

УДК 552.54

<https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-99-111>

ВТОРИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ

А. Д. ПОРОШИНА

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина», г. Москва

Непско-Ботуобинская антеклиз является одной из наиболее перспективных территорий Восточной Сибири, в пределах которой более половины ресурсов углеводородов связано с карбонатными коллекторами. Одна из основных задач по освоению ресурсов нефти и газа в данном регионе связана с прогнозом локализации пород-коллекторов, в значительной степени определяемым степенью изученности проявившихся постседиментационных процессов. Посвящена вопросам влияния вторичных процессов на емкостные и фильтрационные свойства продуктивных карбонатных пород Непско-Ботуобинской антеклизы на примере одной из скважин, пробуренных в пределах ее северо-восточного участка. Детально рассмотрены особенности проявления каждого из протекавших постседиментационных процессов и оценено их влияние на фильтрационно-емкостные свойства пород различных литотипов по всем вскрытым скважиной карбонатным горизонтам. Результаты проведенных исследований будут способствовать повышению достоверности прогноза локализации карбонатных пород с улучшенными емкостными и фильтрационными свойствами, а значит, повышению эффективности освоения нефтегазовых ресурсов рассматриваемого региона.

Ключевые слова: Непско-Ботуобинская антеклиз, венд-нижний кембрий, карбонатные отложения, вторичные процессы, литотипы, пористость, проницаемость.

Для цитирования. Порошина, А. Д. Вторичные изменения карбонатных пород Непско-Ботуобинской антеклизы юга Сибирской платформы и их влияние на коллекторские свойства продуктивных горизонтов // А. Д. Порошина // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2024. – № 1 (96). – С. 99–111. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-99-111>

SECONDARY CHANGES IN CARBONATE ROCKS OF NEPA-BOTUOBA ANTECLISE IN THE SOUTH OF THE SIBERIAN PLATFORM AND THEIR IMPACT ON THE RESERVOIR PROPERTIES OF PRODUCTIVE HORIZONS

A. D. POROSHINA

*National University of Oil and Gas “Gubkin University”,
Moscow, the Russian Federation*

Nepa-Botuoba anteclise is one of the most promising territories in Eastern Siberia, within which more than a half of the hydrocarbon resources are connected with carbonate reservoirs. One of the main tasks in the development of oil and gas resources in this region is associated with the forecast of the localization of reservoir rocks, which is largely determined by the degree of knowledge of the post-sedimentation processes which have occurred. The article is dedicated to the influence of secondary processes on the capacitive

and filtration properties of productive carbonate rocks of the Nepa-Botuoba antecline. One of the wells drilled within its northeastern section has been taken as an example. The features of each of the post-sedimentation processes manifestation which took place were examined in detail and their influence on the filtration-capacitive properties of rocks of various lithotypes was assessed for all carbonate horizons penetrated by the well. The results of the research will help to increase the reliability of the forecast for the localization of carbonate rocks with improved capacitive and filtration properties, and therefore increase the efficiency of development of oil and gas resources in the considered region.

Keywords: Nepa-Botuoba antecline, Vendian-Lower Cambrian, carbonate deposits, secondary processes, lithotypes, porosity, permeability.

For citation. Poroshina A. D. Secondary changes in carbonate rocks of Nepa-Botuoba antecline in the south of the Siberian platform and their impact on the reservoir properties of productive horizons. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni P. O. Sukhogo*, 2024, no. 1 (96), pp. 99–111 (in Russian). <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-1-99-111>

Введение

Наиболее интенсивно развивающимся нефтегазодобывающим регионом Российской Федерации в настоящее время является Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция, в состав которой входит Непско-Ботуобинская антеклиз (НБА). Данная геологическая структура имеет линейно-вытянутую в северо-восточном направлении форму при протяженности около тысячи километров и ширине от ста пятидесяти до четырехсот пятидесяти километров.

Осадочный чехол НБА представлен стратиграфическими единицами от раннего протерозоя до настоящего времени. Толщина осадочного чехла варьируется от тысячи пятисот до двух тысяч семисот метров [2, 4, 5]. В разрезе осадочного чехла выделяют три нефтегазоносных комплекса: вендский, венд-нижнекембрийский и кембрийский. Вендский и венд-нижнекембрийский нефтегазоносные комплексы представляют наибольший интерес, так как с ними связана основная продуктивность изучаемой территории [1, 2, 6].

В данном исследовании рассматриваются нефтегазоносные горизонты венд-нижне-кембрийского нефтегазоносного комплекса, а также ербогаченский карбонатный горизонт вендского комплекса. В пределах венд-нижнекембрийского комплекса выделяются преимущественно преображенский, усть-кутский и осинский карбонатные продуктивные горизонты (рис. 1). Преображенский и усть-кутский горизонты имеют практически повсеместное распространение. Осинский горизонт распространен в основном на северо-востоке и юго-востоке антеклизы.

Значительная часть открытых и разрабатываемых месторождений нефти и газа, а также ресурсной базы углеводородов на территории Восточной Сибири сконцентрирована в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы, более половины которых здесь связана с карбонатным разрезом [1]. Однако на данный момент освоенность рассматриваемого региона является крайне неравномерной и относительно низкой. Открытие и разведка новых месторождений в пределах НБА затрудняются неравномерным распространением пород-коллекторов, высокой степенью геологической неоднородности продуктивных пластов и преобладанием в регионе нетрадиционных ловушек, где наиболее важным фактором размещения углеводородов является литологический. Поэтому одна из основных задач по освоению нефтегазовых ресурсов углеводородов зависима от прогноза локализации пород-коллекторов, в значительной степени определяемого степенью изученности проявившихся постседиментационных процессов. Рассмотрению вопросов влияния вторичных процессов на емкостные и фильтрационные свойства продуктивных пород Непско-Ботуобинской антеклизы посвящено немало работ [3–7, 9–14]. Несмотря на это, степень изученности данной проблемы в целом остается относительно невысокой, что указывает на необходимость продолжения исследований в этом направлении с привлечением новых фактических данных.

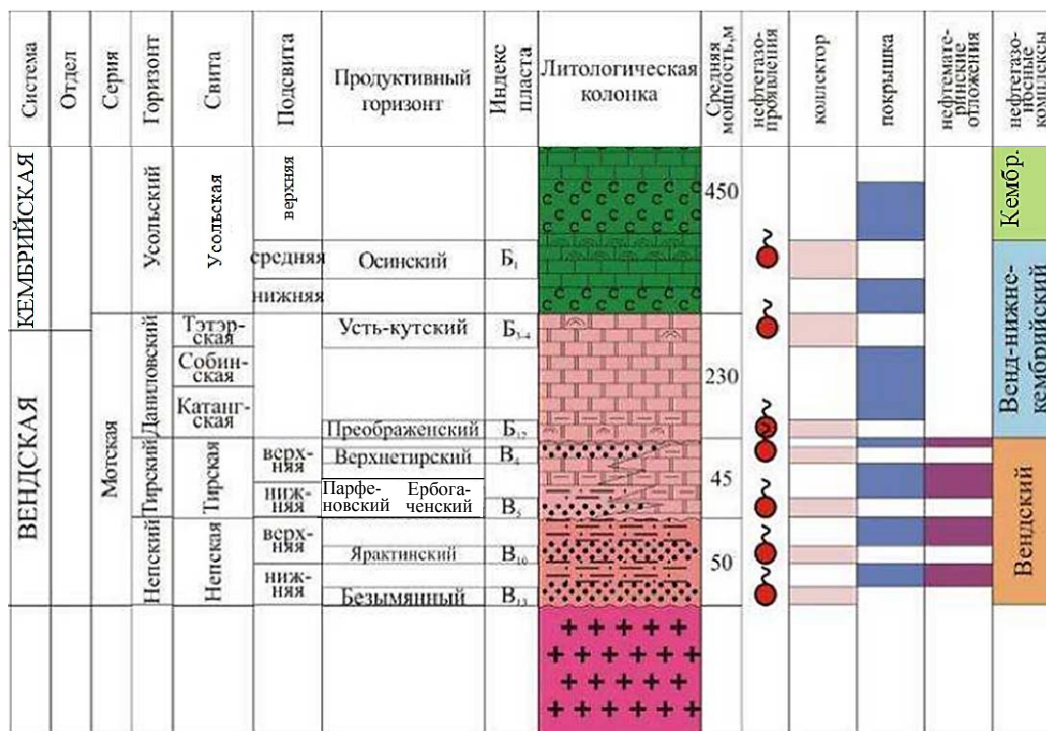


Рис. 1. Нефтегазоносные комплексы венд-кембрийских отложений Непско-Ботуобинской антеклизы [2]:

– мергели; – известняки; – доломиты;
 – алевролиты; – песчаники; – соли; – НГВП

Объектом наших исследований являются венд-кембрийские карбонатные отложения НБА на примере фактических материалов одной из скважин, пробуренной в пределах ее северо-восточной части со сплошным отбором керна из карбонатных перспективных горизонтов на нефть и газ.

Цель работы – литологическая типизация нефтегазоносных горизонтов, установление условий осадконакопления, формирования и преобразования карбонатных пород этих горизонтов и определение влияния на них вторичных процессов.

Исходными данными для проведения исследований являлись материалы макро- и микроскопического описания керна, фотографирования при естественном освещении и ультрафиолетовом свете, результаты изучения шлифов, данные измерения естественной радиоактивности пород, определения основных петрофизических параметров пород с привлечением материалов геофизических исследований скважин.

При детальном исследовании пород в продуктивных горизонтах рассматриваемой скважины было выделено девять литотипов: доломиты разнокристаллические; доломиты разнокристаллические с реликтовой цианобактериальной структурой; доломиты микрокристаллические; доломиты интракластовые; доломиты микротонкокристаллические горизонтально-слоистые; доломиты мелкокристаллические; доломиты комковато-сгустковые; доломиты строматолитовые; ангидрито-доломиты [9, 10].

Вторичные процессы и их влияние на формирование пустотного пространства карбонатных пород

Существенную роль в формировании коллекторских свойств венд-нижне-кембрийских карбонатных отложений Непско-Ботуобинской антеклизы, как уже отмечалось, сыграли разнообразные постседиментационные преобразования. Степень интенсивности этих процессов во многом определялась вещественным составом и структурно-

текстурными особенностями пород, которые зависели от условий их седиментации. При анализе кернового материала и микроскопического изучения шлифов в разрезе исследуемой скважины были выявлены следующие типы вторичных изменений: перекристаллизация, доломитизация, выщелачивание, трещинообразование, стилолитизация, кальцитизация, доломитообразование, окремнение, сульфатизация и галитизация.

Перекристаллизация. Как правило, перекристаллизация проявляется в текстурно-структурном преобразовании минеральных агрегатов без изменения их минерального состава. Перекристаллизация обычно приводит к образованию более крупных кристаллов. Так, в разрезе нашей скважины в интракластовых доломитах первично илистый матрикс слабо перекристаллизован до микротонкокристаллической структуры (рис. 2). Наиболее интенсивно этот процесс проявился в цианобактериальных и археоциатовых карбонатных породах, содержащих минимальное количество глин, так как наличие глинистого материала и органического вещества оказывает сильное «тормозящее» действие на перекристаллизацию [8].

При перекристаллизации происходят текстурно-структурные перестройки, зачастую приводящие к формированию более крупных кристаллов и изменению начальных коллекторских свойств пород. При формировании крупных кристаллов образуются более крупные поры в межкристаллическом пространстве, а также межпоровые каналы. В целом же на материалах нашей скважины подтверждается неоднозначное влияние этого процесса на коллекторские свойства пород [7]. В одних случаях перекристаллизация приводит к улучшению фильтрационно-емкостных свойств, а в других – к их снижению.

Доломитизация. Процесс доломитизации известняков заключается в замене одной молекулы кальция известняка на молекулу магния морских или пластовых вод. Так как молекула кальция крупнее молекулы магния, то при их замещении происходит уменьшение объема твердой фазы с повышением пористости породы. Наиболее интенсивно этот процесс протекает в породах с повышенной начальной пористостью и пониженной глинистостью [4, 8]. Доломитизация в шлифах отражается в виде развития доломитовых кристаллов по первичному цианобактериальному и археоцетатовому каркасу (рис. 3).

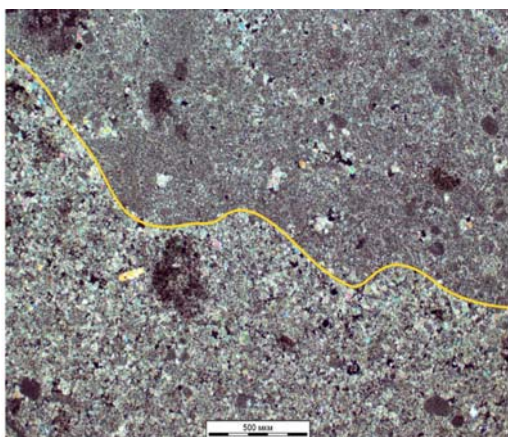


Рис. 2. Перекристаллизация илистого матрикса до микротонкокристаллической структуры в доломите интракластовом. Глубина отбора – 1779,1 м (осинский горизонт). Николи скрещены

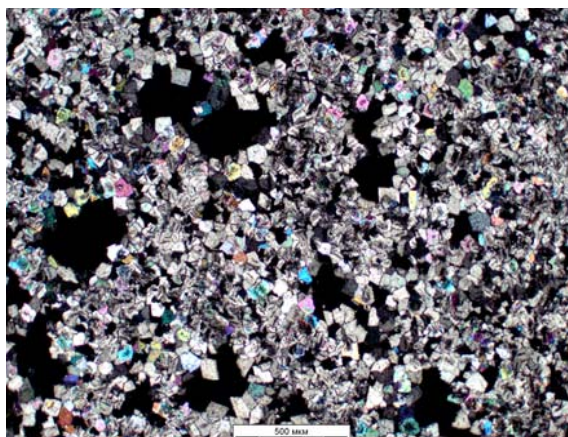


Рис. 3. Разнокристаллическая микроструктура доломита, кристаллы доломита развиты по первичному цианобактериальному известняку. Николи скрещены

Процесс доломитизации карбонатных пород в рассматриваемом регионе происходил на разных стадиях диагенеза и начального катагенеза. Наиболее ранние генерации вторичного доломита, вероятнее всего, формировались на самых первых стадиях диагенеза. Однако более интенсивная доломитизация пород проявилась на стадии катагенеза при их взаимодействии с поступившими в пласты (из соленосных толщ) высококонцентрированными растворами с большим содержанием магния. Сформировавшийся при этом дополнительный объем пустотного пространства пород мог лучше сохраниться из-за достаточной набранной прочности структурного каркаса [8]. В целом процессы доломитизации оказали положительное влияние. Это подтверждается отмечаемой нами повышенной пористостью и проницаемостью пластов вторичных доломитов по сравнению с известняками во всех карбонатных горизонтах изучаемой скважины.

Выщелачивание. Выщелачивание является процессом, при котором происходит растворение с последующим выносом подземными или атмосферными водами, в первую очередь, наиболее легкорастворимых компонентов горных пород. Наиболее ранняя стадия выщелачивания связана с диагенезом при воздействии на карбонатные осадки элизийонных вод. Выщелачивание также могло происходить и при подъеме территории. Выходя на поверхность, в зону влияния атмосферных осадков, в межкаркасном пространстве пород возникали пустоты за счет растворения и выноса карбонатного материала за пределы рассматриваемого участка. Примечательно то, что выщелачивание имеет унаследованный характер, т. е. процесс более интенсивно протекал по первичным седиментационным пустотам [3, 6]. При этом незначительные по размерам поры и трещины превращались в каверны. Так, в разрезе изучаемой скважины выщелачивание наблюдается практически во всех литотипах продуктивных горизонтов. Наиболее активно оно прошло в доломитах разнокристаллических и доломитах разнокристаллических с реликтовой цианобактериальной структурой (рис. 4).

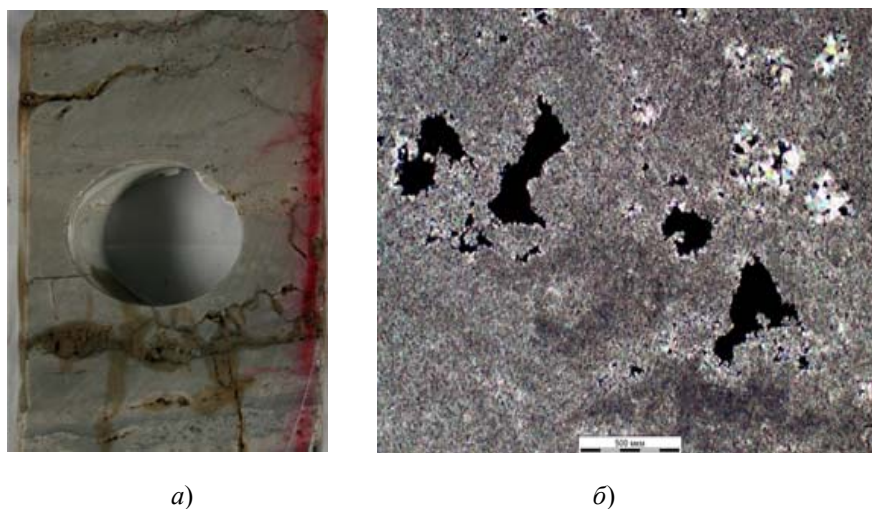


Рис. 4. Доломит разнокристаллический с реликтовой цианобактериальной структурой. Глубина отбора – 2073,57 м (ербогаченский горизонт):
а – пустоты выщелачивания вблизи стилолитовых швов;
б – пустоты выщелачивания. Николи скрещены

Анализ кернового материала и многочисленных шлифов позволяет говорить, что выщелачивание (как уже отмечено) наиболее активно прошло в нижнем устьевом пласте в доломитах разнокристаллических и разнокристаллических с реликтовой цианобактериальной структурой. На пустотное пространство пород осинского

горизонта выщелачивание оказало менее значительное влияние. В ербогаченском и преобразенском горизонтах этот процесс проявился еще в меньшей степени. В целом выщелачивание положительно влияло на фильтрационно-емкостные свойства пород рассматриваемых продуктивных горизонтов и является основным процессом формирования их кавернозности.

Трещиноватость. Разрез исследуемой скважины часто характеризуется интенсивной трещиноватостью. Подавляющее большинство трещин имеет литогенетическое и тектоническое происхождение. Среди литогенетических – трещины напластования распространены более широко. Их раскрытость измеряется сотыми и десятими долями миллиметров, а протяженность – миллиметрами. Внутрислойные трещины также незначительны по раскрытости, часто являются нитевидными.

Тектонические трещины представляют собой секущие, прямые, крутопадающие, нередко вертикальные трещины. Их раскрытость изменяется от долей миллиметра до одного сантиметра. Трещины в керне из нашей скважины часто заполнены вторичными сульфатами, галитом, кремнистыми минералами, органическим веществом. Реже встречаются открытые трещины, которые образовались в литифицированных породах преимущественно на поздних этапах катагенеза в результате новейших тектонических подвижек.

Нами установлено, что трещины не оказывают заметного влияния на полезную емкость коллекторов, однако случаи высокой проницаемости пород при их низкой пористости связаны именно с трещиноватостью.

В разрезе нашей скважины вблизи зон сульфатизации отмечаются участки повышенной трещиноватости доломитов. Нередко прослои отделяются друг от друга зонами трещиноватости (рис. 5). Отмечаемую трещиноватость можно объяснить повышенной хрупкостью ангидрита.



Рис. 5. Трещиноватость в зоне чередования карбонатных прослоев с прослоями ангидрита. Глубина отбора – 1939,89 м (усть-кутский горизонт)

Стилолитизация. В результате проведенных нами исследований установлено, что наиболее широкое развитие в карбонатных породах исследуемой скважины микростилолиты получили в доломитах разнокристаллических, мелкокристаллических и микротонкоккристаллических горизонтально-слоистых. Микростилолиты выполнены преимущественно глинистым и глинисто-органическим веществом (рис. 6). Они

возникали в результате локального растворения под давлением как на поздних этапах диагенеза, так и на этапах стадийного катагенеза, что привело к частичному увеличению их фильтрационно-емкостных свойств. Увеличение фильтрационно-емкостных свойств пород также может быть обусловлено проявлением на более поздних этапах стадийного катагенеза процесса выщелачивания по поверхности стилолитового шва [4, 8]. Примечательно то, что стилолиты являются проводящими каналами для различных флюидов, в результате действия которых интенсивность выщелачивания повышалась. Так, вблизи стилолитов часто наблюдается повышенная кавернозность (рис. 4, а).

Стилолитовые швы, являясь путями миграции флюидов, обычно способствовали улучшению коллекторских свойств. Однако их пустотное пространство зачастую заполнено глиной и аутигенными минералами, что отрицательно влияло на фильтрационно-емкостные свойства пород и «затушевывало» положительный эффект.

Кальцитизация. Кальцитизация является процессом заполнения вторичными кристаллами кальцита порового пространства. Процесс развивался преимущественно по остаточным пустотам выщелачивания в межкаркасном пространстве. Кальцитизация проходила в два этапа. Сперва формировались крустификационные каемки, далее в остаточном пустотном пространстве, залечивая его, выпадали кристаллы кальцита (рис. 7). В некоторых случаях это приводило к почти полному выполнению пустот, что ухудшало начальные коллекторские свойства карбонатных пород [3].

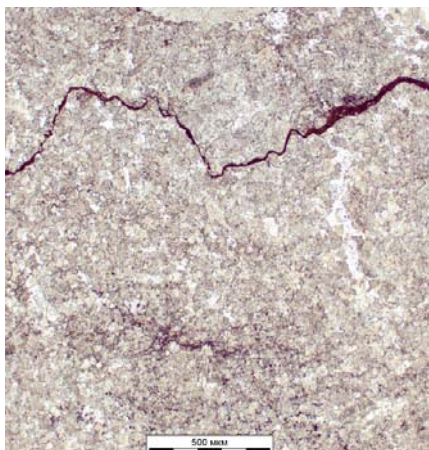


Рис. 6. Микростилолитовый шов, выполненный органическим веществом, в доломите разнокристаллическом. Глубина отбора – 1819,20 м (осинский горизонт). Никели параллельны

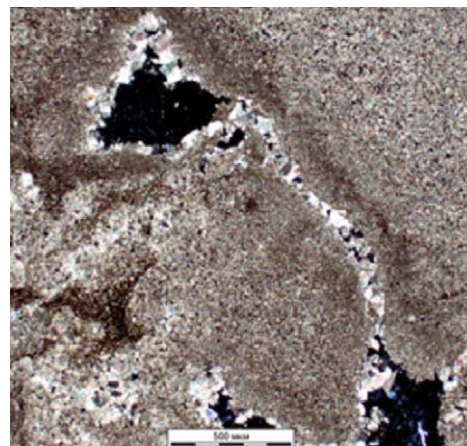


Рис. 7. Кальцитовая крустификационная каемка в доломите разнокристаллическом. Глубина отбора – 1884, 70 м (усть-кутский горизонт). Никели скрещены

Установлено, что в изучаемой скважине в строматолитовых доломитах большая часть остаточных пустот заполнена вторичным кальцитом. В разнокристаллических, разнокристаллических с реликтовой цианобактериальной структурой, комковато-сгустковых и интракластовых доломитах кальцитизация прошла по пустотам выщелачивания.

Доломитообразование. Вторичное доломитообразование является процессом выпадения доломита в пустотном пространстве. При этом процессе ромбовидные кристаллы доломита формировались на стенках трещин, пор и каверн, а также внутри стилолитовых швов на раннем этапе наложенного галокатагенеза при выпадении кристаллов доломита из циркулирующих по пустотам высокоминерализованных раство-

ров. Максимально активно процесс доломитообразования происходил в пустотах, которые в наибольшей степени подверглись выщелачиванию. Это связано с тем, что наибольший объем магниевых вод перемещался именно в таких зонах. Данный процесс приводил к образованию вторичных кристаллов доломита в пустотном пространстве и соответственно к сокращению емкостного пространства (рис. 8).

Окремнение. Окремнение – заполнение пустот минералами кремнезема. Процесс, вероятнее всего, протекал на стадии катагенеза и был связан с флюидами, проходящими через породы, из которых вдоль пустот отлагался растворенный кремнезем. В разрезе исследуемой скважины окремнение встречается редко и отмечается по отдельным пустотам выщелачивания и трещинам (рис. 9). Опираясь на данные геофизического изучения скважины, можно констатировать, что окремнение приводило к понижению фильтрационно-емкостных свойств пород. С другой стороны, при окремнении увеличивалась хрупкость пород, что могло способствовать появлению трещиноватости и повышению проницаемости пород [7].

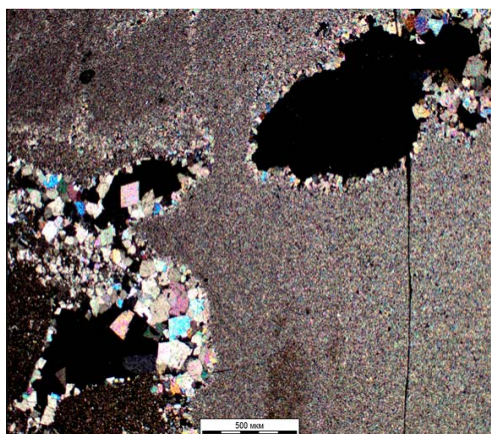


Рис. 8. Кристаллы доломита, выполняющие пустоты выщелачивания в доломите с реликтовой цианобактериальной структурой. Глубина отбора – 2070,85 м (ербогаченский горизонт). Николи скрещены

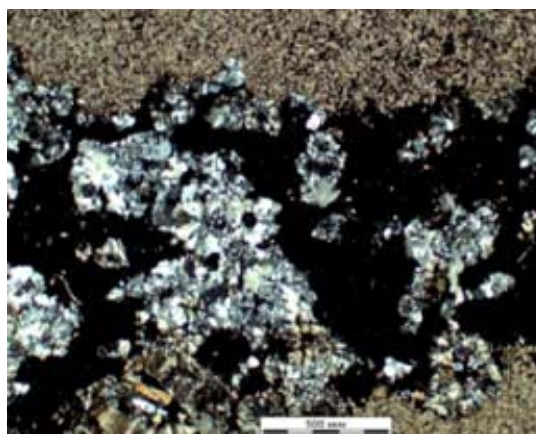


Рис. 9. Окремнение по трещинам в доломите микрокристаллическом. Глубина отбора – 1827,50 м (осинский горизонт), шлиф с анализатором. Николи скрещены

Сульфатизация. Сульфатизация – частичное или полное заполнение остаточных пустот кристаллами ангидрита, реже – гипса. О первичном или вторичном происхождении этих минералов можно говорить по их форме. Ангидрит в доломит-ангидритовых породах, имеющий таблитчатую форму кристаллов, вероятнее всего, первичный, т. е. образовался на раннем этапе диагенеза (рис. 10). Вторичные сульфаты образовались в результате проникновения сульфатных вод в пустоты карбонатных пород, при этом образуя пойкилитовую структуру или кристаллы, заполняющие межзерновое и межформенное пространство, которые имеют более позднее вторичное образование (рис. 11). Массовое выполнение пустот сульфатами, вероятно, происходило на этапе наложенного катагенеза, когда в поровое пространство начали поступать рассолы сульфатной стадии галогенеза. Как правило, сульфатизация приводит к существенному снижению емкости и проницаемости коллекторов. В исследуемой скважине сульфатизация затронула практически все литотипы и проявилась в выделении единичных кристаллов и в заполнении остаточных пустот ангидритом. В ербогаченском горизонте наблюдается преимущественно первичная, раннедиагенетическая сульфатизация, а в преображенском, усть-кутском и осинском горизонтах – вторичная, проявившаяся на этапе наложенного галокатагенеза.

Галитизация. Галитизация проявляется в выполнении пустотного пространства галитом. Существует несколько гипотез, объясняющих процесс галитизации. Наиболее распространенной среди исследователей является гипотеза галокатагенеза, по которой галит выпадает в емкостном пространстве в результате поступления в пластовые резервуары соленосной рапы из эвапоритовых формаций путем гравитационного просачивания, либо за счет отжима межкристальной рапы из соленосных толщ [8]. Процесс галитизации относится к последнему этапу наложенного катагенеза. Проведенные исследования на керновом материале рассматриваемой скважины подтверждают, что максимальное засоление, как правило, проявляется в относительно крупных пустотах, которые остались наиболее свободными после вторичного заполнения другими аутигенными минералами.



Рис. 10. Первичные кристаллы ангидрита в ангидрито-доломите. Глубина отбора – 2090,00 м (ербогаченский горизонт). Николи скрещены

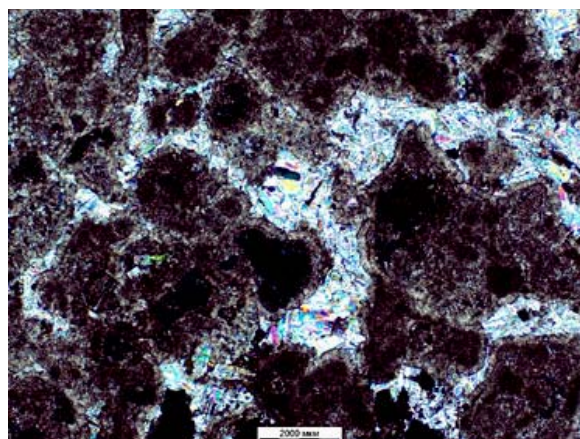


Рис. 11. Заполнение остаточных пустот кристаллами ангидрита в доломите комковато-сгустковом. Глубина отбора – 1773,77 м (осинский горизонт). Николи скрещены

В приподошвенной части осинского горизонта нами отмечены многочисленные пустоты правильной шарообразной формы, частично или полностью выполненные галитом. Их размер может достигать нескольких сантиметров. Предположительно такие «пузырьковые» пустоты могли возникнуть в результате жизнедеятельности цианобактериальных сообществ, которые продуцировали газ. Затем эти пузырьки газа в еще нелитифицированной породе поднимались вверх по породе, образуя каналы для поступления соленых растворов. Из этих соленых растворов хомогенным путем осаждался галит [3, 11].

Сложность изучения шлифов и образцов керна, в которых проявился данный процесс, определяется растворением галита при взаимодействии с буровыми растворами, а также при выпиливании стандартных образцов пород и изготовлении шлифов с использованием пресной воды. Однако по данным описания керна, результатам интерпретации геофизических исследований скважины и рентгеноструктурному анализу образцов из усть-кутского и осинского горизонтов обычно удается проследить неравномерное проявление галитизации. Иногда даже в керне отмечаются поры, каверны и трещины, частично или полностью заполненные каменной солью, что заметно ухудшает фильтрационные и емкостные свойства карбонатных коллекторов (рис. 12). В целом галитизация, как и сульфатизация, привела к заметному ухудшению коллекторских свойств продуктивных горизонтов.

Таким образом, в породах-коллекторах проанализированной нами скважины широко проявились вторичные процессы, которые, изменяя первичные структуру и текстуру пород, оказали существенное воздействие на фильтрационно-емкостные свойства продуктивных горизонтов. Такие процессы, как перекристаллизация, доломитизация, выщелачивание, трещинообразование в целом их улучшают, образуя дополнительное пустотное пространство в породах. В результате выпадения новых минералов в пустотах пористость и проницаемость значительно снижается.



Рис. 12. Выполнение галитом трещин и пузырьковых пустот в доломите мелкокристаллическом.
Глубина отбора – 1862,4 м (усть-кутский горизонт)

Заключение

Рассмотрены особенности проявления вторичных процессов в венд-кембрийском карбонатном разрезе Непско-Ботуобинской антеклизы и их влияние на емкостные и фильтрационные свойства пород перспективных в нефтегазоносном отношении горизонтах, основанные на детальном изучении материалов одной из пробуренных скважин и обобщении опубликованных по данному направлению работ.

Проведенные исследования позволили проанализировать все типы проявившихся здесь постседиментационных процессов, а также показать, что перекристаллизация, доломитизация и выщелачивание положительно влияли на фильтрационно-емкостные свойства карбонатных пород рассмотренных горизонтов. Данные процессы протекали практически во всех литотипах разреза. Однако наиболее интенсивно они проявились в доломитах разнокристаллических и доломитах разнокристаллических с реликтовой цианобактериальной структурой.

Негативно на коллекторские свойства повлияли процессы аутигенного минералообразования: кальцитизация, доломитообразование, окремнение, сульфатизация и галитизация. Наибольшее влияние на карбонатные породы данные процессы оказали в ербогаченском и преображенском горизонтах, практически уничтожив первично хорошие фильтрационно-емкостные свойства. Влияние процессов трещинообразования и стилолитизации на коллекторские свойства пород прослеживается менее однозначно. В целом стилолитовые швы и трещины являлись путями миграции флюидов, что приводило к улучшению коллекторских свойств. Аутигенное минералообразование наиболее интенсивно происходило преимущественно на стадии наложенного галокатагенеза. Это, прежде всего, касается заполнения пустотного

пространства вторичными ангидритом и галитом. Причем ясно прослеживается следующая последовательность вторичного минералообразования: сперва в пустотном пространстве выпадал кальцит, затем доломит, а после соли – ангидрит и галит.

Одинаковые литотипы в разных горизонтах разреза изучаемой скважины обладают разными коллекторскими свойствами. Одной из причин такого расхождения является неодинаковое проявление постседиментационных процессов в продуктивных горизонтах. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают породы усть-кутского и осинского горизонтов, что связывается с более интенсивным протеканием процессов выщелачивания и доломитизации и менее активным проявлением процессов аутигенного минералообразования, а также с большей вертикальной однородностью пластов пород этих горизонтов. Вместе с тем для названных горизонтов в большей степени характерно засоление пород, которое достаточно уверенно прослеживается по промыслово-геофизическим данным.

Дальнейшее изучение особенностей проявления вторичных процессов в карбонатных породах венд-нижнекембрийского комплекса в различных участках Непско-Ботуобинской антеклизы будет способствовать установлению закономерностей формирования и распространения пород с повышенными емкостными и фильтрационными свойствами, а значит, повышению эффективности освоения нефтегазовых ресурсов рассматриваемого региона.

Литература

1. Губина, Е. А. Прогноз венд-нижнекембрийских карбонатных коллекторов нефти и газа центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы на основе модели их формирования : дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.12 / Е. А. Губина ; Всерос. нефтяной науч.-исслед. геологоразведоч. ин-т. – СПб., 2014. – 146 с.
2. Каламкар, Л. В. Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран / Л. В. Каламкар. – М. : Нефть и газ, 2005. – 570 с.
3. Китаева, И. А. Закономерности распределения и условия формирования пород-коллекторов в осинском горизонте в сводовой части Непско-Ботуобинской антеклизы (на примере Талаканского месторождения) / И. А. Китаева, А. С. Кузнецов // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории : материалы VII Всерос. литол. совещ., Новосибирск, 28–31 окт. 2013 г. / Рос. акад. наук, Науч. совет по проблемам литологии и осадочных полезных ископаемых при ОНЗ. – Новосибирск, 2023. – Т. 2. – С. 10–13.
4. Китаева, И. А. Типы и генезис фильтрационно-емкостного пространства пород-коллекторов нижнекембрийских карбонатных отложений юго-западного склона Непско-Ботуобинской антеклизы : дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.06 / И. А. Китаева ; Рос. гос. ун-т нефти и газа (нац. исслед. ун-т) им. И. М. Губкина. – М., 2020. – 179 с.
5. Коновальцева, Е. С. Условия формирования и закономерности распространения пород-коллекторов нижневендских нефтегазоносных отложений центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы : дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.06 / Е. С. Коновальцева ; Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И. М. Губкина. – М., 2014. – 159 с.
6. Карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность / В. Г. Кузнецов [и др.]. – М. : Научный мир, 2000. – 104 с.
7. Лемешко, М. Н. Литолого-геохимические критерии локализации карбонатных коллекторов усть-кутского нефтеносного горизонта центральных районов Не-

- пско-Ботубобинской антеклизы : дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.16 / М. Н. Лемешко ; Нац. исслед. политехн. ун-т. – Томск, 2016. – 156 с.
8. Махнач, А. А. Постседиментационные изменения межсолевых девонских отложений Припятского прогиба / А. А. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1980. – 198 с.
 9. Порошина, А. Д. Вторичные изменения карбонатных пород Непско-Ботубобинской антеклизы и их влияние на коллекторские свойства продуктивных горизонтов / А. Д. Порошина, О. В. Постникова // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таиз. ун-т ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2023. – Ч. 2. – С. 179–182.
 10. Порошина, А. Д. Влияние постседиментационных процессов на коллекторские свойства венд-кембрийских пород Непско-Ботубобинской антеклизы / А. Д. Порошина // Новые технологии в газовой промышленности (газ, нефть, энергетика) : тез. докл. XIV Всерос. конф. молодых ученых, специалистов и студентов, Москва, 14–18 нояб. 2022 г. / Рос. гос. ун-т нефти и газа (нац. исслед. ун-т) им. И. М. Губкина ; сост.: А. Н. Комков, А. В. Закроец, К. Г. Бутырская ; отв. ред. В. Г. Мартынов. – М., 2022. – С. 38–39.
 11. Эволюция процессов минералообразования в терригенных породах раннего венда Непско-Ботубобинской антеклизы / А. В. Постников [и др.] // Литология и полезные ископаемые. – 2019. – № 1. – С. 31–43.
 12. Влияние вторичных преобразований на формирование коллекторских свойств осинского горизонта Непско-Ботубобинской антиклизы / О. В. Постникова [и др.] // Территория «Нефтегаз». – 2012. – № 11. – С. 24–27.
 13. Холодов, В. Н. Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах (на примере Восточного Предкавказья) / В. Н. Холодов. – М. : Наука, 1983. – 152 с.
 14. Япаскурт, О. В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования : учеб. пособие / О. В. Япаскурт. – М. : ЭСЛАН, 2008. – 356 с.

References

1. Gubina E. A. *Prognozvend-nizhnekembriyski khkarbonatny khkollektorov nefti i gaza tsentral'noy chasti Nepsko-Botuobinskoy anteklizy na osnove modeli ikh formirovaniya*, Saint Petersburg, 2014. 146 p. (in Russian).
2. Kalamkarov L. V. *Oil and gas bearing provinces and regions of Russia and neighboring countries*. Moscow, Neft' i gaz Publ., 2005. 570 p. (in Russian).
3. Kitaeva I. A., Kuznetsov A. S. Laws of distribution and conditions of formation of reservoir rocks in the Osinsk horizon in the folded part of the Nepsko-Botuobinskaya anteklise (on the example of the Talakanskoye field). *Osadochnye basseiny, sedimentatsionnye i postsedimentatsionnye protsessy v geologicheskoi istorii: materialy VII Vserossiiskoe litologicheskoe soveshchanie, Novosibirsk, 28–31 okt. 2013 g.* [Sedimentary basins, sedimentation and post-sedimentation processes in geologic history: proceedings of the VII All-Russian lithologic meeting, Novosibirsk, October 28–31, 2013]. Novosibirsk, 2023, vol. 2, pp. 10–13 (in Russian).
4. Kitaeva I. A. *Types and genesis of filtration-capacity space of Lower Cambrian carbonate reservoir rocks of the southwestern slope of the Nepsko-Botuobinsky anteklise*. Moscow, 2020. 179 p. (in Russian).

5. Konoval'tseva E. S. *Formation conditions and distribution patterns of reservoir rocks of the Lower Vendian oil and gas bearing sediments of the central part of the Nepsko-Botuobinskaya anteklise*. Moscow, 2014. 159 p. (in Russian).
6. Kuznetsov V. G., Ilyukhin L. N., Bakina V. V. *Carbonate strata of Eastern Siberia and their oil and gas content*. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2000. 104 p. (in Russian).
7. Lemeshko M. N. *Lithological and geochemical criteria for localization of carbonate reservoirs of the Ust-Kutsk oil-bearing horizon in the central regions of the Nepsko-Botuobinskaya anteklise*. Tomsk, 2016. 156 p. (in Russian).
8. Makhnach A. A. *Post-sedimentation changes in inter-salt Devonian sediments of the Pripyat Trough*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1980. 198 p. (in Russian).
9. Poroshina A. D. Secondary changes in carbonate rocks of the Nepsko-Botuobinskaya anteklise and their influence on the reservoir properties of productive horizons. *Sovremennye problemy mashinovedeniya: sb. nauch. tr., part. 2*. Gomel', Sukhoi State Technical University of Gomel, 2023, pp. 179–182 (in Russian).
10. Poroshina A. D. Influence of post-sedimentation processes on the reservoir properties of Vendian-Cambrian rocks of the Nepsko-Botuobinsky anteklise. *Novye tekhnologii v gazovoi promyshlennosti (gaz, neft', energetika): tezisy dokladov XIV Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh, spetsialistov i studentov, Moskva, 14–18 noyabrya 2022 g.* – Moscow, Rossiiskii gosudarstvennyi universitet nefti i gaza im. I. M. Gubkina, 2022, pp. 38–39 (in Russian).
11. Postnikov A. V., Postnikova O. V., Iz'yurovai E. S. Evolution of mineral formation processes in terrigenous rocks of the Early Vendian of the Nepsko-Botuobinsky anteklise. *Litologiya i poleznye iskopaemye = Lithology and Mineral Resources*, 2019, no 1, pp. 31–43 (in Russian).
12. Postnikova O. V., Kitaeva I. A., Repina M. O., Omel'chenko O. V. Influence of secondary transformations on formation of reservoir properties of the Osinsk horizon of the Nepsko-Botuobinskaya anteklise. *Territoriya "Neftegaz" = Territorija "Neftegaz"*, 2012, no. 11, pp. 24–27 (in Russian).
13. Kholodov V. N. *Post-sedimentation transformations in elision basins (on the example of the Eastern Precaucasus)*. Moscow, Nauka Publ., 1983. 152 p. (in Russian).
14. Yapaskurt O. V. *Genetic mineralogy and stadal analysis of sedimentary rock and ore formation processes*. Moscow, ESLAN Publ., 2008. 356 p. (in Russian).

Поступила 16.02.2024 г.