

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №5, Том 13 / 2021, No 5, Vol 13 <https://esj.today/issue-5-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/27NZVN521.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Пономаренко, А. С. Особенности строения пустотного пространства ботубинского горизонта /

А. С. Пономаренко // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 5. — URL:

<https://esj.today/PDF/27NZVN521.pdf>

For citation:

Ponomarenko A.S. Features of the voids structure of the botuboin horizon. *The Eurasian Scientific Journal*, 13(5): 27NZVN521. Available at: <https://esj.today/PDF/27NZVN521.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

Пономаренко Анастасия Сергеевна

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Аспирант

E-mail: anast.ponomarenko@gmail.com

Особенности строения пустотного пространства ботубинского горизонта

Аннотация. В статье автором рассмотрено геологическое строение ботубинского продуктивного горизонта на территории Непско-Ботубинской нефтегазоносной области с целью изучения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов. Ботубинский горизонт является основным по нефти в районе изучения и приурочен к подсолевому терригенному венд-кембрийскому нефтегазоносному комплексу. Продуктивные толщи прослеживаются практически на всей территории одноименной антеклизы — с юго-запада от Талаканской зоны нефтегазонакопления на северо-восток до Мирнинского выступа. Динамичное геологическое развитие Непско-Ботубинской антеклизы повлияло на формирование продуктивных толщ. Широкое распространение трапповых тел, засоление порового пространства, низкие термобарические условия — все это является фактором ухудшения/улучшения фильтрационно-емкостных свойств горизонта. В статье особенности строения пустотного пространства горизонта находят свое отражение на построенных петрофизических зависимостях. Галитизация является наиболее опасным камнем преткновения при освоении залежей. При этом следует обратить внимание на то, что изначально именно высокие значения коллекторских свойств в большинстве своем подверглись интенсивной галитизации. Нивелирование ситуации в виде вымывания солей может способствовать повышению коэффициентов нефтеотдачи, в связи с тем, что кристаллы солей не формируют скелет породы. Также следует отметить, что глинистый материал в пустотном пространстве не влияет на фильтрационно-емкостные свойства горизонта. При этом на графиках зависимости геофизических параметров можно отследить степень засоления пустотного пространства для учета его при дальнейшей разработке залежи. Таким образом, галитизация пустотного пространства является неоднозначной и требует индивидуального подхода при процессе освоения месторождения.

Ключевые слова: Непско-Ботубинская антеклиза; фильтрационно-емкостные свойства; засоление; коллектор; пористость; проницаемость; терригенные отложения

Введение

Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция (НГП) выделяется в объеме Восточно-Сибирского региона, и является крупнейшей на территории древней Сибирской

платформы. Наибольший интерес с точки зрения полезных ископаемых представляет нефтегазоносность, связанная с древними рифей-вендско-кембрийскими карбонатными и/или терригенными породами. По фазовому составу в толщах присутствуют газ, нефть, газоконденсат и промышленные скопления гелия.

Особенность геологического строения платформенных отложений заключается в выделении трех комплексов — подсолевой терригенный, солевой галогенно-карбонатный, надсолевой карбонатно-терригенный.

Преимущественно, залежи углеводородов приурочены к подсолевому комплексу, что является осложнением при проведении разведочных работ и освоении района работ. Отрицательное влияние на геолого-разведочные работы оказывает разломно-блоковое тектоническое строение месторождений, широкое распространения интрузий вследствие траппового магматизма, что способствовало ухудшению коллекторских свойств продуктивных отложений [1]. Вслед за проявленным магматизмом особое влияние имеет процесс галитизации, что так же отрицательно влияет на фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) продуктивных отложений. Галитизация происходила в породах с улучшенными ФЕС, что приводило к уменьшению в размере порового пространства, и как следствие, к ухудшению коллекторских свойств [2]. Все вышеперечисленные процессы с точки зрения палеотектоники привели к миграции флюидов, переформированию залежей, частично к их разрушению, в какой-то степени с обеспечением сохранности, но все же с учетом вторичного минералообразования привели к ухудшению первоначально улучшенных коллекторских свойств. Также процессы поспособствовали увеличению неоднородности вещественного состава — отмечается замещение проницаемых пластов слабопроницаемыми или непроницаемыми [1] по вертикали и латерали, а также широко развито литологическое выклинивание продуктивных пород.

Методы исследования

Метод исследования ботубинского горизонта заключается в эмпирической оценке основных фильтрационно-емкостных свойств продуктивных толщ. На основе собранной геологической и литолого-петрофизической информации были построены гистограммы и зависимости, отображающие особенности строения пустотного пространства горизонта.

Результаты и их обсуждение

Ботубинский продуктивный горизонт имеет наибольшее площадное распространение на территории Непско-Ботубинской антеклизы. Отложения горизонта широко развиты на территории от Талаканского месторождения на юге антеклизы и до северной части склона Мирнинского выступа. Коллектора ботубинского горизонта сложены в основном песчаниками, циклическим переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов в подошве горизонта. Геометрически горизонт состоит из нескольких продуктивных баровых тел в центральной и северной части антеклизы, а количество алевролита и аргиллита в разрезе горизонта увеличивается в юго-восточном направлении.

Наилучшие фильтрационно-ёмкостные свойства соответствуют Среднеботубинскому месторождению. Максимальное значение коэффициента открытой пористости составляет 22 %. В северо-восточном направлении отмечается снижения фильтрационно-емкостных свойств горизонта. В общем емкостные свойства горизонта высокие, однако, толщина горизонта сокращается, выклинивается на границе Предпатомского регионального прогиба и открытая пористость песчаников резко ухудшается.

На территории Чайндинского месторождения выделяются интервалы средневзвешенной пористости от 2 до 8 % и от 10 до 20 %, на Среднеботубинском месторождении — от 2 до 11 % и от 12 до 22 %. Обусловлено это как условиями осадконакопления, так и особенностями развития постседиментационных изменений. Формирование горизонта происходило в пределах барового тела с периодичностью приливно-отливных течений. Также вторичные преобразования в виде ангидритизации пустотного пространства оказали огромное влияние на формирование залежей горизонта. Почти половина образцов (44 %) Чайндинского месторождения имеет значения проницаемости IV и V классов при значениях пористости выше 10 %, тем не менее стоит обратить внимание на сложность строения пустотного пространства в виду его вторичных изменений. Строение пустотного пространства также отображается при сопоставлении фильтрационных и емкостных свойств пород (рис. 1). На графиках, отражающих соотношение значений проницаемости с открытой и эффективной пористостью, отмечается слабая зависимость. При равной пористости наименьшие значения проницаемости характерны для пород с поровым типом пустот, наибольшие — для образцов, в которых трещиноватость влияет на формирование коллектора.

Также на особенности строения пустотного пространства указывает график соотношения пористости и остаточной водонасыщенности (рис. 2), где явно выделяются 3 части. Для первой части образцы коллектора с пористостью менее 10 % имеют не высокие значения остаточной водонасыщенности до 50 %, что является благоприятной структурой порового пространства, где коэффициент нефтенасыщенности варьирует в пределах от 7 до 60 %. Вторая часть соответствует значениям пористости от 7 до 13 %, где значения водонасыщенности превышают 80 %, при этом снижаются значения остаточной нефтенасыщенности. Третья часть соответствует низким до 35 % значениям водонасыщенности при средне-высоких значениях пористости, на что влияет фактор трещиноватости песчаников. Значения до 20 % остаточной водонасыщенности на территории Среднеботубинского месторождения максимально сосредоточены в высоких значениях пористости от 13 до 20 %.

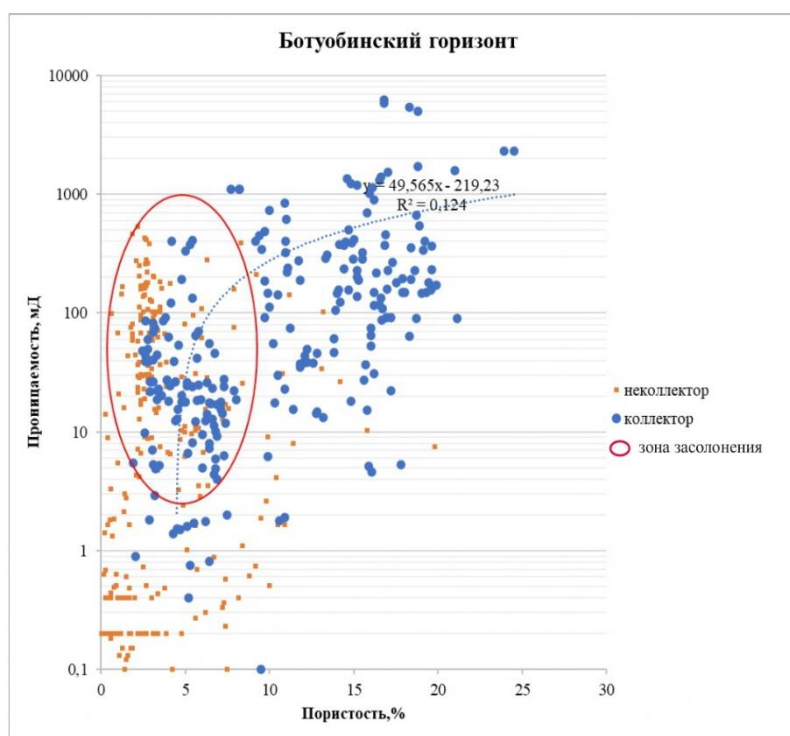


Рисунок 1. Зависимость проницаемости от пористости ботубинского горизонта (составлено автором)

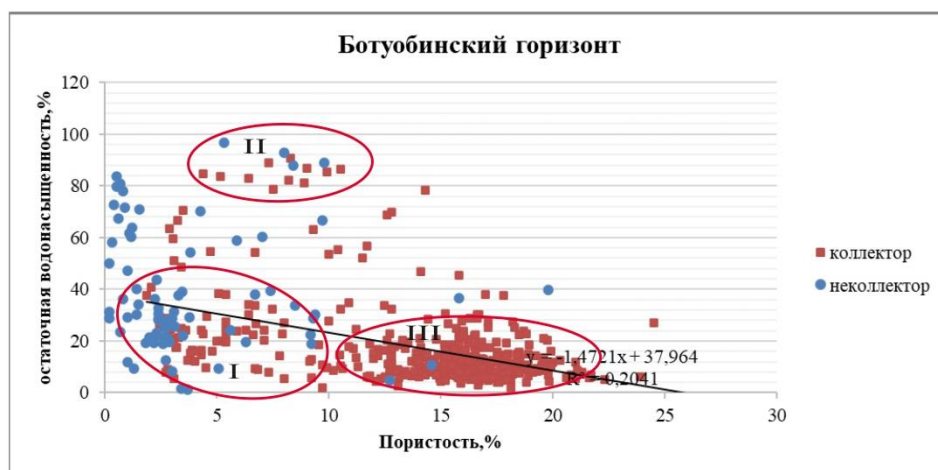


Рисунок 2. Соотношение остаточной водонасыщенности и пористости богуобинского горизонта (составлено автором)

Засоление пустотного пространства является одним из существенных постседиментационных преобразований, влияющих на фильтрационно-емкостные свойства коллекторов и продуктивность скважин. Несмотря на то, что Восточная Сибирь является богатым регионом по запасам углеводородов, тектонический фактор (широкое развитие разломов и блоков, триасовый трапповый магматизм), повышенная минерализация пластовых вод, низкие термобарические условия, вследствие каледонского тектогенеза, повлияли на осаждение галита в объеме пустотного пространства. Эти процессы характеризуют продуктивные толщи, как неоднородные и осложняет механизм освоения. Преобладание вторичных процессов с заполнением пор и трещин минералообразованиями приводят к снижению ФЭС пород, по большей части полностью заполняя пустоты [3].

В тектоническом плане антеклизы осложнена рядом структур I-go порядка, поэтому сформированные залежи определяются не только литологическим фактором, но тектоническими процессами. Практически каждая залежь/месторождение осложнено блоковой тектоникой с большим количеством разломов [4].

Платформенные отложения Сибирской платформы претерпели ряд динамических процессов в пермь-триасовый период. Территория подверглась внедрению трапповых интрузий в осадочный чехол. Температура внедрения магмы достигала практически 1500 °C. В результате, высокотермобарическое внедрение магматических тел привело к циркуляции перегретых высокоминерализованных пластовых вод в подсолевые отложения осадочной толщи. Миграция флюидов происходила по ранее сформированным разломам и по огромному количеству макро-/микро-трещин в толщах, которые образовались в связи с повышением горного напряжения в момент активного внедрения разогретой магмы [5]. Таким образом, внедрение интрузивных тел поспособствовало миксованию сильно разогретых и охлажденных высокоминерализованных пластовых вод с выпадением натрий хлора в осадок, а также формированию дополнительных систем трещин и разломов в пластах, по которым происходила вертикальная миграция рассолов с высокой плотностью из соленосного комплекса вплоть до терригенных отложений по разуплотненным зонам [4]. При этом осадок галита в пустотном пространстве отложений не слагает и не формирует скелет породы [5], что может указывать на то, что при правильно подобранной технике разработки засоленных пластов, может произойти вымывание солей и увеличение коэффициента извлечения. Более того, после отмывки засоленных образцов, емкостные свойства породы в некоторых образцах увеличивались в 2–3 раза [4; 5].

Существует несколько точек зрения касательно влияния проявленного траппового магматизма на фильтрационно-емкостные свойства коллекторов. Считают, что отрицательное влияние проявляется в виде разрушения коллекторов, ухудшения фильтрационно-емкостных параметров, преобразования химического и фазового состава углеводородов. Положительным влиянием может являться сохранность залежей вследствие появления нового флюидопора для залежей, при этом ускоряя процесс катагенеза органического вещества [6]. Оба мнения имеют место быть, однако следует учитывать, что все-таки любые осложнения влияют на экономическую составляющую при освоении и разработке территории.

Процесс галитизации имеет определенную стадийность, которая является характерной для осаждения солей из высокоминерализованных отложений, — регенерация кварца-карбонатизация и выщелачивание-ангидритизация -галитизация — и особенности обстановок (опускание территории образовывало зону накопления галита, воздымание — отсутствие галита) на момент его протекания [7; 8]. Эти условия определяют зональность и локальность солей в триггенном комплексе.

Таким образом, галитизация является следствием подстседиментационных преобразований. Именно рассолы вышезалегающего сульфатно-галогенно-карбонатного комплекса кембрийского возраста и их циркуляция являются значительным фактором осаждения галита в пустотах и трещинах. Основной причиной галитизации коллекторов являлся термобарический метаморфизм, который напрямую связан с низкими пластовыми давлениями и температурами [9]. Также логично отметить, что зоны наибольшего заполнения пластов солями приурочены к зонам разломов/трещин, которые являются зонами разуплотнения. При этом наличие трещиноватости не гарантирует улучшенные фильтрационно-емкостные свойства.

Степень засоления пустотного пространства неравномерна и изменяется от первых процентов до практически полного заполнения пород (для ботубинского горизонта значения варьируют от 0 до 89 %). К зонам с высокой степенью засоления относятся первоначально улучшенные коллекторы с минимальной глинистостью и максимальными значениями пористости/проницаемости. И наоборот, заглинитизированные триггенные породы практически не содержат в настоящее время NaCl (хлорид натрия) [8]. При этом само наличие глинистого материала в продуктивных отложениях практически не влияет на коллекторские свойства пород [8]. На примере ботубинского горизонта (рис. 3) Чайядинского месторождения видно, что триггенные отложения с высоким содержанием глинистого материала (от 1 до 60 %) практически не зависят от содержания солей, за исключением локальных зон, где глинистый материал составляет от 10 до 35 %.

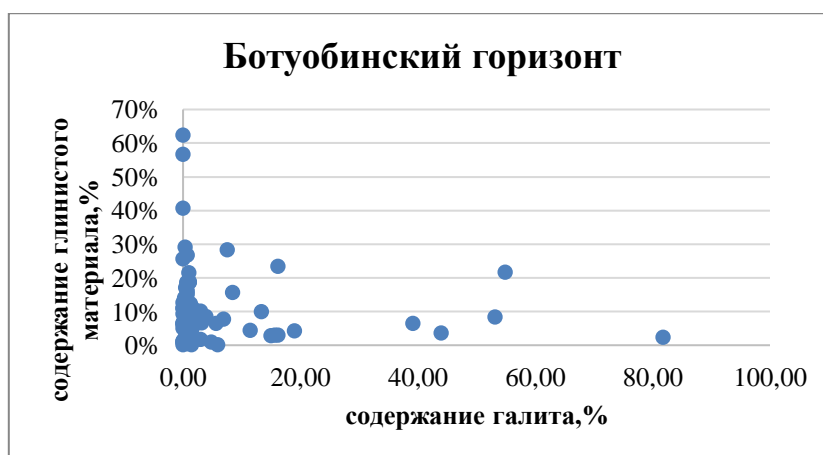


Рисунок 3. Зависимость содержания глинистого материала от содержания галита в ботубинском горизонте Чайядинского месторождения (составлено автором)

Ряд авторов, которые занимаются изучением влияния засоления коллекторов, по данным геофизических исследований (ГИС) и керна составили палетку для оценки пористости с учетом коэффициента засоления — следует учитывать влияние солей на акустические (АК), нейтронные (НК) и плотностные свойства (ГГКп) пород [4; 5; 10]. Совпадения значений пористости по ГГКп и НК указывает на наличие чистых песчаников, увеличение галита увеличивает значения пористости по ГГКп относительно НК. Таким образом, такой подход позволяет одновременно отследить степень засоления пород и определить их пористость. По результатам проведенного ГГКп, на примере ботубинского горизонта Чайандинского месторождения были построены зависимости, отображающие «чистоту» терригенных отложений. Отклонения от оси указывают на присутствие сульфатно-галогенно-карбонатных включений, заполняющих пустотное пространство (рис. 4). При этом для определения значительной глинистой слоистости пород, гамма-каротаж является недостаточно эффективным ввиду повышенного содержания радиоактивных веществ [2].

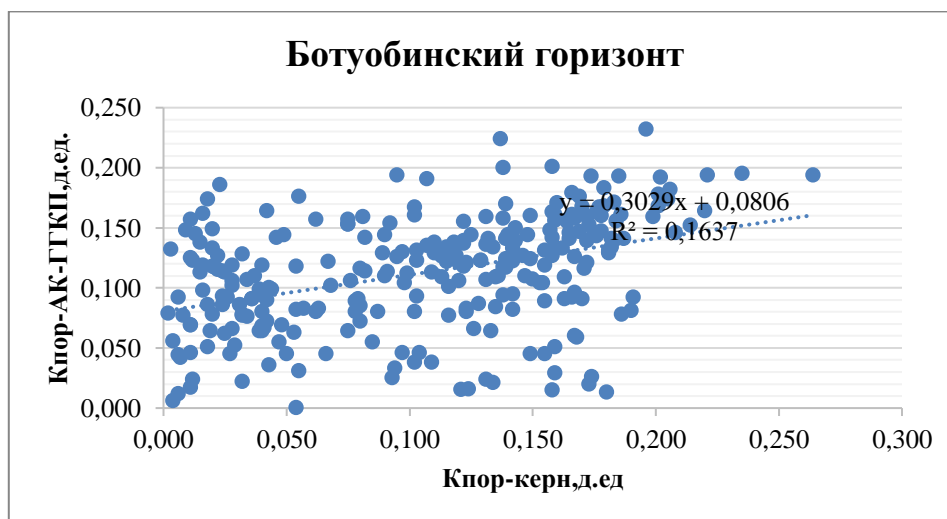


Рисунок 4. Зависимость коэффициента пористости по АК-ГГКП от пористости по керну для ботубинского горизонта (составлено автором)

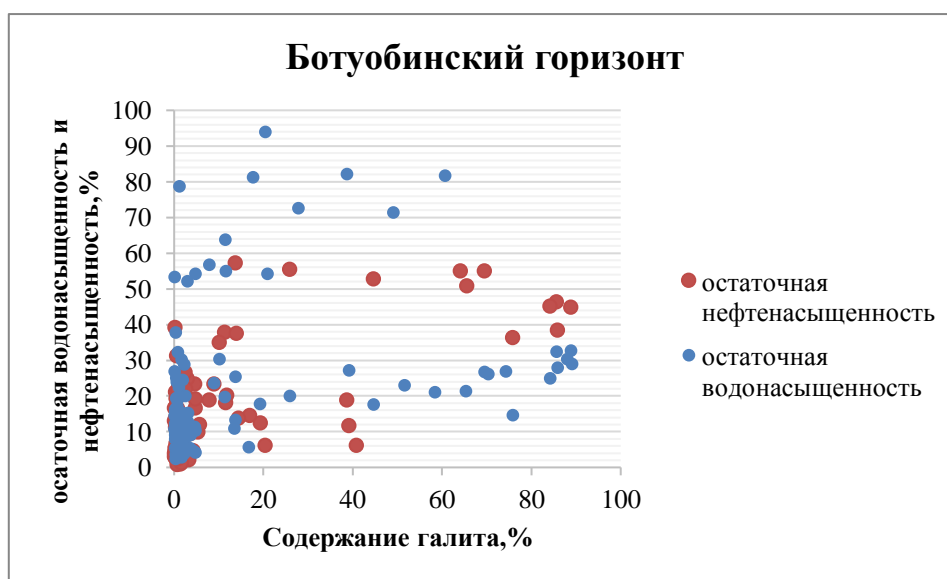


Рисунок 5. Зависимость остаточной водонасыщенности и нефтенасыщенности от содержания галита в коллекторах ботубинского горизонта (составлено автором)

Так же установлено, что галитизация пустотного пространства может увеличивать значения остаточной водонасыщенности (рис. 5) и уменьшать значения остаточной нефтенасыщенности. При засолонении уменьшается размер пор и каналов, за счет чего возрастают капиллярные силы, удерживающие воду, что может говорить о наличии гидрофильных, гидрофобных пород, а также пород смешанной смачиваемости.

Заключение

Широко развитый на территории антеклизы ботуобинский горизонт несмотря на высокие значения фильтрационно-емкостных свойств имеет свои особенности, которые в дальнейшем могут повлиять на освоение залежей в этом интервале. Галитизация пустотного пространства, как и ряд сопутствующих природно-техногенных факторов, не гарантирует пониженные значения коллекторских свойств. Грамотно подобранный процесс вымывания солей поспособствует увеличению коэффициента извлечения. При этом негативное воздействие может заключаться в том, что сульфатно-галогенные разности при попадании воды в пласт могут привести к разрушительным последствиям, а также к снижению значений остаточной нефтенасыщенности.

ИТЕРАТУРА

1. Кирюхин Л.Г. Освоение ресурсов углеводородов Восточной Сибири — важнейшая задача России / Л.Г. Кирюхин, М.Ю. Хакимов // Вестник Российского университета дружбы народов. — 2009. — № 1. — С. 66–70.
2. Мухидинов Ш.В. Методические особенности петрофизического изучения засоленных терригенных пород нефтегазовых месторождений чонской группы / Ш.В. Мухидинов, В.С. Воробьев // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. — 2017. — № 1(3). — С. 32–37.
3. Букаты М.Б. Причины засоления нефтегазоносных коллекторов на юге Сибирской платформы / М.Б. Букаты, В.И. Вожов, Т.А. Горохова, Е.З. Рахленко, С.Л. Шварцев // Геология и геофизика. — 1981. — № 9. — С. 17–27.
4. Воробьев В.С. Модель распространения терригенных коллекторов и засоленных песчано-гравелитистых отложений в пределах месторождений центральной части Непского свода / В.С. Воробьев, И.В. Чеканов, Я.С. Клиновая // Геология нефти и газа. — 2017. — № 3. — С. 47–60.
5. Городнов А.В. Определение фильтрационно-емкостных свойств засоленных коллекторов в терригенных отложениях Непского свода Восточной Сибири / А.В. Городнов, В.Н. Черноглазов, О.П. Давыдова // Каротажник. — 2012. — № 12. — С. 26–41.
6. Гажула С.В. Особенности трапвого магматизма в связи с условиями нефтегазоносности Сибирской платформы / С.В. Гажула // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2008. — № 1. — С. 5.
7. Hurdeman A.J.M. Assessment of halite-cemented reservoir zones / A.J.M. Hurdeman, J.N. Breunese, A.M.S. Al-Asbahi // Journal of Petroleum Technology. — 1991. — vol. 43. — pp. 518–523.
8. Воробьев В.С. Причины засоления терригенных пород в пределах Верхнечонского месторождения (Восточная Сибирь) / В.С. Воробьев, Я.С. Клиновая // Газовая промышленность. — 2017. — № 4. — С. 36–43.
9. Рыжов А.Е. Структура порового пространства пород-коллекторов ботуобинского горизонта Чаяндинского месторождения / А.Е. Рыжов, Т.А. Перунова, Д.М. Орлов // Вести газовой науки. — 2011. — № 1(6). — С. 162–174.
10. Щетинина Н.В. История развития петрофизической модели верхнечонского горизонта / Н.В. Щетинина, Я.И. Гильманов, Д.А. Анурьев, Е.С. Бусуек // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». — 2015. — № 3. — С. 30–38.

Ponomarenko Anastasiya Sergeevna

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
E-mail: anast.ponomarenko@gmail.com

Features of the voids structure of the botuobin horizon

Abstract. In the article, the author considers the geological structure of the botuobinsk productive horizon on the Nepsko-Botuobinsk petroleum region in order to study the reservoir properties of terrigenous rocks. The Botuobinsky horizon is the main one for oil in the study area and is confined to the subsalt terrigenous Vendian-Cambrian oil and gas complex. Productive rocks can be traced almost throughout the anteklise of the same region's name — from the southwest from the Talakan petroleum accumulation zone to the northeast to the Mirninsky high. The dynamic geological development of the Nepsko-Botuobinsk anteklise influenced the formation of productive rocks. The wide distribution of trap bodies, salinization of the voids, low thermobaric conditions — all this is a factor in the decrease/increase of the reservoir properties of the horizon. In the article, the structural features of the void space of the horizon are reflected in the constructed petrophysical dependencies. Salinization is the most dangerous difficulty in the development of deposits. At the same time, attention should be paid to the fact that initially it was the high values of reservoir properties that for the most part underwent intensive salinization. Leveling the situation in the form of salt hydrowashing can contribute to an increase in oil recovery coefficients, due to the fact that salt crystals do not form the skeleton of the rock. It should also be noted that the clay material in the void space does not affect the reservoir properties of the horizon. At the same time, on the graphs of the dependence of geophysical parameters, it is possible to track the degree of salinization of the void space to take it into account in the further development of the deposit. Thus, the salinization of the void space is ambiguous and requires an individual approach during the development of the deposit.

Keywords: Nepa-Botuobin anteklise; reservoir properties; salinization; reservoir rock; porosity; permeability; terrigenous sediments