

**СТРОЕНИЕ, ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПУСТОТНОЕ  
ПРОСТРАНСТВО КАРБОНАТНЫХ ТАЙДАЛИТОВ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ  
ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.**

*Л.М. Журавлева, В.Г. Кузнецов, Ф.М. Чимбулатов\**

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

\*Группа компаний «Инвестгеосервис»

**E-mail: [zhurawlewa.lilia@yandex.ru](mailto:zhurawlewa.lilia@yandex.ru)**

Карбонатные тайдалиты характеризуются низкими коллекторскими свойствами, что определяется микрозернистыми и пелитоморфными структурами пород, однако продуктивность таких коллекторов точно установлена. Основные фильтрационные свойства тайдалитов обеспечены горизонтальными щелевидными пустотам – литогенетическими трещинами, связанными с глинисто-карбонатными бактериальными матами, наиболее часто развитыми именно в обстановках литорали и сублиторали. Подобное строение и состав тайдалитов требуют нестандартного подхода к испытанию скважин.

**Ключевые слова:** тайдалиты, литораль, сублитораль, бактериальные маты, щелевидные пустоты, анизотропий проницаемости.

Значительную часть осадочных пород составляют карбонатные отложения, являющиеся важными резервуарами нефти и газа. При этом сложность строения карбонатных пород не дает возможности выработки единого стандартного подхода к выбору систем разработки, требуя всестороннего изучения литологических характеристик пород-коллекторов, во многом обусловленных разнообразием обстановок их формирования.

В данном сообщении изложены результаты исследования карбонатных тайдалитов – литоральных и сублиторальных образований, доля которых среди палеозойских карбонатных толщ аномально высока [4]. Специфика условий их образования находит отражение в структурах пород и, соответственно, в характеристиках ФЕС, а открытие в тайдалитах промышленных залежей нефти обуславливает интерес к их изучению.

Исследования были проведены на двух разных по возрасту, тектоническому положению и палеогеографическому типу бассейнов объектах.

Первый из них – это венд-кембрийские и кембрийские отложения обширного эпиконтинентального бассейна Сибирской платформы. Второй – нижнедевонские отмельные отложения Тимано-Печорского шельфа Уральского палеоокеана, точнее, одного из его участков.

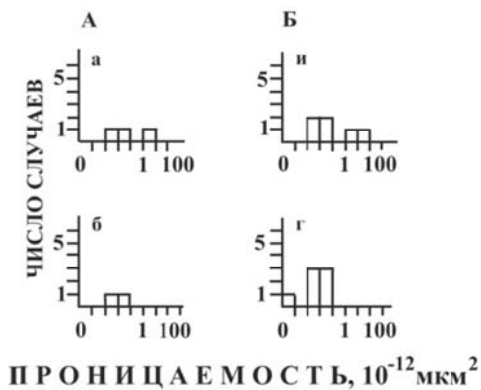
Венд-кембрийские и нижнекембрийские отложения – осинский горизонт, кудулахская, ускунская, юряхская свиты Сибирской платформы, подробно описанные в литературе [1, 2, 3, 5], имеют циклическое строение. Трехчленные циклиты являются трансгрессивно-регрессивными, к литоральным и сублиторальным относятся отложения начала трансгрессивного этапа – основания циклитов, и конца регрессивного – верхние элементы циклитов.

Нижние и верхние элементы циклитов имеют в целом сходные литологические характеристики, сложены доломитами, доломитовыми мергелями, доломитистыми из-

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕДИМЕНТОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ИНЖИНИРИНГЕ

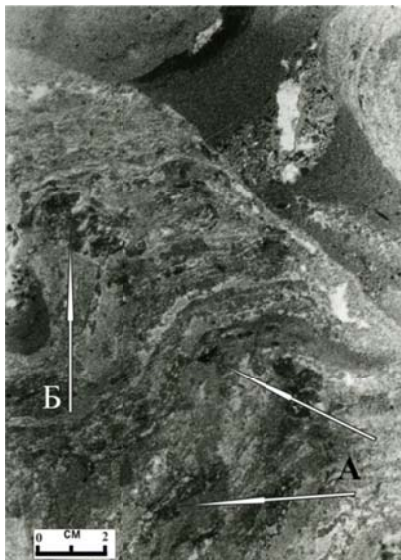
вестняками. Структуры пород преимущественно микро-, реже тонкозернистые, нередко микросгустковые (пеллетовые), часто цианобактериальные, нередки трещины усыхания, особенно в бактериальных разностях. Текстуры либо массивные, либо тонко- и неправильно слоистые. Различие в отсутствии глинистой примеси в доломитах верхних элементов, кроме того, в верхних элементах нередки строматолитовые образования и присутствие ангидрита.

Значения коллекторских параметров этих элементов низки, что вполне характерно для микрозернистых в целом пород. Вместе с тем необходимо отметить одно важное обстоятельство – весьма существенное превышение проницаемости по наслоению над таковым перпендикулярно ему – анизотропия проницаемости (**рисунок 1**).

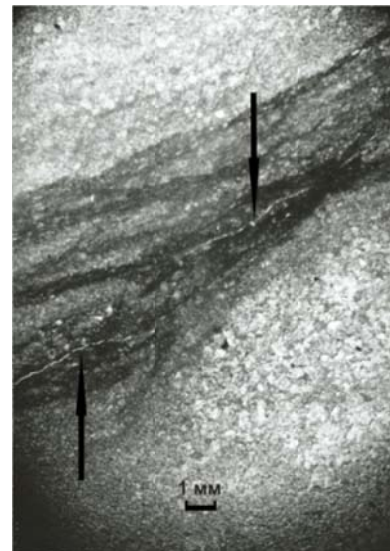


**Рисунок 1.** Гистограммы распределения значений вертикальной (б, г) и горизонтальной (а, б) проницаемости нижнего (А) и верхнего (Б) элементов циклитов венд-кембрийский и кембрийских литоральных отложений Верхневилючанского месторождения

Анизотропия объясняется двумя группами причин. С одной стороны, присутствие глинистых прослоев, затрудняющих вертикальную проницаемость. С другой – наличие щелевидных пустот в наслоениях строматолитовых биопленок, микрокаверн выщелачивания по этим наслоениям (**рисунок 2**), а также появление связанных с ними субпараллельных слоистости литогенетических трещин (**рисунок 3**).



**Рисунок 2.** Щелевидные пустоты между наслоениями микробных пленок в строматолитовом доломите. Нижний кембрий, осинский горизонт



**Рисунок 3.** Литогенетические субпараллельные трещины, связанные с глинисто-карбонатными биопленками в венд-кембрийских отложениях Сибирской платформы

Средние, мелководно-морские, элементы, характеризуются кондиционными значениями ФЕС, которые существенно выше таковых для тайдалитов.

Еще одним изученным природным объектом были карбонатные отложения овинпармского горизонта лоховского яруса нижнего девона в пределах северной части Варандей-Адзъвинской структурной зоны.

Для пород горизонта весьма характерны и даже преобладают микрозернистые и пелитоморфные структуры, менее распространены тонкозернистые, реже – граноморфные, где зерна представлены пеллетами, бактериальными сгустками, желваками водорослей, детритом различных организмов. В целом, состав биоты однообразен для пород всего разреза, разница сугубо количественная – в микрозернистых и пелитоморфных разностях скелетные остатки распространены значительно меньше. Наряду с «чистыми» известняками имеются и глинистые разновидности. Довольно редко встречаются участки вторичной доломитизации. Текстуры отложений более разнообразны: здесь описаны узловато-слоистые, комковато-сгустковые, тонко-волнистослоистые текстуры, нередко биопленки, в том числе, строматолитоподобные, трещины усыхания, следы биотурбации. В целом отложения овинпармского горизонта интерпретируются как крайне тиховодные литоральные и сублиторальные, и фиксируют, в частности, палеогеоморфологическую выраженность Варандей-Адзъвинской зоны в виде обширной отмели уже в раннем девоне.

Строение разрезов горизонта циклично, циклиты имеют двучленное строение. Набор пород нижнего и верхнего элементов циклитов принципиально одинаков, различны лишь их количественные соотношения. Нижние элементы, которые отражают скорее собственно литоральные, приливно-отливные обстановки, сложены в несколько большей степени глинистыми разностями (отношение чистых карбонатных пород и глинистых известняков и аргиллитов составляет 37% и 63%), в то время как верхние, более мористые сублиторальные – более чистыми карбонатными породами (эти значения составляют 76% и 24 %). Глинистый материал, в основном, сосредоточен в виде тонких темноцветных, в разной степени извилистых прослоев различной толщины, обогащенных органическим веществом и рассматриваемых как минеральное выражение жизнедеятельности циано-бактериальных сообществ, весьма характерных для литоральных и сублиторальных фаций. В прослоях обнаружены разнообразные формы бактерий – кокковидные, палочковидные, биопленки и др. Наличие бактериальной слизи способствовало улавливанию и фиксации тонкого глинистого материала, сами бактерии поставляли органическое вещество.

Условия, благоприятные для накопления микрозернистого материала, по видимому, исключают возможность формирования в осадке первичных конседиментационных пустот, размеры которых обеспечивают возможность фильтрации, что подтверждается и микроскопическими исследованиями: в подавляющем большинстве известняков первичных пустот практически не обнаружено или, точнее, они редки и отмечены только в граноморфных известняках.

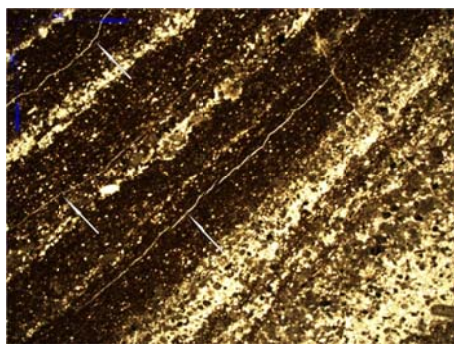
Пустоты представляют собой внутренние полости раковин, полости под «зонтичным» перекрытием выпуклых скелетных фрагментов («shelter» западных классифика-

ций), полости за счет растворения стенок раковин («moldic»), фенестры и следы активной биотурбации микрозернистого матрикса. Как правило, первичные полости залечены, часто процесс залечивания реализуется не полностью, и образуются остаточные пустоты. Размеры их составляют от 0,06 до 0,15 мм, количество – не более 1 – 1,5% площади шлифа.

В областях нахождения вторичного доломита, и, особенно, в единичных случаях сплошной доломитизации встречаются угловатые межкристаллические пустоты размером 0,02 – 0,03 мм. В породах всех типов встречаются каверны, свой специфический вклад в тип пустотного пространства вносят стилолитовые швы, пользующиеся здесь весьма широким распространением.



**Рисунок 4.** Щелевидные пустоты по наслению бактериальных пленок. Овинпармский горизонт нижнего девона. Печорская синеклиза



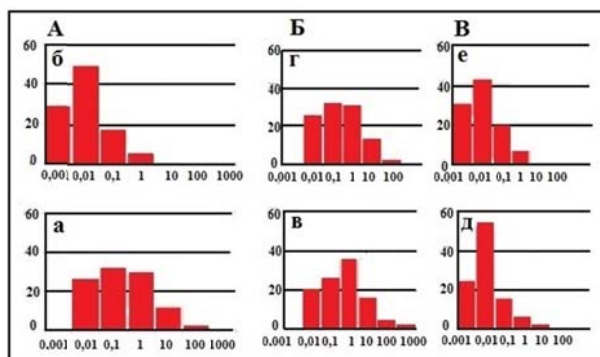
**Рисунок 5.** Литогенетические трещины в глинисто-карбонатной массе биопленок. Овинпармский горизонт нижнего девона. Печорская синеклиза

Для всех пород разреза характерна трещиноватость. Трещины имеют разную толщину, протяженность, разную ориентировку и морфологию стенок и, что очень важно, разное происхождение. Особый интерес представляют специфические щелевидные пустоты в глинистых прослоях известняков – микробных матов, морфологически повторяющие внутреннюю слоистость прослоев. В образце их видимая ширина достигает 2 – 3 мм (**рисунок 4**). Чаще всего они раскрыты, зияющие, местами расширены процессами растворения, в таких случаях их раскрытость может достигать 5 – 6 мм. В шлифах трещинки, связанные с микробными матами, очень тонкие, заостренные по краям и затухающие, извилистые согласно извилистости тонких внутренних слоев внутри прослоев, раскрытые.

При больших увеличениях заметна слабая минерализация стенок. Толщина их редко достигает 0,05 мм, в основном, – от 0,01 до 0,03 мм. Наиболее протяженные из них непостоянны по ширине, иногда прерываются, в редких случаях прослеживаются по площади всего шлифа. Относительно короткие (до 0,3 мм) располагаются кулисообразно (**рисунок 5**). Нередко они не единичны, образуют субпараллельные системы. Иногда трещинки соединяются между собой соизмеримыми по ширине, но более извилистыми трещинками, пересекающими слоистость почти под прямым углом. Местами и те и другие немного расширены процессами выщелачивания. Происхождение перечисленных трещин литогенетическое.

Фильтрационно-емкостные показатели пород низки. В большинстве случаев значения пористости составляют 0,5 – 1,0%. Основное количество значений горизонтальной проницаемости более  $0,1 \cdot 10^{-12}$  мкм<sup>2</sup>, в то время как вертикальной – менее  $0,1 \cdot 10^{-12}$  мкм<sup>2</sup>. Значений горизонтальной проницаемости менее  $0,01 \cdot 10^{-12}$  мкм<sup>2</sup> не встречено, вертикальной – около трети. Таким образом, вертикальная проницаемость, по крайней мере, на порядок хуже проницаемости горизонтальной, т.е. как и в венд-кембрийских и нижнекембрийских тайдалитах, отмечается резкая анизотропия проницаемости.

Специфично распределение коллекторских свойств по разрезу. Нижние, более глинистые, элементы содержат чаще породы со значениями пористости более 2,5%. Именно в нижних элементах лучше горизонтальная проницаемость: во-первых, модальный интервал на порядок больше, чем в верхних; во-вторых, большее количество значений от 1 до  $100 \cdot 10^{-12}$  мкм<sup>2</sup>, и, наконец, в-третьих, только в нижних элементах встречаются значения более  $100 \cdot 10^{-12}$  мкм<sup>2</sup> (рисунок 6). Вертикальная проницаемость



**Рисунок 6.** Гистограммы распределения значений горизонтальной (а) и вертикальной (б) проницаемости всего разреза (А); горизонтальной (Б) и вертикальной (В) проницаемости нижних (в, д) и верхних (б, в) элементов циклитов,  $10^{-12}$  мкм<sup>2</sup>

примерно одинакова в обоих элементах, однако в нижних элементах около четверти, а в верхних – около трети образцов имеют проницаемость менее  $0,01 \cdot 10^{-12}$  мкм<sup>2</sup>. Такое распределение объясняется цианобактериальной природой глинистых прослоев – характер наслоения колоний цианей формирует щелевидные пустоты, которые и обеспечивают более высокие значения горизонтальной проницаемости.

Подобную ситуацию вряд ли можно назвать обычной, поскольку более глинистые части разреза характеризуются лучшими ФЕС. В совокупности с невысокой первичной пористостью, predeterminedенной пелитоморфными и микрозернистыми структурами, анизотропией проницаемости, специфическим пустотным пространством тайдалитов коллектора трудно назвать простыми. Между тем, стандартный подход к испытанию скважин в таких коллекторах может привести и приводит к негативным результатам, примером чему может послужить месторождения нефти северной части Сарембой-Леккейгинского вала, где основная продуктивность среднеордовикско-нижнедевонского комплекса связана именно с овинпармским горизонтом лохковского яруса нижнего девона.

Результаты испытания скважин весьма неоднозначны, одни скважины дают неплохие притоки и эксплуатируются в течение нескольких лет. В других при первичном опробовании нет результатов, но после солянокислотной обработки получены неплохие притоки. В третьих притоков не получено, несмотря на многократные солянокислотные обработки и в итоге скважины законсервированы. При этом продуктивность коллекторов сомнений не вызывает, хотя их ФЕС весьма незначительны. Исследования тайдалитов позволяют объяснить столь неоднозначные результаты испытаний скважин.

В случаях испытания в открытом стволе, когда в «работу» вовлекаются и относительно глинистые интервалы, наличие в них горизонтальных щелевидных пустот определяет высокие притоки. В случаях перфорации только чистых карбонатных интервалов, выбранных из стандартного подхода, когда не глинистые карбонатные породы считаются лучшими коллекторами, притоки получены только после СКО, что естественно: чистые, не содержащие глинистой примеси породы легко поддаются растворению, что способствует улучшению ФЕС пород.

Негативные результаты дают испытания скважин, где в открытом стволе проводится длительная солянокислотная обработка, которая в глинистых элементах циклитов «освобождает» глинистые частицы, создающие суспензию, которая коагулирует все поры и трещины, что в итоге прекращает фильтрацию. Таким образом, при испытании в открытом стволе СКО может, как улучшить, так и ухудшить ФЕС тайдалитов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Безбородова И.В., Дон О.В., Илюхин Л.Н., Кузнецов В.Г., Скобелева Н.М. Цикличность размещения коллекторских свойств в нижнекембрийском природном резервуаре Непско-Ботуобинской антеклизы // Нефтегазовая геология и геофизика, 1988. №8. С. 26 – 29.
  2. Кузнецов В.Г., Бакина В.В., Биткова Т.В. Коллекторские свойства и модель строения венд-кембрийской продуктивной толщи Бысахтахского месторождения (Восточная Сибирь) // Геология нефти и газа, 1993. №1. С. 20 – 24.
  3. Кузнецов В.Г., Пирогова И.Л., Скобелева Н.М., Сухы В. Строение природного резервуара юрхского горизонта Верхневилучанского и Вилуйско-Джербинского месторождений // Геология нефти и газа, 1988. №3. С. 40 – 45.
  4. Ginsburg R. N., The dilemma of epicontinental peri-tidal carbonates // Тез. докл. 27-го Международного геологического конгресса. М.: Наука, 1984. С. 88 - 89. (27 th Intern. Geol. Congress Abstracts, v. IX, part 2. Moscow. 1984. P. 88 – 89).
  5. Kuznetsov V.G., Suchy V. Vendian-Cambrian Tidal and Sabkha Facies of the Siberian platform // Facies. Erlangen, 1992. V. 27. P. 285 – 294.
-



**Журавлева Лилия Маратовна.** Кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры литологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва.



**Кузнецов Виталий Германович.** Профессор, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры литологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва.



**Чимбулатов Феликс Маратович.** Кандидат геолого-минералогических наук, главный геолог Группы компаний «Инвестгеосервис».