

ЧАСТЬ I

ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ РЕГИОН

УДК 552.14/51:551.763(571.121)

СОСТАВ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ АЛЕВРИТО-ПЕСЧАНЫХ ПОРОД НАПАЛКОВСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Л.Г. Вакуленко, О.Д. Николенко, П.А. Ян

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск

E-mail: vakylenkolg@ipgg.sbras.ru

Охарактеризован состав, и постседиментационные изменения терригенных пород проницаемой части нижнемеловых резервуаров Гыданской НГО. Определена последовательность аутигенного минералообразования. Установлены постседиментационные процессы, приводящие к улучшению коллекторских свойств пород. Максимальное отрицательное влияние оказывает кальцитизация, широко проявленная в изученных разрезах.

Ключевые слова: постседиментационные изменения, алеврито-песчаные породы, коллекторские свойства, нижний мел, север Западной Сибири

Гыданская нефтегазоносная область, в состав которой входит Напалковский нефтегазоносный район, является наиболее слабо изученной территорией в пределах Западно-Сибирской провинции. В ее пределах основные перспективы нефтегазоносности связаны с нижнемеловыми отложениями [1]. Однако, петрографические особенности их практически не освещены в научных публикациях. Сотрудниками ИНГГ СО РАН было выполнено комплексное изучение керна и материалов ГИС ряда скважин одного из месторождений на западе Гыданской НГО [2]. В данной работе приведены результаты петрографических исследований алеврито-песчаных пород берриас-барремского, готеривского, баррем-нижнеаптского и аптского региональных резервуаров [по 3]. В стратиграфическом отношении указанные резервуары выделяются в составе нижней части ахской (пласты ачимовской толщи), верхней части ахской (БГ₁₂-БГ₁₉) свиты, нижнетанопчинской (БГ₁₀₋₁₁, ТП₁₆₋₂₇) и верхнетанопчинской (ТП₁₋₁₅) под-свит соответственно.

В породах проницаемой части нижнемеловых резервуаров преобладает поровый тип пустотного пространства, представленный межзерновыми седиментационными порами различной конфигурации и размеров, в значительной степени определяющимися гранулометрическим составом отложений. В общем виде более высокими значениями фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) обладают более грубозернистые песчаники с хорошей сортировкой и окатанностью обломков. Среди изученных пород преобладают мелкозернистые песчаники с различной примесью алевритового материала. В меньшей степени распространены песчаники мелко-средне-, иногда среднезернистые, а также алевропесчаники, алевролиты крупно- и мелко-крупнозернистые. Обломочный материал в основном хорошо, реже средне, иногда плохо отсортирован. Степень окатанности обломков напрямую связана с гранулометрическим составом: в более тонкозернистых терригенных породах преобладают угловатые обломки, в мелкозернистых песчаниках –

угловатые, в меньшей степени полуокатанные обломки, с ростом доли среднезернистой фракции увеличивается содержание полуокатанных и окатанных обломков.

Для изученных пород характерен литокластито-полевошпато-кварцевый и литокластито-кварцево-полевошпатовый состав обломочной части с близким содержанием кварца (30-47%) и полевых шпатов (26-44%), в меньшей степени распространены литокласты (14-33%). Содержание слюд варьирует от долей % до 13-15%. Таким образом, степень минералогической зрелости обломочного материала оценивается как средняя и низкая. Высокая доля полевых шпатов указывает на относительную близость источников сноса и слабую переработку обломочного материала в процессе переноса. Наблюдаемые вертикальные и латеральные изменения в составе обломочной части в целом незначительны. Среди полевых шпатов всегда преобладают калиевые разновидности (ортоклаз, редко микроклин) – 18-43%, кислых плагиоклазов – 1-14%. Среди литокластов преобладают обломки пород каркасного типа (эффузивные породы кислого и среднего составов, кремнистые породы, алевролиты, кварциты, гранитоиды) - 12-24%. Пластичные литокласты, представленные в основном сланцами, редко алевритоглинистыми и серицитизированными породами, составляют 1-9%. Таким образом, в составе обломочной части изученных пород отмечается преобладание каркасных (85-95%) и незначительная доля пластичных компонентов, что является благоприятным фактором для формирования хороших ФЕС.

Важным параметром коллекторов является количество цемента и его состав. При небольшом (<10%) количестве цемента сохраняется часть открытого порового пространства, способного вмещать промышленные скопления УВ. Значительное снижение пористости и проницаемости наблюдается в случае увеличения содержания глинистого цемента до 15-20% и более. Карбонатный цемент, при содержании его 15-20% и выше, снижает открытую пористость более резко, чем глинистый. В состав последнего входят глинистые минералы, обладающие различными физическими свойствами, в частности адсорбционной способностью, набухаемостью и т.д. Максимальное снижение пористости и проницаемости проявляется при набухании минералов группы монтмориллонита. В изученных породах содержание цемента сильно варьирует – от первых % до 45-50%, а при дальнейшей интенсивной карбонатизации - до перехода в смешанные терригенно-карбонатные породы. Состав цемента чаще всего полиминеральный, преимущественно глинисто-карбонатный. В отдельных пластах в составе цемента отмечаются титанистые минералы (лейкоксен, в меньшей степени анатаз), пирит, регенерационный кварц, содержание их не превышает 1-5%. По данным рентгеноструктурного анализа соотношение глинистых минералов цемента меняется снизу вверх по разрезу следующим образом. В ахской свите хлорита - 24-62%, гидрослюды - 11-56%, каолинита – 8-34%, смешанослойных минералов – 5-11% и монтмориллонита – 2-5%. В нижнетанопчинской подсвите хлорита - 22-64%, каолинита - 15-50%, гидрослюды - 5-42%, смешанослойных минералов - 1-9% и монтмориллонита - 1-5%. В верхнетанопчинской подсвите хлорита - 31-56%, каолинита - 20-55%, гидрослюды - 7-26%, смешанослойных минералов – 1-8%, монтмориллонита – 1-7%.

Отдельной сложной задачей петрографических исследований является стадийный анализ терригенных пород. Для выводов о последовательности выявленных постседиментационных изменений и соотнесения их с определенными стадиями литогенеза необходима значительная база данных, характеризующая объект исследования как по латерали, так и по вертикали. К сожалению, в связи с фрагментарностью кернового материала у нас не было возможности провести подобный анализ в достаточном объеме, однако некоторые результаты по особенностям проявления постседиментационных процессов в нижнемеловых резервуарах Гыданской НГО были получены. По данным [4] в районе исследования, судя по отражательной способности витринита из пород неокомского комплекса, метаморфизм ОВ соответствует градациям МК₁¹-МК₂. Таким образом, в первом приближении можно сказать, что вмещающие берриас-нижнеаптские отложения затронуты постседиментационными преобразованиями, соответствующими среднему-началу позднего катагенеза.

При детальном микроскопическом исследовании алеврито-песчаных пород выявлены разнообразные постседиментационные изменения. Регенерация кварца проявлена в той или иной степени во всех изученных разрезах. Аутигенный кварц формирует неполные регенерационные каемки толщиной от 0,005 до 0,02-0,03, иногда до 0,05 мм. В участках с пустотным пространством у обломочных зерен кварца появляются идиоморфные грани. В целом наблюдается увеличение доли регенерационного кварца с увеличением размерности кварцевых обломков. В прослоях алевролитов регенерация кварца практически не проявлена. В мелкозернистых песчаниках регенерацией затронуто обычно до 30% обломков. Среди более грубозернистых пород встречаются прослои с регенерацией, проявленной у 50-60 %, иногда у 80-90% обломков, при этом формируется кварцевый регенерационный цемент (до 1-2 %). Могут наблюдаться так называемые кварцитовидные участки, образующиеся при слиянии 3-4 обломков кварца с регенерационными каемками (**рисунок 1**).

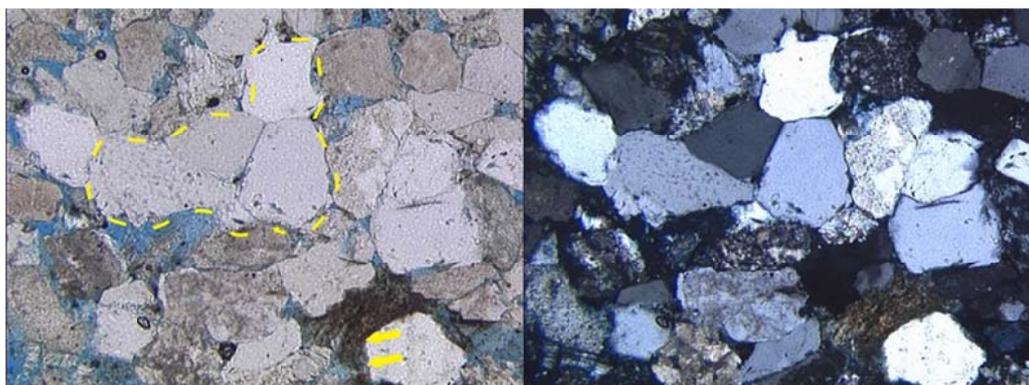


Рисунок 1. Регенерация кварца, иногда до идиоморфной огранки, формирование кварцитовидных участков. Умеренная деформация пластичных обломков. Пласт ТП-20, гл. 2422,1 м. Здесь и далее: слева николи параллельны, справа – скрещены; поровое пространство маркировано синим веществом; размер фотографии 0,9x1,2 мм.

В полевых шпатах частичная регенерация проявлена редко и в единичных зернах. В зависимости от состава полевых шпатов отмечена разная степень их изменения про-

цессами пелитизации, серицитизации, кальцитизации, сидеритизации, каолинитизации, выщелачивания (**рисунок 2**). При этом калиевые разновидности чаще пелитизированы,

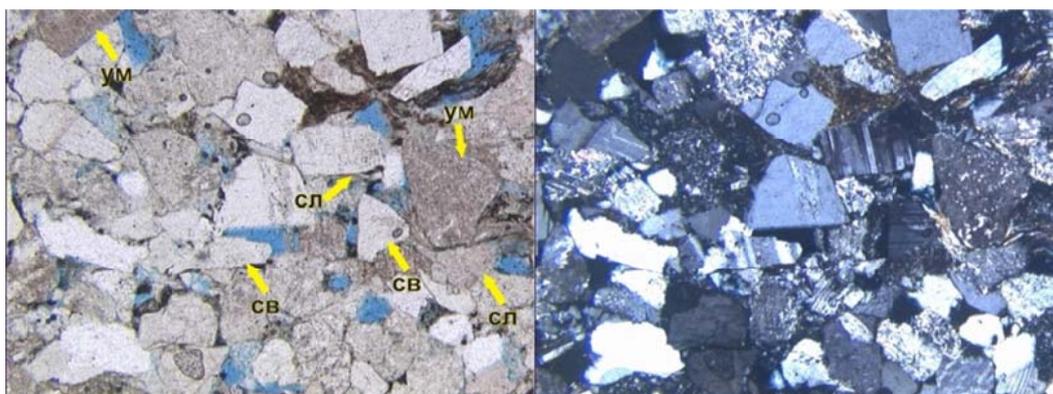


Рисунок 2. Различная степень изменения полевого шпата: свежие (св), слабо (сл) и умеренно (ум) измененные обломки. Гидратизированные и слабо деформированные обломки слюд. Пласт ТП23, гл. 2565,2 м.

а плагиоклазы – серицитизированы. В целом преобладают свежие и слабо измененные полевые шпаты, однако, для калиевых разновидностей чаще отмечаются увеличение содержания умеренно и сильно измененных обломков (до 50-60%). Среди плагиоклазов постоянно встречаются катаклазированные обломки, характеризующиеся появлением дополнительной внутризерновой пористости. Такой процесс, как каолинитизация полевых шпатов (от пятнистой до практически полной), наиболее развит в породах, содержащих поровый каолинит (**рисунок 3**). Наблюдался также процесс выщелачивания полевых шпатов с формированием мелких внутризерновых пустот, заметно проявленных в пластах верхнетанопчинской подсвиты. Среди постседиментационных изменений, затрагивающих литокласты, отмечено развитие кальцита и сидерита по каркасным обломкам, слабая, иногда умеренная деформация пластичных обломков (**рисунок 1**), в редких случаях сильно деформированные обломки выступают в роли цемента. Постоянно в некоторых каркасных литокластах отмечаются мелкие пустоты выщелачивания, создающие дополнительное вторичное поровое пространство в породах (**рисунок 3**).

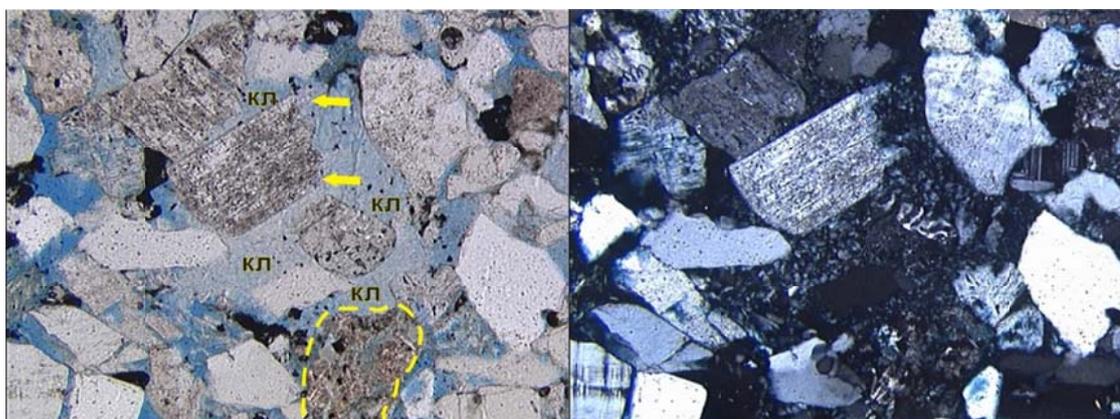
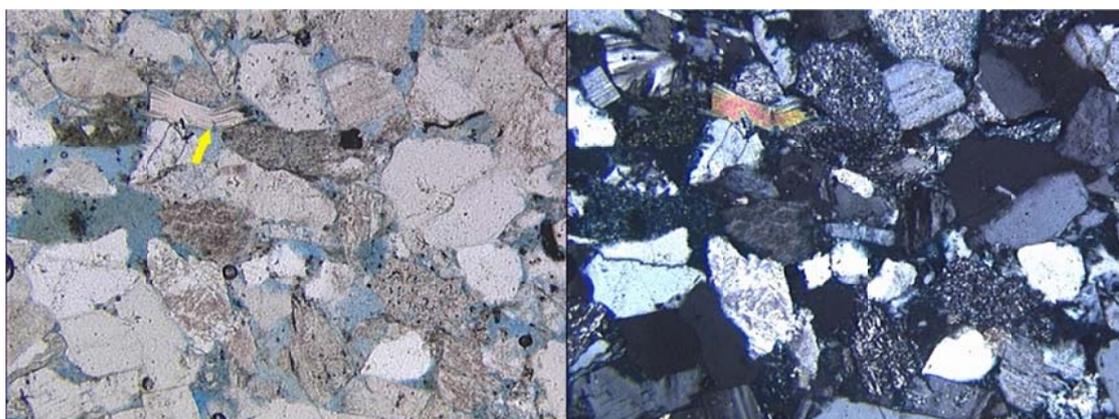


Рисунок 3. Каолинитизация полевого шпата (стрелки) в песчанике с аутигенным поровым каолинитовым цементом (кл). Выщелачивание и вторичная пористость в каркасных обломках (пунктир). Пласт ТП121, гл. 2002,1 м.

Слюды, представленные биотитом, в меньшей степени мусковитом и хлоритом, часто в разной степени деформированы, более хрупкий и слабо измененный мусковит – до излома (**рисунок 4**). Биотит часто хлоритизирован, сидеритизирован, гидратизирован. Гидратация слюд сопровождается частичным или полным обесцвечиванием пластинок, ослаблением плеохроизма, уменьшением интерференционной окраски. Чешуйки биотита, редко мусковита при гидратации разбухают и приобретают веерообразную форму, по краям пластинок отмечается расщепление (**рисунок 2**).

Наиболее ярко постседиментационные изменения проявлены в виде формирования аутигенных минералов в цементе изученных пород. Широко распространен и представлен практически во всех алевроито-песчаных пластах кальцит, менее распространен сидерит, редко незначительно развит доломит. Содержание кальцита варьирует от первых % до 45-50, иногда 60-70%.



***Рисунок 4.** Деформация слюд, излом пластинок мусковита (стрелка). В обломочной части преобладают прямолинейные межзерновые контакты. Пласт ТП-20, гл. 2422,1 м.*

Различные генерации кальцита можно выделить по степени его кристалличности, взаимоотношениям с обломочной частью, по степени преобразованности обломочных компонентов, «запечатанных» в кальцитовом цементе. Принято считать, что кальцит с размером кристаллов менее 0,01 мм (микроразмерный, скрытокристаллический) является седиментационным и/или раннедиагенетическим (первая генерация). В стадию диагенеза и катагенеза происходит его перекристаллизация с укрупнением кристаллов, и о его существовании можно говорить лишь по наличию реликтовых сгустково-пятнистых выделений. Вторая генерация представлена агрегатами кальцита тонко-, мелко-, редко средне-мелкокристаллической структуры, формирующим поровый, участками базально-поровый цемент (**рисунок 5**). Кристаллы кальцита второй генерации в целом соизмеримы с обломками и межзерновыми порами. К третьей генерации отнесен пойкилитовый кальцит разной степени кристалличности, преимущественно мелко-средне-, иногда средне-крупно- и крупнокристаллический (**рисунок 6**). Он корродирует обломки (в том числе регенерационные кварцевые каемки), частично или полностью замещает часть из них, формируя порово-базальный, участками базальный, базально-поровый типы цемента.

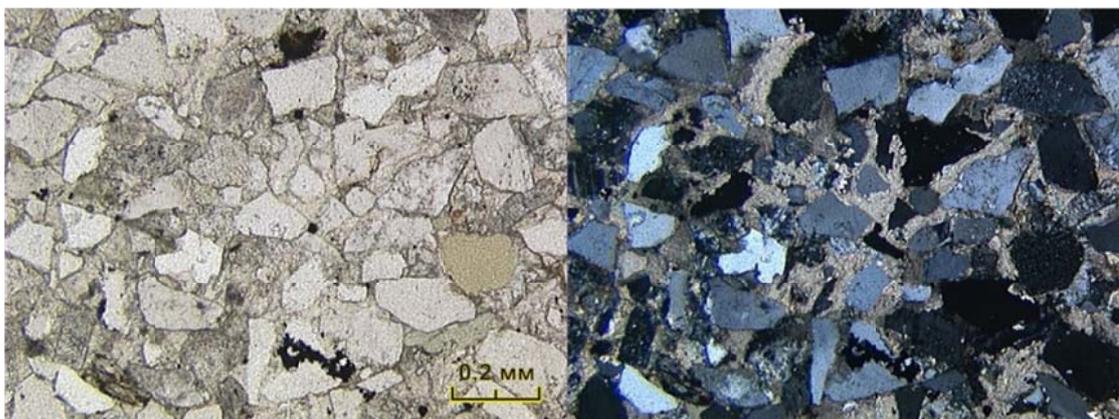


Рисунок 5. Коррозия обломков тонко-мелкокристаллическим поровым кальцитом второй генерации. Между пластами БГ-16 и БГ-17, гл. 2822,9 м.

Относительно последовательности выделения кальцита второй и третьей генерации существуют противоречивые точки зрения, но все-таки большинство исследователей считает пойкилитовый кальцит одним из наиболее поздних аутигенных минералов (без учета его новообразований по разнонаправленным трещинам и кавернам). При сравнении значений ФЕС для исследованной выборки образцов средние показатели пористости карбонатизированных пород снижаются в 3 раза, а проницаемости – на два порядка.

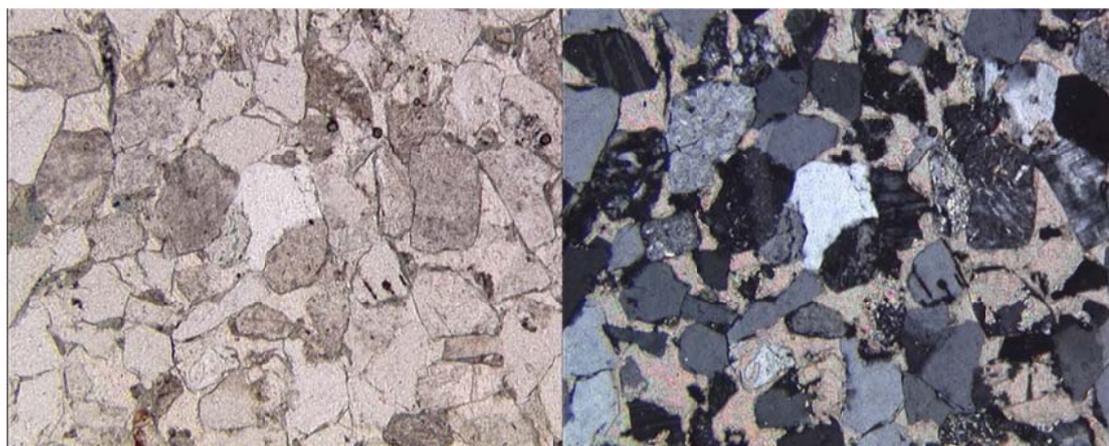


Рисунок 6. Грубокристаллический пойкилитовый кальцит третьей генерации в базальном цементе песчаника. Между пластами БГ-11 и БГ-10, гл. 2654,3 м.

Сидерит пелитоморфный, редко микрокристаллический встречается в основном в виде сгустков и пятен в цементе, формируя в стадию диагенеза поровый, редко пленочный типы (**рисунок 7**). Он концентрируется послойно, обычно совместно с растительным детритом, часто развиваясь по отдельным фрагментам последнего. Кроме того, пелитоморфный сидерит развивается по биотиту и некоторым литокластам (обломкам сланцев, алевроглинистых пород, эффузивов). Сидерит встречается также в виде мелких сферолитов, формирующихся в стадию катагенеза (**рисунок 7**).

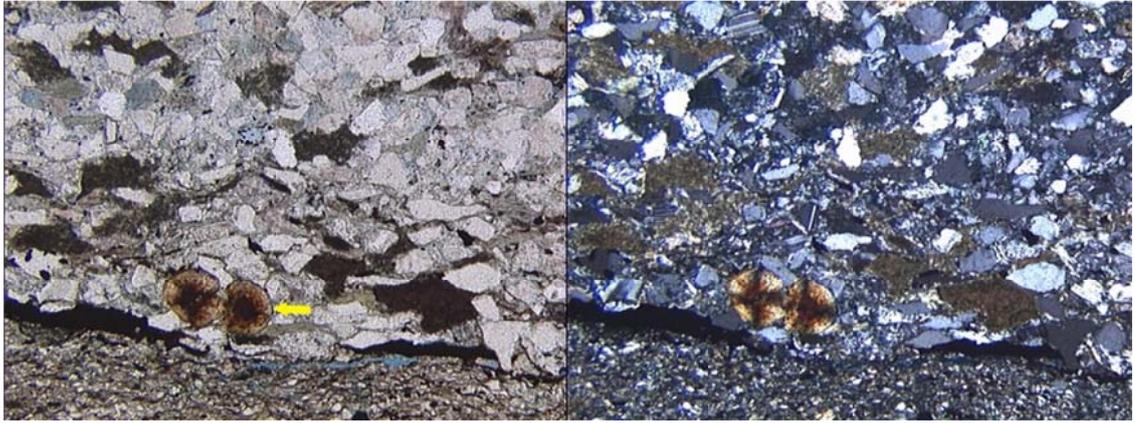


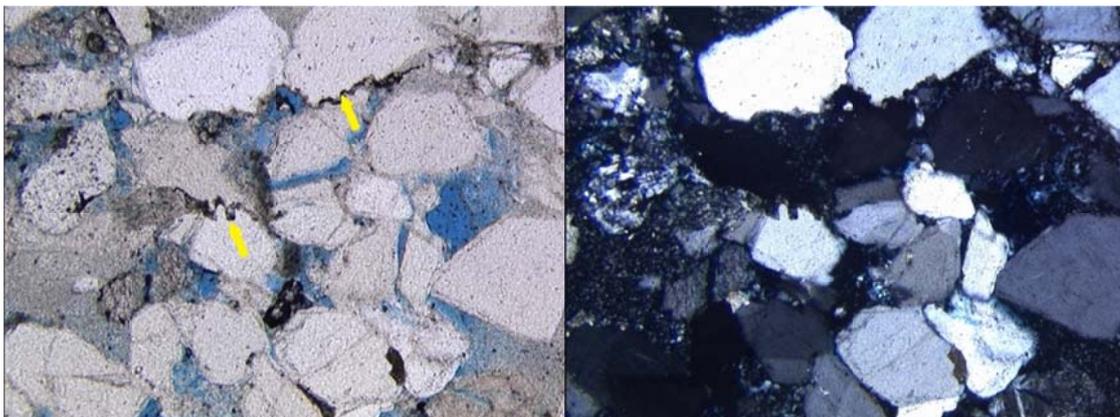
Рисунок 7. Сидерит поровый пелитоморфный диагенетический и сферолитовый катагенетический. Пласт ТП-20, гл. 2421,6 м.

Довольно частым компонентом цемента в изученных породах является аутигенный хлорит. Диагенетический хлорит формирует на обломках пленки равномерной толщины. Хлорит крупночешуйчатый более поздней генерации формирует крустификационные каемки и рассматривается как катагенетический минерал [5]. Аутигенный каолинит крупно-мелкочешуйчатый, иногда с вермикулитоподобными и розетковидными агрегатами, формирует поровый цемент в некоторых прослоях алеврито-песчаных пород (см. **рисунок 3**). Каолинит в разной степени замещает обломки полевых шпатов, реже слюды, корродирует краевые части обломков кварца. Формирование его связано с диагенезом, начальным и средним катагенезом. Возможна также перекристаллизация аллотигенного каолинита, поступавшего в бассейн в стадию седиментогенеза совместно с обломочным материалом. Новообразованный каолинит характеризуется более высокой степенью структурной упорядоченности, за счет чего 30-50% его первоначального объема переходят во вновь образованное межзерновое пространство, увеличивая, таким образом, пористость пород.

Аутигенный пирит в изученных породах развит незначительно: в виде редких выделений неправильной формы, а также тонкой сыпи кубических кристалликов, формируясь обычно в цементе, по некоторым литокластам и остаткам фюзенизированной растительности. В единичных случаях в некоторых пластах встречен аутигенный глауконит, представленный в виде глобуль микроагрегатной структуры. Формирование его приурочено к поверхностному слою осадка в мелководно-морской зоне бассейна с нормальной соленостью. В верхней части танопчинской свиты отмечались прослои алеврито-песчаных пород кварц-глауконитового состава, с неравномерно распределенными обильными глобулями глауконита. Аутигенные акцессорные титанистые минералы, представленные таблитчатым анатазом и лейкоксеном, приурочены к межзерновому пространству и образуют на обломках прерывистые каемки, формируя при значительном их содержании поровый, реже пленочно-поровый тип цемента.

Изученные породы характеризуются различной степенью уплотнения. Сильная степень уплотнения в бескарбонатных разновидностях наблюдается редко - в более глубоководных алеврито-песчаных пластах ахской свиты. В плотных породах

среди межзерновых контактов контакты механического приспособления преобладают над прямолинейными, встречаются контакты пластической деформации, химического растворения, неглубокие инкорпорационные и стилолитовые (**рисунок 8**). В умеренно и слабо уплотненных породах, более широко представленных в изученных разрезах, среди межзерновых контактов преобладают прямолинейные первичные и вторичные (см. **рисунок 4**), точечные, а контакты из группы выпукло-вогнутых распространены в подчиненном количестве.



***Рисунок 8.** Стилолитовые межзерновые контакты. Пласт ТП²₂₂, гл. 2510,3 м.*

В изученных алеврито-песчаных пластах иногда наблюдаются в разной степени наклонные тектонические трещины. Залеченные трещины такого типа могут служить местными экранами залежей. Наличие открытых тектонических трещин в продуктивных породах ведет к резкому скачкообразному увеличению дебитов углеводородов. Другой тип трещин приурочен чаще всего к слоистым породам, как к песчаникам, так и к алевритам. Волнистые послойные открытые трещины могут быть прерывистые и протяженные, кулисообразные и разветвляющиеся. Толщина их варьирует от 0,05 до 0,2-0,3, редко до 0,5 мм. Они создают дополнительное пустотное пространство в породах.

При анализе влияния различных постседиментационных процессов на ФЕС изученных пород установлено, что к факторам, приводящим к формированию зон разуплотнения, т.е. улучшающим ФЕС, относятся: 1) растворение обломков и цемента с последующим выносом материала в условиях углекислого выщелачивания; 2) формирование аутигенного и/или перекристаллизация аллотигенного каолинита; 3) наличие небольшого количества диагенетических кварцевого регенерационного и хлоритового пленочного цементов, препятствующих сближению зерен; 4) трещинообразование.

Оценка соотношения седиментационных и постседиментационных факторов формирования фильтрационно-емкостных свойств пород проницаемых частей резервуаров должна выполняться конкретно для каждого месторождения в целях более точного прогноза зон улучшенных коллекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородкин В.Н., Курчиков А.Р. Стратиграфо-корреляционная основа геологического моделирования нижнемеловых отложений Гыданской нефтегазоносной области севера Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2014. - №3. - С. 12–19.
 2. Вакуленко Л.Г., Ершов С.В., Николенко О.Д., Пещевицкая Е.Б., Попов А.Ю., Ян П.А. Комплексный анализ берриас-сеноманских отложений западной части Гыданского полуострова (Западная Сибирь) // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. - Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – Т. 2. – № 1. – С. 191–195.
 3. Казаненков В.А., Ершов С.В., Рыжкова С.В., Борисов Е.В., Пономарева Е.В., Попова Н.И., Шапорина М.Н. Геологическое строение и нефтегазоносность региональных резервуаров юры и мела в Карско-Ямальском регионе и прогноз распределения в них углеводородов // Геология нефти и газа. – 2014. – № 1. – С. 27–49.
 4. Скоробогатов В.А., Строганов Л.В. Гыдан: геологическое строение, ресурсы углеводородов, будущее... – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 261 с.
 5. Ушатинский И.Н., Зарипов О.Г. Минералогические и геохимические показатели нефтегазоносности мезозойских отложений Западно-Сибирской плиты. Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1978. – 208 с.
-



Вакуленко Людмила Галериевна. Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории седиментологии института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.



Николенко Остап Дмитриевич. Инженер лаборатории седиментологии института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.



Ян Петр Александрович. Кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией седиментологии института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, доцент НГГУ, г. Новосибирск.