

Сложноэкранированные залежи углеводородов в нижнепермских отложениях юго-восточного склона Русской платформы

Утопленников В.К., Драбкина А.Д.
Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
vutoplennikov@ipng.ru

Аннотация

Материалы бурения, геолого-геофизических исследований нижнепермских отложений свидетельствуют, что юго-восточный склон Восточно-Европейской платформы в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции является высокоперспективным на выявление и вовлечение в разработку новых крупных ресурсов нефти в отложениях верхней части разреза, приуроченных к нижнепермской рифогенно-карбонатно-сульфатной формации, в которой наблюдается субмеридиональная и субширотная фациально-структурная зональность и выявлены сложноэкранированные ловушки.

Материалы и методы

Выполнен комплексный анализ структурных построений по результатам бурения структурно-поисковых и поисково-разведочных скважин. Проведены исследования геолого-литологических и петрофизических факторов локализации скоплений нефти и газа в нижнепермских резервуарах.

Ключевые слова

рифовая формация, нефтегазоносная провинция, фациальный состав, флюидоупоры

Статья написана в рамках выполнения государственного задания 122022800253-3 «Научно-методические основы поисков и разведки скоплений нефти и газа, приуроченных к мегарезервуарам осадочного чехла».

Для цитирования

Утопленников В.К., Драбкина А.Д. Сложноэкранированные залежи углеводородов в нижнепермских отложениях юго-восточного склона Русской платформы // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 3. С. 41–45. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-3-41-45

Поступила в редакцию: 23.03.2022

Intricate hydrocarbon deposits in the Lower Permian sediments of the southeastern slope of the Russian Platform

Utoplennikov V.K., Drabkina A.D.
Oil and gas research institute RAS, Moscow, Russia
vutoplennikov@ipng.ru

Abstract

Drilling materials, geological and geophysical studies of the Lower Permian sediments indicate that the southeastern slope of the East European platform within the Volga-Ural oil of the gas-bearing province is highly promising for the identification and involvement in the development of new large oil resources in the deposits of the upper part of the section, adjacent to the Lower Permian rifogenic-carbonate-sulphate fluorine.

Materials and methods

A comprehensive analysis of structural constructions based on the results of drilling of structural prospecting and exploration wells has been carried out. Studies of geological-lithological and petrophysical factors of localization of oil and gas accumulations in the Lower Permian reservoirs have been carried out.

Keywords

reef formation, oil and gas-bearing province, facial composition, fluid stops

For citation

Utoplennikov V.K., Drabkina A.D. Intricate hydrocarbon deposits in the Lower Permian sediments of the southeastern slope of the Russian Platform. Exposition Oil Gas, 2022, issue 3, P. 41–45. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2022-3-41-45

Received: 23.03.2022

Резкое удорожание работ в глубоководных отложениях и обусловленное этим уменьшение объемов геологоразведочных работ приводит к сокращению темпов прироста запасов нефти и газа. Одновременно происходит истощение разрабатываемых месторождений Волго-Уральской провинции, что приводит к падению добычи углеводородов (УВ).

Снижение темпов падения и стабилизация добычи нефти и газа возможны при условии коренной реорганизации всех видов работ, связанных с поисками, разведкой и разработкой залежей нефти и газа, включая открытие и вовлечение в разработку новых сложнопостроенных нетрадиционных нефтегазоносных комплексов, в том числе и в верхней части разреза на глубинах до 1 000 м, в нижнепермском фациально-структурном этапе [1, 2], с привлечением в этот сегмент инвестиций и инновационных возможностей малых и средних компаний.

Анализ результатов геолого-геофизических исследований нижнепермских отложений свидетельствует, что юго-восточный склон Восточно-Европейской платформы в пределах Башкортостана, Татарстана, Оренбургской и Самарской областей и всей Волго-Уральской нефтегазоносной провинции является высокоперспективной в нефтегазоносном отношении территорией. Перспективна, но слабо изучена верхняя часть разреза, приуроченная к нижнепермской рифогенно-карбонатно-сульфатной формации (рис. 1). В ее составе выделяются: ассельский, сакмарский, артинский и кунгурский ярусы, представленные сложнопостроенными карбонатно-эвапоритовыми и соленосными отложениями [1, 5, 6].

В предыдущие годы петрофизические исследования в нижнепермских отложениях проводились в незначительном объеме, не разработана методика оценки подсчетных параметров. Все это объясняется скептическим отношением к промышленной оценке установленных нефтепроявлений в нижнепермских отложениях платформенной части Башкортостана, Татарстана и Оренбургской области из-за ряда неудач при испытании и пробной эксплуатации в основном структурных скважин. Это объясняется также тем, что открытие большого количества крупных высокодебитных нефтяных месторождений в отложениях девона и карбона — Ромашкинского, Туймазинского, Бавлинского, Шкаповского, Серафимовского и других — на долгие годы отвлекло внимание геологов и геофизиков от детального исследования промышленной нефтегазоносности нижнепермских отложений.

Коллекторами нефти и газа в нижнепермских отложениях являются шельфовые и рифогенные пористо-кавернозно-трещиноватые органогенно-обломочные доломиты и известняки [1, 2]. Покрышками служат ангидриты, гипсы и каменные соли, преобладающие в разрезе кунгурского яруса. Наиболее надежным флюидоупором являются отложения соленосной и подсоленосной толщ кунгурского яруса, увеличение мощности которых происходит в юго-восточном направлении с образованием крупных соляных валов.

На территории юго-запада Башкортостана, востока Татарстана и Оренбургской области установлена региональная нефтенасыщенность доломитов кунгурского яруса (пласты P_0, P_1, P_2, P_3, P_4), доломитов и известняков артинского (пласт P_5), сакмарского (пласт P_6) и ассельского ярусов.

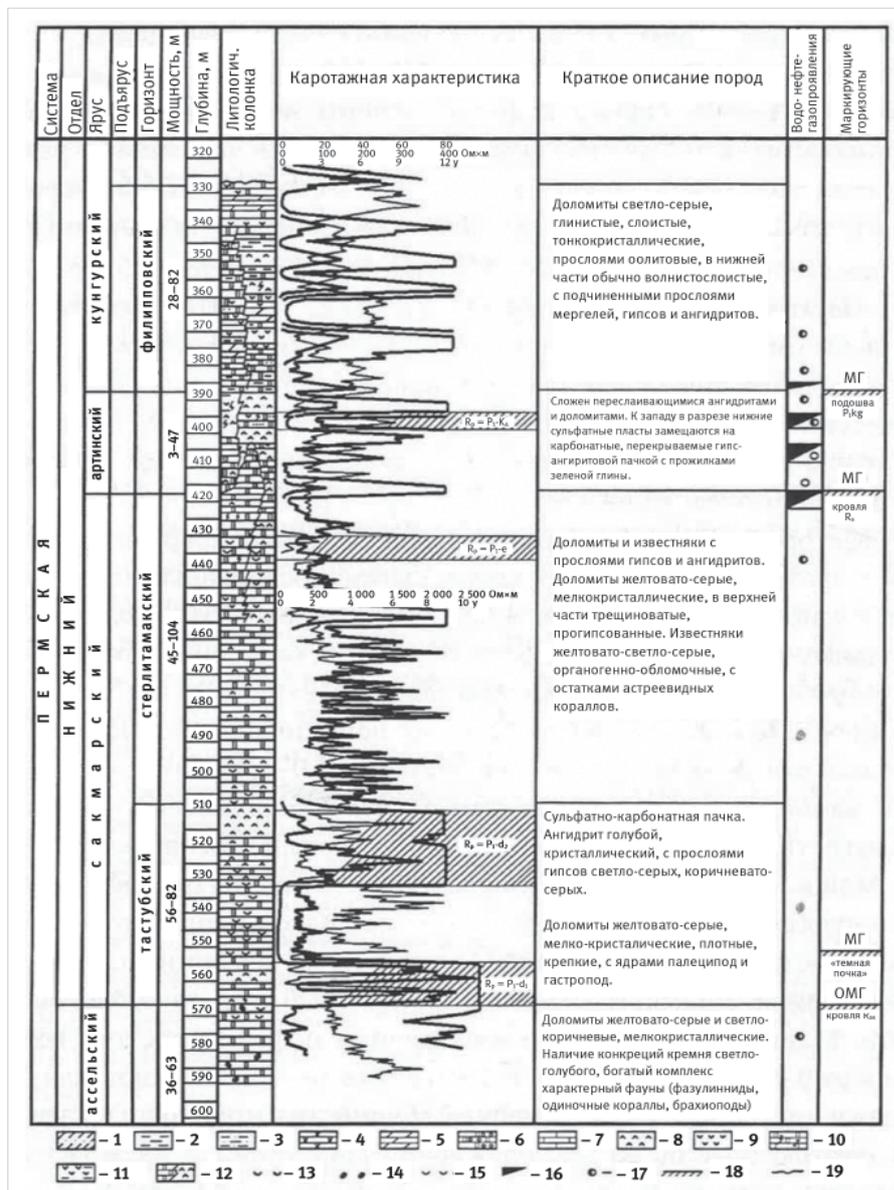


Рис. 1. Сводный геологический разрез нижнепермских отложений юго-востока Русской платформы [1]

1 — суглинок; 2 — глина; 3 — алеврит; 4 — песчаник; 5 — мергель; 6 — доломит оолитовый; 7 — известняк; 8 — ангидрит; 9 — гипс; 10 — доломит, известняк трещиноватый; 11 — гипс заглинизированный; 12 — фациальное замещение; 13 — астреидные кораллы; 14 — фазулиды; 15 — прочие остатки фауны; 16 — продуктивные пласты; 17 — слабые нефтепроявления; 18 — поверхность маркирующего горизонта; 19 — поверхность размыва

Fig. 1. Consolidated geological section of the Lower Permian deposits of the southeast of the Russian Platform [1]

1 — loam; 2 — clay; 3 — siltstone; 4 — sandstone; 5 — marl; 6 — oolitic dolomite; 7 — limestone; 8 — anhydrite; 9 — gypsum; 10 — dolomite, fractured limestone; 11 — clayed gypsum; 12 — facies replacement; 13 — asteroid corals; 14 — faulins; 15 — other remains of fauna; 16 — productive layers; 17 — weak oil shows; 18 — surface of the marking horizon; 19 — washout surface

Анализ материалов показал, что нижнепермские отложения обладают сильной изменчивостью литологического состава пластов-коллекторов и характера пустотного пространства, связанного с эпигенетическими преобразованиями коллекторов, поэтому требуется целенаправленный подход при выборе методики и технологий геологоразведочных работ, вскрытия, исследований таких объектов и ввода их в эксплуатацию.

Установлено, что сложнопостроенные порово-трещиноватые карбонатные нижнепермские отложения платформенной части Башкортостана и Татарстана отличаются рядом особенностей: относительно высокой

пористостью, низкой проницаемостью, резкой фациальной неоднородностью по вертикали и латерали, сульфатизацией пород [1, 2, 5].

По мнению А.А. Бакирова [3], формирование и размещение регионально нефтегазоносных территорий и зон нефтегазонакопления в литосфере обуславливается совокупностью целого ряда факторов, основными из которых являются:

- литолого-фациальные условия накопления осадков;
- геотектоническое строение и палеотектонические условия развития территории;
- условия, обеспечивающие сохранность образовавшихся залежей и зон

регионального нефтегазонакопления.

Особенностью развития литофаций и формирования мощностей нижнепермских отложений юго-восточного склона Русской платформы является субмеридиональная ориентировка фациальных зон, обусловленная образованием Предуральского передового прогиба между горными сооружениями Урала и Русской платформы и субширотная ориентировка блоков, контролируемая трансформными разломами (рис. 2) [1, 4].

В пределах платформы литофациальная обстановка контролировалась шельфовым характером осадконакопления с относительно резкой изменчивостью мощностей и фациального состава пород на коротких расстояниях, связанных с рифообразованием и палеотектоникой.

Развитие большого количества органических построек типа биостромов и биогермов привело к группированию их в сложные системы, контролируемые региональными тектоническими процессами.

К числу литофациально-тектонических факторов, контролирующих формирование залежей нефти и газа, относится распространение региональных геоструктурных элементов, благоприятных для формирования соответствующих литофациальных зон и разнотипных нефтегазонасыщенных ловушек: на платформах — сводовых поднятий, мегавалов, впадин и авлакогенов, осложненных ловушками рифового типа; в предгорных прогибах — антиклинальных продольных и поперечных тектонически экранированных структурных зон, рифовых, фациально-изменчивых комплексов и т.д.

Исследования геологических закономерностей размещения скоплений нефти и газа в значительной степени основываются на анализе процессов региональной тектоники.

Формирование структурного регионального плана нефтеносных территорий связано, прежде всего, с развитием структуры кристаллического фундамента платформенных переходных и складчатых областей, а также с формированием дизъюнктивных нарушений и зон стратиграфических несогласий, обусловленных горизонтальными и вертикальными движениями земной коры [1, 4, 5, 6].

Наиболее детальная карта рельефа консолидированного фундамента востока Восточно-Европейской платформы по данным грави-, магнито- и сейсморазведки построена И.С. Огаринным [4], который на ее основе выполнил нефтегеологическое районирование рассматриваемой территории (рис. 3).

Тектоническое строение нижнепермских отложений наиболее детально изучено по материалам структурного бурения по маркирующему горизонту реперу К4, приуроченному к нижней части кунгурского яруса и кровле артинского и сакмарского ярусов [1, 2].

Нижнепермские отложения имеют сложное тектоническое строение и литофациальный состав, которые в значительной степени унаследованы от нижележащих этажей. И в то же время имеется множество структурных осложнений, обусловленных внутренней структурой. В целом нижнепермские пласты, так же как и нижележащие, характеризуются региональным, но более пологим погружением в юго-восточном направлении, с градиентом 2–3 м/км и с более резкими уступами в зонах региональных разломов. По данным структурных построений (рис. 2) выделяются все крупные тектонические элементы,

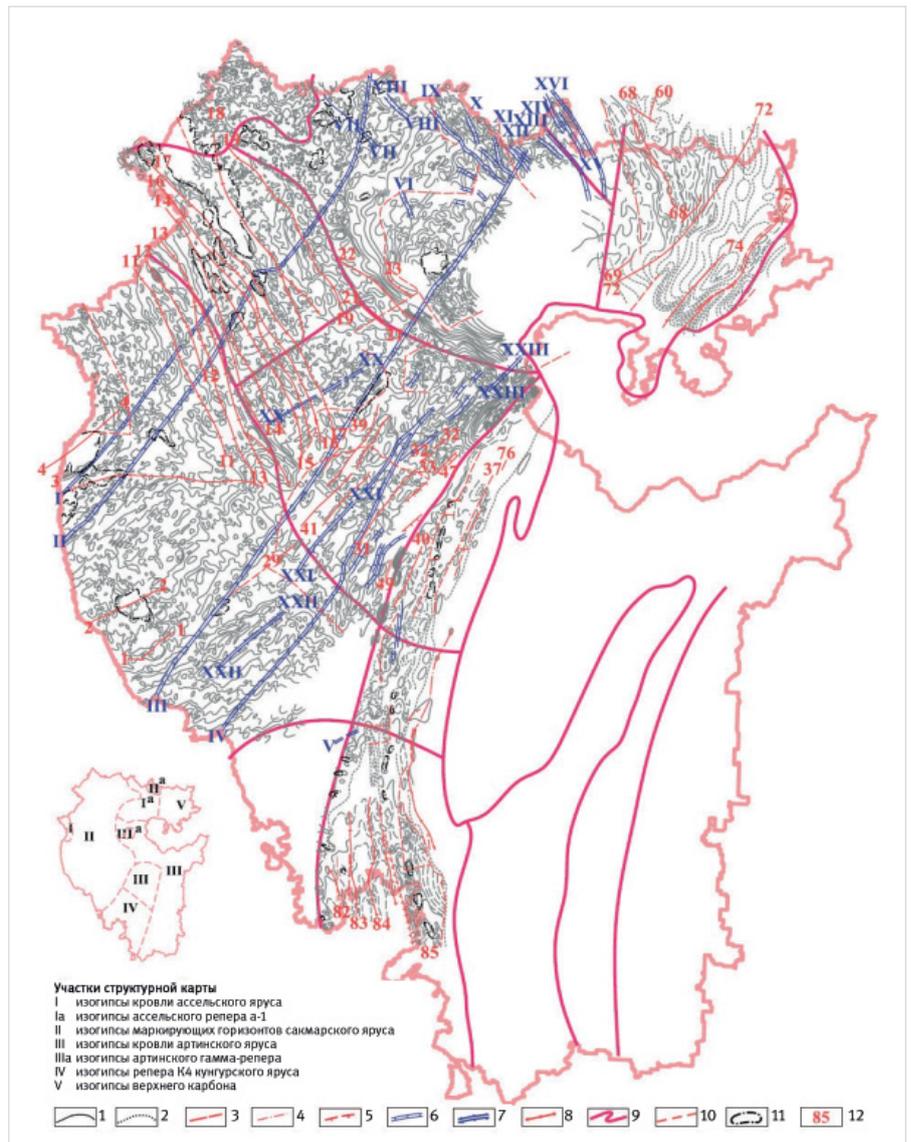


Рис. 2. Структурная карта по кровле нижнепермских отложений [2]
1–5 — зоны нижнепермских локальных структур; отображение погребенных грабенообразных прогибов; 6 — конседиментационных; 8 — постседиментационных; 7 — отображение зон горстовидных поднятий; 9–11 — границы палеозойских структур; 12 — пермские валы

Fig. 2. Structural map along the top of the Lower Permian deposits [2]
1–5 — zones of the Lower Permian local structures; mapping buried graben-like troughs; 6 — consedimentary; 8 — post-depositional; 7 — display of zones of horst-like uplifts; 9–11 — boundaries of Paleozoic structures; 12 — Permian ramparts

установленные в карбоне и девоне: Серафимовско-Балтаевский, Ермакеевский валы субширотного простираения, Шкаповско-Знаменская, Тарказинско-Чегодаевская, Большекинельская и другие структурные зоны северо-западного простираения [2].

Формирование субширотных валообразных зон, по мнению авторов, было связано с формированием субширотной трансформной, по отношению к Уралу, системой разломов, наиболее крупной из которых является Шкаповско-Белебеевско-Знаменская трансформная структурно-фациальная зона. В нее входят Шкаповское, Знаменское, Городецкое, Тарасовское, Яновское, Бахтинское, Сухореченское и др. поднятия. Зона приурочена к крупному погребенному выступу фундамента и является, по-видимому, частью крупной валообразной зоны юго-востока Татарского свода, простирающейся в юго-восточном и северо-западном направлениях.

Структуры вышеуказанных зон

пересекаются протяженными узкими региональными прогибами северо-восточного простираения, в большинстве случаев являющимися отражением девонских грабенообразных прогибов, сопряженных на востоке с валообразными антиклинальными поднятиями, контролируемые разломами субмеридионального простираения.

Итоги

Выполненный анализ геолого-геофизических материалов свидетельствует о региональной нефтегазонасыщенности отложений всех стратиграфических подразделений нижней перми на юго-востоке Русской платформы. Нефтегазопоявления установлены по всему разрезу от кунгурского до ассельского яруса при широком площадном распространении.

Прогнозируются открытия нефтегазовых скоплений в резервуарах комбинированного типа в нижнепермских отложениях.

Выводы

Выполненные исследования позволили уточнить закономерности формирования сложнокранированных залежей углеводородов в нижнепермских отложениях юго-восточного склона Русской платформы:

- фациальная зональность нижнепермских отложений связана с развитием Предуральского краевого прогиба и системой авлакогенов субширотного простирания, формирование которых контролировалось, в свою очередь, трансформной и конформной системами разломов, секущих Урал и Русскую платформу с юго-востока на северо-запад;
- наиболее крупные и высокоамплитудные структуры связаны с субширотными структурными зонами, контролируемые трансформными разломами, а также грабенообразными прогибами и горстовидными зонами, имеющими субмеридиональное простирание, обусловленное развитием конформной системы разломов;
- конформные структурные зоны, обусловленные образованием грабенообразных прогибов и горстовидных зон, сформировавшихся за счет сил растяжения и сжатия Уральской зоны складчатости, пересекают субширотные зоны, осложняя их строение, и формируют сложнокранированные ловушки углеводородов, в том числе и в верхней части разреза;
- сохранность залежей в нижнепермских отложениях обеспечивается сульфатно-галогенным флюидоупором кунгурского яруса;
- перспективы открытия мелких и средних залежей нефти и газа сложнокранированного типа в нижнепермских отложениях связаны с пересечением субширотных структурно-фациальных зон с субмеридиональными, где за счет большой активности тектонических процессов происходят вертикальная и горизонтальная миграция углеводородов, обеспечивающая заполнение сложнокранированных ловушек.

Литература

1. Утопленников В.К., Самигуллин Х.К., Антонов К.В. и др. Нижнепермский нефтегазоносный комплекс платформенной части юго-запада Башкортостана. М.: Академии горных наук, 2000. 271 с.
2. Лозин Е.В. Геология и нефтегазоносность Башкортостана. Уфа: БашНИПИнефть, 2015. 704 с.
3. Бакиров А.А. Геологические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. М.: Недра, 1973. 325 с.
4. Огарин И.С. Строение и районирование земной коры Южного Урала. М.: Наука, 1973. 85 с.
5. Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Сухов К.А., Ахметшин А.З. Выделение нефтеперспективных участков в нижнепермском комплексе западного склона Южно-Татарского свода // Георесурсы. 2015. № 1. С. 54–61.
6. Хисамов Р.С., Екименко В.А., Добровольская Ж.К., Марковская Т.В. Изучение верхней части разреза осадочного чехла и поиск высокозалегающих залежей сверхвязкой нефти сейсморазведочными работами МОГТ-2D на территории Республики Татарстан // Георесурсы. 2016. Т. 18. № 4. Ч. 2. С. 300–305.

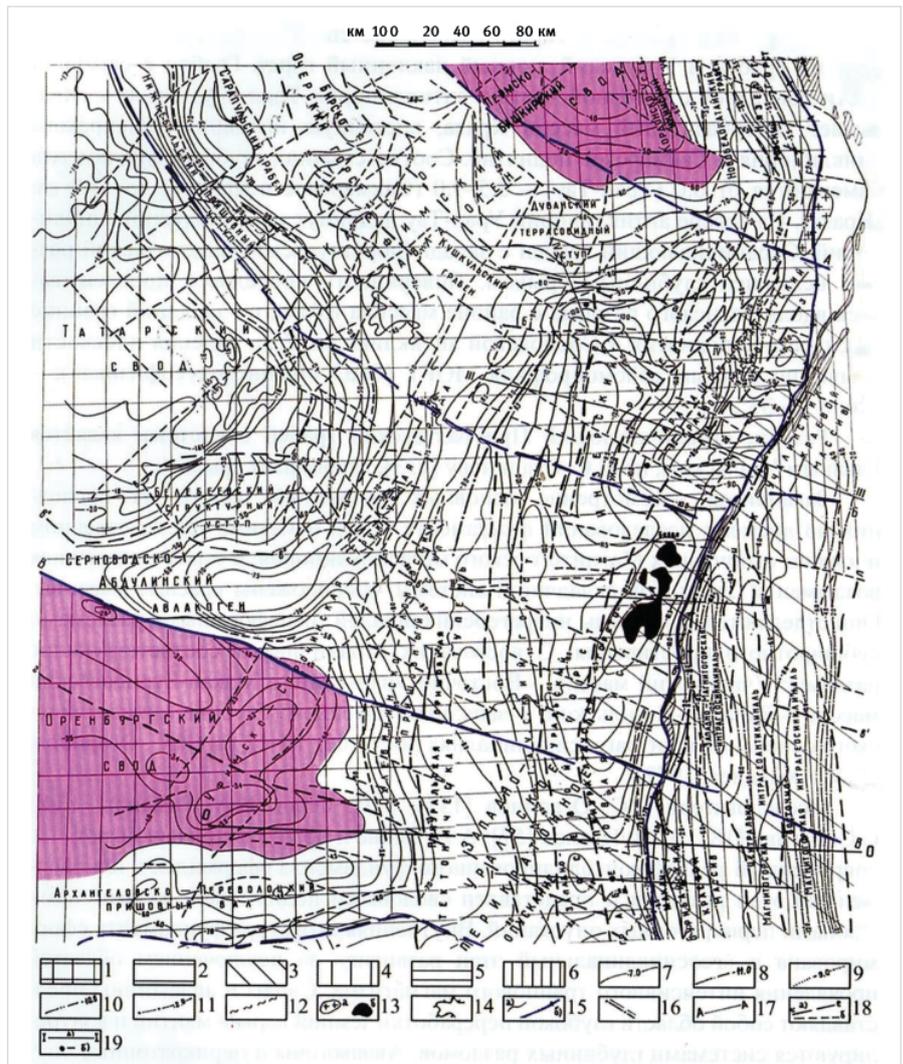


Рис. 3. Карта рельефа фундамента востока Русской плиты и западного склона Южного Урала (Огарин И.С. и др., 1980 г.)

1 — архейские средние массивы, переработанные в карельских складчатых системах; 2 — области карельской складчатости; 3 — области байкальской складчатости; 4 — области герцинской складчатости; 5 — карельские краевые массивы, переработанные байкальской складчатостью; 6 — байкальские краевые массивы, переработанные герцинской складчатостью; 7 — изогипсы поверхности дорифейского фундамента; 8 — изогипсы поверхности байкальского фундамента (миогеосинклинальные формации); 9 — изогипсы преломляющего сейсмического горизонта, соответствующего поверхности байкальского фундамента; 10 — изогипсы поверхности кристаллического фундамента зоны Соль-Илецкого блока; 11 — изогипсы подошвы палеозойских геосинклинальных образований в Магнитогорском мегасинклинории; 12 — граница между предполагаемыми мио- и эвгеосинклинальными образованиями байкалид; 13 — контуры выхода по поверхности Тараташского архейско-древнепротерозойского блока; 14 — современная западная граница складчатого Урала; 15 — конформная система продольных разломов — главный Уральский разлом: а) по геологическим, б) по геофизическим данным; 16 — трансформная система субширотных разломов: перикратонный шов; 17 — глубинные разломы ивтакрстальные; 18 — глубинные разломы мезокрустальные; 19 — проектные сейсмические профили (а), скважины (б)

Fig. 3. Relief map of the basement of the east of the Russian Plate and the western slope of the Southern Urals (Ogarin I.S., 1980)

1 — Archean median massifs, reworked in the Karelian fold systems; 2 — areas of Karelian folding; 3 — areas of Baikalian folding; 4 — areas of Hercynian folding; 5 — Karelian marginal massifs, reworked by Baikalian folding; 6 — Baikalian marginal massifs, reworked by Hercynian folding; 7 — isohypses of the surface of the pre-Riphean basement; 8 — isohypses of the surface of the Baikalian basement (miogeosynclinal formations); 9 — isohypses of the refractive seismic horizon corresponding to the surface of the Baikalian basement; 10 — isohypses of the surface of the crystalline basement of the zone of the Sol-Iletsk block; 11 — isohypses of the base of the Paleozoic geosynclinal formations in the Magnitogorsk megasynclinorium; 12 — boundary between supposed mio- and eugeosynclinal formations of the Baikalids; 13 — contours of the exit along the surface of the Taratash Archean-Old Proterozoic block; 14 — modern western boundary of the folded Urals; 15 — conformal system of longitudinal faults — the main Ural fault: a) according to geological, b) according to geophysical data; 16 — transform system of sublatitudinal faults: pericraton suture; 17 — deep faults of itacrytal; 18 — deep mesocrystal faults; 19 — design seismic profiles (a), wells (b)

Results

The performed analysis of geological and geophysical materials testifies to the regional oil and gas potential of the deposits of all stratigraphic units of the Lower Permian in the southeast of the Russian Platform. Oil and gas shows have been established throughout the section from the Kungurian to the Asselian stage with a wide areal distribution.

Oil and gas accumulations are predicted to be discovered in combined reservoirs in the Lower Permian deposits.

Conclusions

The performed studies made it possible to clarify the patterns of formation of complexly shielded hydrocarbon deposits in the Lower Permian deposits of the southeastern slope of the Russian Platform:

- the facies zonality of the Lower Permian deposits is associated with the development of the Cis-Ural marginal foredeep and a system of sublatitudinal aulacogenes, the formation of which was controlled, in turn, by the transform and conformal fault systems that cut the Urals and the Russian Platform from the southeast to the northwest;

- the largest and high-amplitude structures are associated with sublatitudinal structural zones controlled by transform faults, as well as graben-like troughs and horst-like zones that have a submeridional strike due to the development of a conformal fault system;
- conformal structural zones, caused by the formation of graben-like troughs and horst-like zones, formed due to the tension and compression forces of the Ural folding zone, cross the sublatitudinal zones, complicating their structure and forming complexly shielded hydrocarbon traps, including in the upper part of the section;
- the preservation of deposits in the Lower Permian deposits is ensured by the sulfate-halogen seal of the Kungurian stage;
- the prospects for the discovery of small and medium-sized oil and gas deposits of a complexly screened type in the Lower Permian deposits are associated with the intersection of sublatitudinal structural-facies zones with submeridional ones, where, due to the high activity of tectonic processes, vertical and horizontal migration of hydrocarbons occurs, ensuring the filling of complexly screened traps.

References

1. Utoplennikov V.K., Samigullin H.K., Antonov K.V. et al. Nizhnepermian oil and gas-bearing complex of the platform part of southwestern Bashkortostan. Moscow: Akademii gornykh nauk, 2000, 271 p. (In Russ).
2. Lozin E.V. Geology and oil and gas content of Bashkortostan. Ufa: BashNIPneft, 2015, 704 p. (In Russ).
3. Bakirov A.A. Geological foundations of forecasting the oil and gas content of the subsoil. Moscow: Nedra, 1973, 325 p. (In Russ).
4. Ogarinov I.S. Construction and zoning of the Earth's crust of the Southern Urals. Moscow: Nauka, 1973, 85 p. (In Russ).
5. Khisamov R.S., Gatiyatullin N.S., Sukhov K.A., Akhmetshin A.Z. Allocation of oil prospecting areas in the Lower Permian complex of the western slope of the South Tatar vault. Georesource, 2015, issue 1, P. 54–61. (In Russ).
6. Khisamov R.S., Ekimenko V.A., Dobrovolskaya Zh.K., Markovskaya T.V. Study of the upper part of the sedimentary cover and search for heavy oil deposits that occur on higher layers using 2D Cdp seismic survey on the territory of Tatarstan. Georesurs, 2016, Vol. 18, issue 4, Part 2, P. 300–305. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Утопленников Владимир Константинович, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
Для контактов: vutoplennikov@ipng.ru

Utoplennikov Vladimir Konstantinovich, candidate of geological and mineralogical sciences, senior researcher, Oil and gas research institute RAS, Moscow, Russia
Corresponding author: vutoplennikov@ipng.ru

Драбкина Анастасия Дмитриевна, младший научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия

Drabkina Anastasia Dmitrievna, junior researcher, Oil and gas research institute RAS, Moscow, Russia



ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ КРС, ПНП, ГНКТ, ВНУТРИСКВАЖИННЫЕ РАБОТЫ И СУПЕРВАЙЗИНГ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И РАЗВЕТВЛЕННЫХ СКВАЖИНАХ. КОНТРОЛЬ СКВАЖИН. УПРАВЛЕНИЕ СКВАЖИНОЙ ПРИ ГНВП. ПРОТИВОФОНТАННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
20-24 июня 2022, Тюмень

БУРЕНИЕ, ОСВОЕНИЕ, ИСПЫТАНИЯ, РЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН. ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ОПО НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ.
05-09 сентября 2022, Ялта, Крым

КАДРОВЫЙ РЕСУРС — ПОТЕНЦИАЛ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ КОМПАНИИ. ОЦЕНКА КВАЛИФИКАЦИИ И РАЗВИТИЕ ПЕРСОНАЛА.
10-14 октября 2022, Ялта, Крым

+7 3452 520-958

бронирование участия в конференциях
academy.intechmol.com

Генеральный информационный партнер

**ЭКСПОЗИЦИЯ
НЕФТЬ ГАЗ**