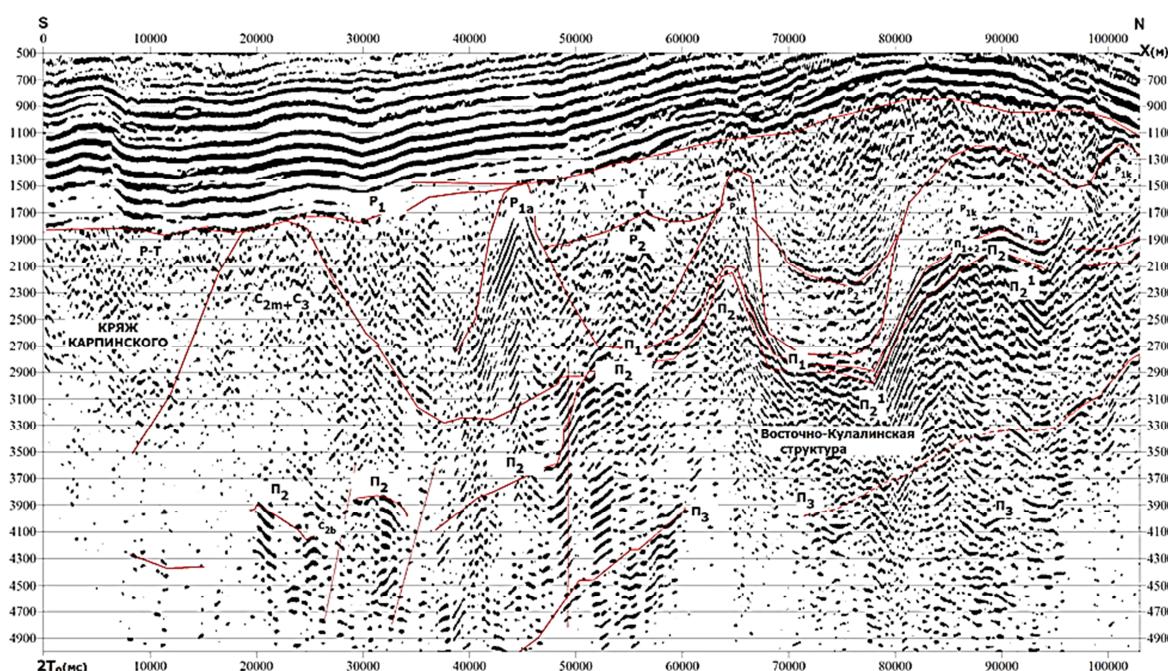
Например, Астраханский карбонатный массив залегает над территорией относительно погруженной части консолидированной коры [5]. Лишь в пределах его западной и восточной периферий отмечается наличие крупных выступов консолидированной коры – Юстинского и крупного поднятия Восточного, в пределах которого также отмечаются отдельные локальные выступы – Биикжальский, Октябрь-

ский и др. [5].

Большая часть карбонатных массивов, выявленных как в пределах Северного Каспия, так и сухопутной части Прикаспийской впадины (Тенгиз, Караган, Королевская, Кайран, Жанбай и т. д.), расположены в пределах Тугаракчанского прогиба, выделенного по кровле консолидированной коры [4].

Методы и результаты исследования

Морское продолжение кряжа Карпинского протягивается на восток и фиксируется на сейсмических разрезах зоной отсутствия отражающих волновых элементов ниже контрастных волновых пакетов, соответствующих юрско-меловым отложениям. Волновое поле, соответствующее складчатому основанию кряжа Карпинского, представлено на рисунке (пикеты 0–15 000). Отметим, что в пределах сухопутной части кряжа Карпинского (например, на территории Промысловского блока) волновое поле, соответствующее складчатому основанию кряжа Карпинского, выглядит аналогично.



Временной разрез по линии II-II после специальной обработки

Time section along line II-II after special treatment

Анализ сейсмических материалов показал, что на сейсмических разрезах, пролегающих между скважинами 1 Тюб-Караган и Курмангазы, волновое поле, соответствующее складчатому фундаменту кряжу Карпинского, изменяется. Здесь в восточном направлении происходит сокращение ширины зоны отсутствия отражений вплоть до полной замены его волн-

новым полем с разнонаклоненными осями синфазности. В этой зоне отмечается и резкое погружение кровли складчатого основания с отметкой в 3–4 км и более. Здесь же происходит наращивание толщины триасовых отложений (по данным бурения). Эти данные свидетельствуют о возможной естественной восточной границе распространения кряжа Карпин-

ского (собственно, и Скифской плиты). Отмечаемая область резкого погружения складчатого основания охарактеризована наличием Аграханского разлома, по которому многими исследователями и проводится граница раздела между Скифской и Туранской плитами.

Севернее области распространения складчатого основания кряжа Карпинского пикеты 15 000–30 000 ниже подошвы юрской толщи в сейсмическом волновом поле отмечается цуг неконтрастных наклонных отражателей.

По аналогии волновых картин, соответствующих южной границе Каракульско-Смушкиковской зоне поднятий и на основании имеющихся геологических предпосылок, можно утверждать, что здесь выделяется тыловая шарьяжная складка, перекрывающая резко дислоцированные отложения девонско-каменноугольного комплекса отложений Прикаспийской впадины [1].

Учитывая, что анализируемая территория расположена в пределах участка с резким погружением кровли складчатого фундамента, то можно полагать, что верхнепермская толща будет перекрыта триасовыми отложениями.

В то же время перед стенкой первого соляного купола, как и на сухопутной части Астраханского свода, отмечается резкая смена морфологии мульды. Вероятно, изменение строения осадочной толщи связано с проявлением соляного тектогенеза [5].

По аналогии с зоной сочленения кряжа Карпинского и Астраханского свода можно с уверенностью полагать, что между фронтальной шарьяжной складкой и соляным куполом галогенные отложения кунгура имеют пластовое залегания.

В зоне пластового залегания галогенных отложений кунгура и соляных куполов, в волновом поле в подсолевой части выделяются крупные структурные объекты, волновая картина, соответствующая карбонатным массивам атоллового типа.

Наличие объектов атоллового типа существенно отличает волновую картину, наблюдаемую для подсолевой части Астраханского свода. В данном случае они могут свидетельствовать о наличии высокоминых пород-коллекторов, свойственных рифогенным объектам, по сравнению с коллекторскими свойствами глубоководного шельфа карбонатной платформы (Астраханский свод, территория южно-астраханской группы поднятий (ЮАГП)) [5, 6]. В разрезе ЮАГП при толщине карбонатных башкирских отложений изменяющейся от 100 до 200 м доля эффективных пород-коллекторов (Кп более 6 %) составляет всего 8 %. Для объектов атоллового типа этот показатель может составлять от 30 % и более.

В северном обрамлении выявленных объектов атоллового типа волновое поле между горизонтами П1-П3 заполнено дополнительными горизонтами. Здесь, как и в большей части территории Прика-

спийской впадины, с некоторой долей условности выделяются сейсмические горизонты П1 и П21, П3к и П3.

На временных разрезах выделен сейсмический горизонт П2, условно идентифицированный как кровля карбонатных отложений допермского осадочного чехла [5].

В заключение стоит отметить, что полученные результаты показывают, что приведенное выше строение зоны сочленения Прикаспийской впадины и Скифской плиты вероятно и естественно, чем предлагаемые ранее модели.

Выполненные исследования позволяют говорить об их атолловом типе и существовании потенциальных ловушек УВ, экранируемых непроницаемыми гидрохимическими (галогенными) покрышками.

Заключение

В статье рассматривался район работ, который охватывает, прежде всего, южную периферию Прикаспийской. Выполненные исследования показали, что южная граница Прикаспийской впадины расположена гораздо южнее, чем предполагалось ранее.

Эти данные расширяют границы Прикаспийской нефтегазоносной провинции, для которой наибольший объем промышленных запасов углеводородов связан с палеозойскими подсолевыми отложениями.

Анализ волновой картины показывает, что в пределах акватории Северного Каспия выделяются карбонатные массивы атоллового типа, по своему строению близкие к таким крупным структурам, как Тенгиз, Королевское и др. Извлекаемые запасы Тенгизского месторождения составляют 750 млн т нефти, при площади 565 км² геологические запасы оцениваются в 3,133 млрд т нефти, 1,8 трлн м³ попутного газа, Королевского месторождения оцениваются в 55,1 млн т нефти [4].

Выделяемые по геологическим признакам объекты в зависимости от их размеров могут являться по своим запасам аналогами крупных месторождений нефти, открытых в пределах сухопутной части Западного Казахстана.

В пользу наличия УВ в подсолевом палеозое свидетельствуют данные бурения поисково-оценочных скважин, расположенных в акватории российского сектора северо-западной части Каспийского моря.

Продуктивность месторождения приурочена к терригенным отложениям келловейского яруса средней юры. На месторождении выделена одна газоконденсатонефтяная залежь.

Анализ нефтей ряда месторождений Северного Каспия показал, что залежи заполнены УВ, прорвавшимися из палеозойских подсолевых карбонатных массивов под огромным пластовым давлением.

Аналогичная картина отмечена и в пределах Астраханского свода, где отмечены нефтепроявления в ряде скважин в пределах Астраханского газоконденсатного месторождения (скв. 30 Астраханская, скв. 26 Астраханская и др.) [4].

Выполненные исследования позволяют говорить об их атолловом типе, и существовании потенциальных ловушек УВ, экранируемых непроницаемы-

ми гидрохимическими (галогенными) покрышками. Важным является получение новых данных, которые смогут подтвердить сделанные ранее предположения.

Подсолевой палеозой Северного Каспия не изучен бурением, и он заслуженно относится к наиболее перспективным объектам в плане обнаружения месторождений гигантов.

Список источников

1. Абильхасимов Х. Б. Условия формирования природных резервуаров подсолевых отложений Прикаспийской впадины и оценка перспектив их нефтегазоносности: автореф. дис. ... д-ра г.-м. наук. М., 2011. 49 с.
2. Бочкарев А. В., Остроухов С. Б., Бочкарев В. А., Крашакова А. В. Условия формирования углеводородных скоплений месторождения Укатное Северного Каспия // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2011. № 11. С. 4–13.
3. Глумов И. Ф., Маловицкий Я. П., Новиков А. А., Сенин Б. В. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра-Бизнесцентр, 2004. 342 с.
4. Шебальдин В. П., Селенков В. Н., Акимова А. Б. Геологическое строение месторождения Тенгиз по материалам геофизических исследований // Геология нефти и газа. 1988. № 12. С. 12–15.
5. Антипов М. П., Волож Ю. А., Дмитриевский А. Н. и др. Астраханский карбонатный массив: строение и нефтегазоносность: моногр. М.: Науч. мир, 2008. 221 с.
6. Пыхалов В. В., Рихтер Я. А. Аномальная земная кора Астраханского свода // Изв. Саратов. ун-та. Сер.: Науки о Земле. 2014. Т. 14, № 1. С. 71–81.

References

1. Abilhasimov H. B. *Uslovija formirovaniya prirodnyh rezervuarov podsolevyh otlozhenij Prikaspisjkoj vpadiny i ocenka perspektiv ih neftegazonosnosti: avtoreferat disertacii ... doktora geologo-mineralogicheskikh nauk* [Conditions of formation of natural reservoirs of subsalt deposits of the Caspian basin and assessment of the prospects of their oil and gas potential: abstract of the dissertation ... Doctor of Geological and mineralogical Sciences]. Moscow, 2011. 49 p.
2. Bochkarev A. V., Ostrouhov S. B., Bochkarev V. A., Krashakova A. V. *Uslovija formirovaniya uglevodorodnyh skoplenij mestorozhdenija Ukatnoe Severnogo Kaspija* [Conditions for the formation of hydrocarbon accumulations in the Ukatnoye field of the Northern Caspian Sea]. *Geologija, geofizika i razrabotka neftejanyh i gazovyh mestorozhdenij*, 2011, no. 11, pp. 4–13.
3. Glumov I. F., Malovickij Ja. P., Novikov A. A., Semin B. V. *Regional'naja geologija i neftegazonosnost' Kaspijskogo morja* [Regional geology and oil and gas potential of the Caspian Sea]. Moscow, Nedra-Biznescentr Publ., 2004. 342 p.
4. Shebalin V. P., Selenkov V. N., Akimova A. B. *Geologicheskoe stroenie mestorozhdenija Tengiz po materialam geofizicheskikh issledovanij* [Geological structure of the Tengiz deposit based on the materials of geophysical research]. *Geologija nefti i gaza*, 1988, no. 12, pp. 12–15.
5. Antipov M. P., Volozh Ju. A., Dmitrievskij A. N. i dr. *Astrahanskij karbonatnyj massiv: stroenie i neftegazonosnost': monografija* [Astrakhan carbonate massif: structure and oil and gas potential: monograph]. Moscow, Nauchnyj mir Publ., 2008. 221 p.
6. Pyhalov V. V., Rihter Ja. A. *Anomal'naja zemnaja kora Astrahanskogo svoda* [The anomalous crust of the Astrakhan arch]. *Izvestija Saratovskogo universiteta. Serija: Nauki o Zemle*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 71–81.

Статья поступила в редакцию 05.05.2025; одобрена после рецензирования 30.05.2025; принятая к публикации 09.06.2025
The article was submitted 05.05.2025; approved after reviewing 30.05.2025; accepted for publication 09.06.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Мария Евгеньевна Дуванова – начальник отдела геологии; ООО «Каспийская нефтяная компания»; аспирант кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; Marya.duvanova@yandex.ru

Maria E. Duvanova – Head of the Department of Geology; Caspian Oil Company, LLC; Postgraduate Student of the Department of Oil and Gas Geology; Astrakhan State Technical University; Marya.duvanova@yandex.ru

Надежда Николаевна Гольчикова – доктор геолого-минералогических наук, доцент; профессор кафедры геологии нефти и газа; Астраханский государственный технический университет; golchikova-nn@mail.ru

Nadezhda N. Golchikova – Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Oil and Gas Geology; Astrakhan State Technical University; golchikova-nn@mail.ru

Дарья Александровна Дуванова – студент кафедры геологии нефти и газ; Астраханский государственный технический университет; duvanovada@yandex.ru

Александр Викторович Дуванов – ведущий геолог геологического отдела; ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»; Alexandr.Duvanov@lukoil.com

Daria A. Duvanova – Student of the Department of Oil and Gas Geology; Astrakhan State Technical University; duvanovada@yandex.ru

Alexandr V. Duvanov – Leading Geologist of the Geological Department; Lukoil-Nizhnevolzhskneft, LLC; Alexandr.Duvanov@lukoil.com

