

УДК 552.578.061.4(571.53)

Коновальцева Е.С.РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, Россия, ekonovalseva@yandex.ru

ВТОРИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯРАКТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Показаны особенности и результаты проявления вторичных процессов в продуктивных отложениях Ярактинского месторождения. Установлены типы пород ярактинского горизонта и закономерности строения изучаемого разреза, особенности формирования и распределения в нем пород-коллекторов. Выявлены типы вторичных изменений и степень их влияния на фильтрационно-емкостные свойства. Показана зависимость порового пространства пород-коллекторов от условий их формирования и направленности вторичных изменений.

Ключевые слова: *нижний венд, коллекторы, вторичные изменения терригенных пород, Ярактинское месторождение, Непско-Ботубинская антеклиза.*

Изучены особенности строения пород-коллекторов ярактинского горизонта юго-восточного склона Непско-Ботубинской антеклизы и закономерности проявления в них вторичных процессов.

Для достижения поставленной цели выявлены типы пород Ярактинского природного резервуара, закономерности строения разреза и особенности распределения в нем пород-коллекторов, а также типы вторичных изменений и степень их влияния на фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС).

Ярактинское месторождение расположено на юго-восточном склоне Непско-Ботубинской антеклизы. Основные залежи углеводородов (УВ) приурочены к нижневендским терригенным отложениям, которые залегают на эродированной поверхности фундамента.

В фациальном отношении породы-коллекторы на этом месторождении представлены фациями временных потоков. Песчаные тела образуют вытянутые вдоль Непско-Ботубинской антеклизы линзы, которые по направлению к своду уменьшаются по мощности и часто выклиниваются. В нижней части разреза отчетливо наблюдается заполнение терригенными отложениями эрозионных форм рельефа фундамента (рис. 1).

В процессе исследования отобран керн по двум скважинам, почти по всему продуктивному пласту, в количестве 212 образцов.

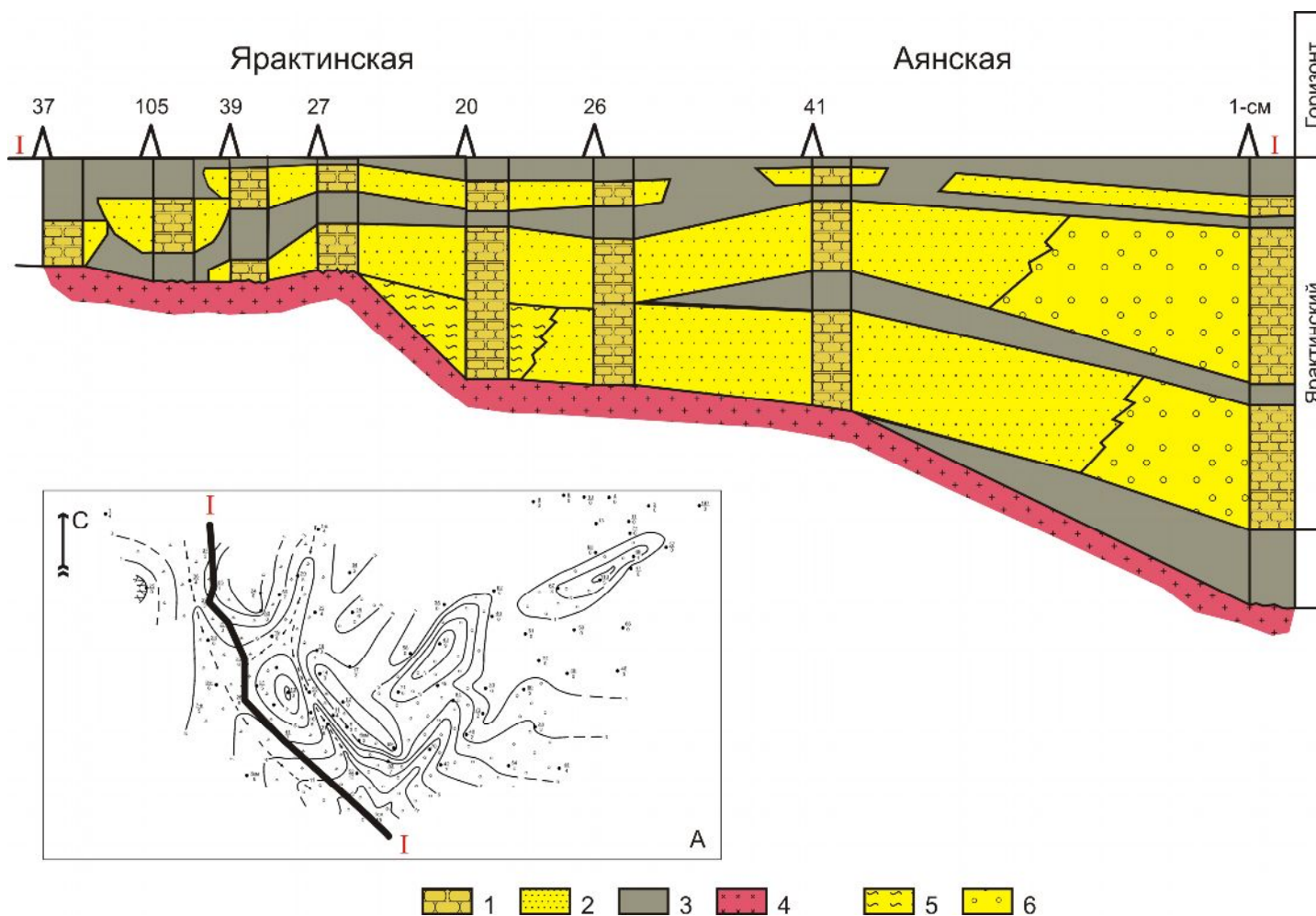


Рис. 1. Геологический профиль по линии I-I

I – песчаники, 2 – песчано-алевритовые породы, 3 – непроницаемая толщина, 4 – породы кристаллического фундамента; 5 – фашии русел рек, 6 – фашии устьевых и вдольбереговых баров; А – схематическая карта изопахит и фашии песчаников ярактинского горизонта (I-I – линия профиля, проходящего с северо-запада на юго-восток по юго-восточному склону Непско-Ботубинской антеклизы).

Выделены следующие типы пород: песчано-глинистая брекчия, гравелит песчаный, песчаник крупнозернистый, песчаник разнозернистый, песчаник мелкозернистый, алевролит глинистый, аргиллит алевритистый, доломит глинистый, доломит с реликтовой органогенно-водорослевой структурой. Выход керна близок к 100%, что позволяет достаточно полно охарактеризовать особенности литологии и структуры порового пространства коллекторов. С целью определения среднего размера обломочных зерен пород, отсортированности зерен и условий осадконакопления отложений, произведен гранулометрический анализ. Результаты анализа показали, что формирование отложений Ярактинского продуктивного пласта происходило в условиях развития нижневендской трансгрессии на склонах крупного платформенного поднятия Непско-Ботуобинской антеклизы, которое явилось источником сноса материала в огромную область дельтовых равнин.

В разрезе нижневендских отложений выделяются несколько седиментационных циклитов (рис. 2). Базальная часть циклитов представлена преимущественно песчаными гравелитами, формировавшимися в условиях палеорусли и прибрежной аллювиальной равнины. Для пород часто характерны массивные текстуры, указывающие на то, что формировались в условиях устьевых баров. В отдельных случаях отмечаются элементы косой слоистости, характерные для палеоруслевых отложений.

Дальнейшее развитие трансгрессии приводило к преобразованию этой части территории в дельтовую равнину, что отразилось в смене гранулометрического состава пород и появлению в разрезе более мелкозернистых разностей. Для них характерны массивные и тонкослоистые текстуры.

Выше по разрезу залегают аргиллитовые разности. Наличие глинистых брекчий в вышележащих интервалах разреза, обломки в которых представлены нижележащими аргиллитами, свидетельствует о поверхности перерыва на границе седиментационных циклитов.

Завершают разрез ярактинской пачки песчано-глинистые отложения, для которых типичны тонкослоистые параллельно слоистые текстуры, характерные для устойчивых условий осадконакопления морского бассейна. Таким образом, аллювиально-дельтовая равнина к концу формирования ярактинской пачки была затоплена морем [Постникова, 2008].

Породы, слагающие разрез нижневендских отложений ярактинского горизонта, отличаются высокой степенью преобразованности вторичными процессами.

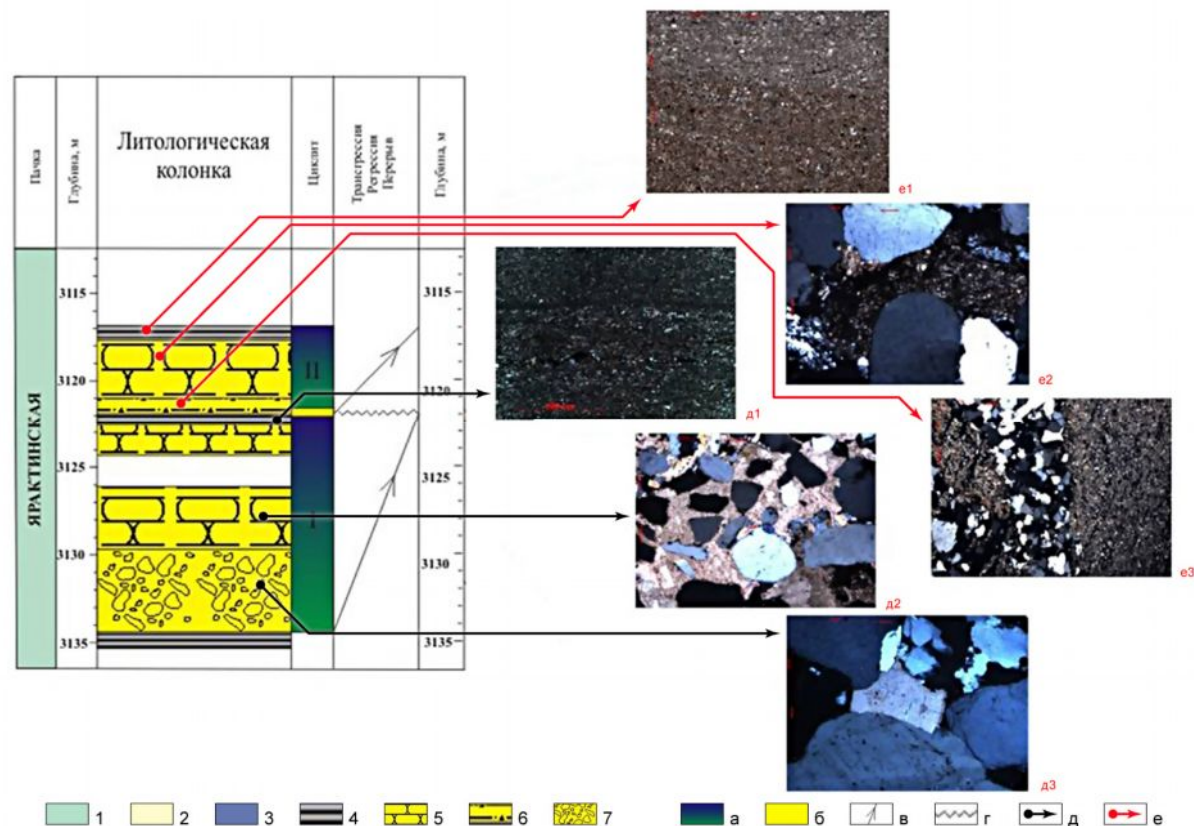


Рис. 2. Литологическая характеристика седиментационных циклитов ярактинского горизонта

1 – глины, 2 – коллектор (с низким содержанием солей), 3 – непроницаемая порода, 4 – аргиллит алевритистый, 5 – песчаник, 6 – песчано-глинистая брекчия, 7 – гравелит песчаный; Циклиты: а – трансгрессия, б – перерыв, в – трансгрессия, г – перерыв в осадконакоплении, д – литотипы пород, характеризующие первый цикл, е – литотипы пород, характеризующие второй цикл; Фото: д1 – аргиллит алевритистый, николи x100; д2 – участки развития базального карбонатного цемента в разнозернистом песчанике николи x100, д3 – корродирование регенерационной каямки кварца доломитом в гравелите мелкообломочном, николи x100, е1 – слоистая текстура аргиллита, николи x100; е2 – карбонатно-глинистый цемент в межзерновом пространстве разнозернистого песчаника, николи x100; е3 - песчано-алевритовое заполнение межзернового пространства в глинистой брекчии, николи x100.

Большой вклад в изучение литологических особенностей и вторичных преобразований нижневендских отложений юга Сибирской платформы внесли М.Х. Булач, Т.И. Гурова, А.П. Железнова, Л.И. Килина, А.С. Ковтун, Н.В. Мельников, В.Г. Постников, И.Е. Постникова, С.И. Сырык, П.П. Скоробогатых, Л.Ф. Тыщенко, Ф.Н. Яковенко и др. В работах этих исследователей показано, что вторичные изменения происходили преимущественно на стадии катагенеза, во многом изменив структуру и объем порового пространства.

Проведенными исследованиями выявлено несколько типов вторичных преобразований, каждый из которых приводил к уменьшению объема пустотного пространства.

Наиболее широкомасштабные преобразования связаны с явлениями инкорпорации обломочных зерен в процессе уплотнения пород (рис. 3А). В отдельных участках пород зерна практически полностью теряют свои первичные очертания. Контакты между ними выпукло-вогнутые, реже прямолинейные. Изредка встречаются и крайне неровные коррозионные контакты.

По-видимому, практически сопряжено с процессами инкорпорации зерен, развивалась регенерация зерен. Помимо типичной для большинства терригенных отложений, залегающих на значительных глубинах, регенерации кварца, в рассматриваемом разрезе интенсивно развивалась и регенерация калиевого полевого шпата (рис. 3Б).

Скорее всего, на образования регенерационных каемок повлияли несколько факторов в совокупности: выщелачивание кремнезема из зерна и его переотложение на каемках зерна, а также насыщенные кремнеземом растворы, просочившиеся гравитационно из уплотненных вышележащих глинистых отложений.

Один из возможных механизмов образования регенерационных каемок гипотетически может быть связан с явлением траппового магматизма, широко распространенным на юге Сибирской платформы. Ярактинский природный резервуар приурочен к базальной части осадочного чехла. В перекрывающих его преимущественно соленосно-карбонатных отложениях выделяются несколько уровней развития трапповых тел, которые в значительной степени осложняют структуру осадочного чехла.

Трапповые тела, препятствуя свободной циркуляции вод в разрезе, способствовали повышению минерализации пластовых вод в подтрапповых осадочных породах, что связано с экранирующими свойствами траппов. Гидротермальная деятельность вблизи остывающих магматических тел влияла на минеральный состав пластовых вод, обогащая их кремнеземом, и в породах могло происходить выпадение минералов группы кремнезема из кремнистых растворов, сопровождавших внедрение трапповых тел [Гажула, 2008].

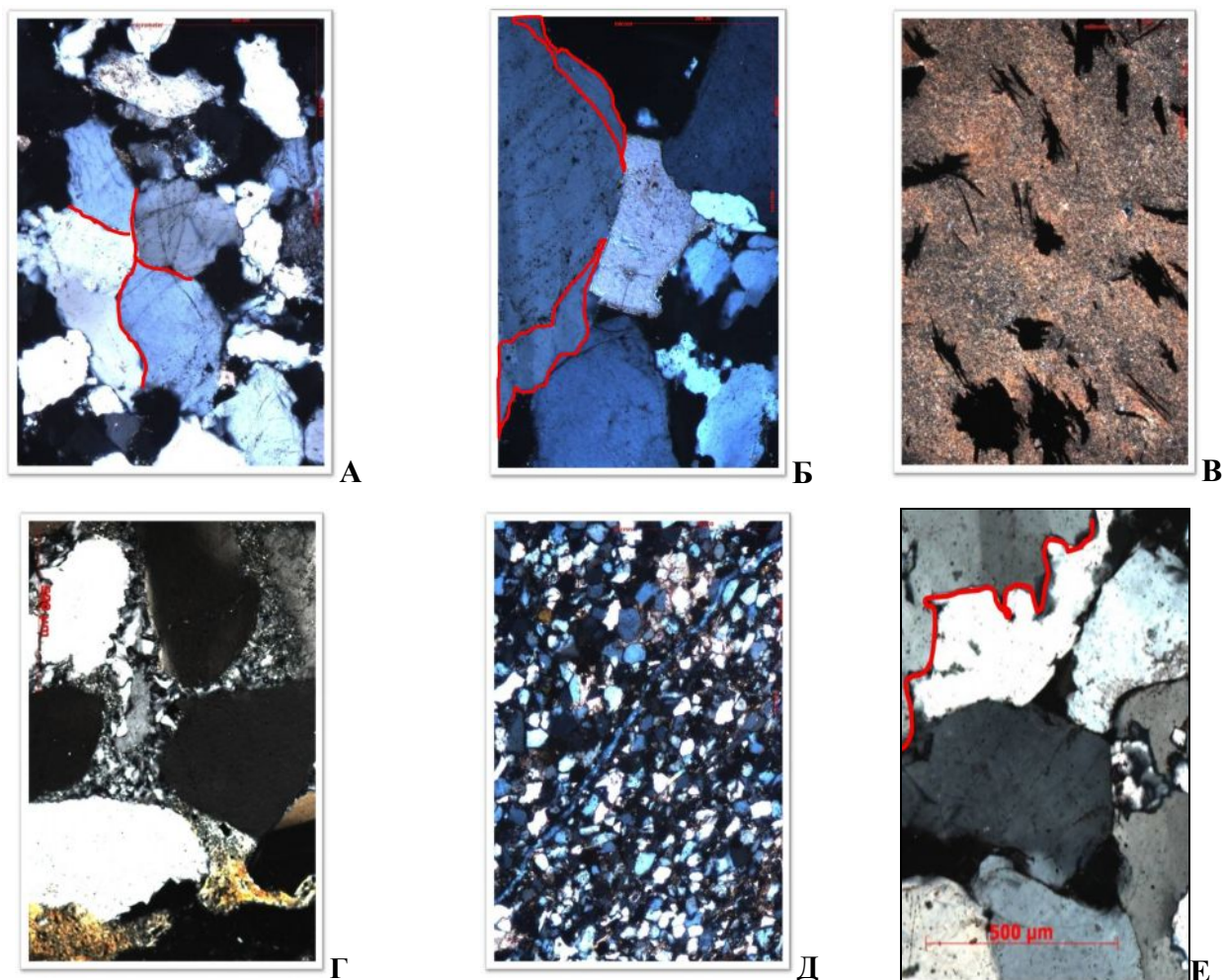


Рис. 3. Вторичные изменения в породах ярактинского горизонта

А – инкорпорационные контакты зерен в крупнозернистом песчанике, x100; Б - регенерация зерен кварца. Корродирование регенерационной каемки кварца доломитом, x100; В - выделение графита в алевритистом аргиллите, x100; Г - кремнистый цемент и корродирование зерен кварца в крупнозернистом песчанике, x100; Д - окварцевание трещины по напластованию в глинистом алевролите, x100; Е - рекристаллизационно-гранулярный бластез зерен кварца, x100.

Одной из наиболее примечательных особенностей вторичного минералообразования в породах ярактинского горизонта является наличие вторичного графита развитого в глинистых разностях [Симанович, Япаскурт, 2003] (рис. 3В). Появление вновь образованного графита можно объяснить глубоким прогревом пород во время внедрения трапповых интрузий в пермско-триасовое время, в результате чего углерод органического вещества в аргиллитовых породах преобразован в графит [Япаскурт, 1991]. Возможно, с трапповым магматизмом и сопровождавшими термальными растворами связаны явления окремнения и окварцевания, наблюдаемые в отдельных участках пород (рис. 3Г, Д). Данные растворы также приняли участие в формировании рекристаллизационно-гранулярного бластеза на контактах зерен кварца (рис. 3Е). По мнению И.М. Симановича и О.В. Япаскурта, данный

процесс служит надежным признаком термобарической активизации и начала метагенетической стадии, что также обуславливает интенсивную инкорпорацию зерен [Япаскурт, 2008а, 2008б].

Процесс воздействия траппового магматизма на вмещающие породы был мощный, но кратковременный, поэтому породы были достаточно преобразованы, но как таковых процессов метаморфизма в них не наблюдается [Гажула, 2008].

На следующем этапе преобразований интенсивно развивалась карбонатизация пород – появились вторичные кристаллы доломита (рис. 4А). Новообразованные кристаллы доломита имеют различные размеры от 0,01 мм до нескольких мм. Очертания мелких кристаллов часто идиоморфные, ромбовидные, занимают часть порового пространства. Крупные кристаллы неправильной формы, пойкилитового строения. Карбонатизация пород проходила после процессов регенерации, поскольку кристаллы доломита корродируют каемки регенерации как кварца, так и калиевого полевого шпата. В некоторых случаях отмечается двухэтапное образование кристаллов доломита. Интенсивность проявления карбонатизации в отдельных частях разреза различна: наиболее выражена в нижней части разреза, где отложения представлены преимущественно крупнообломочными песчаниками и гравелитами, изначально обладавшими высокими значениями ФЕС; вверх по разрезу уменьшается и в некоторых участках практически полностью отсутствует. Вероятно, параллельно с карбонатизацией происходило выщелачивание внутри разрушенных зерен кварца (рис. 4Б).

Ещё одним процессом вторичных преобразований являлась ангидритизация (рис. 4В). Кристаллы ангидрита преимущественно удлиненной формы и часто образуют сростки различно ориентированных индивидов. Процесс сульфатизации приурочен к тем же участкам разреза, что и карбонатизация, но развивался с меньшей интенсивностью.

На завершающей стадии катагенетических преобразований в оставшемся пустотном пространстве отмечается рост крупных кристаллов галита (рис. 4Г). Сложность диагностики галита даже в специально изготовленных препаратах не позволяет составить достаточно полной картины его распространения в породах и разрезе. Вместе с тем, имеющиеся данные указывают на преимущественное развитие галита в карбонатизированных и сульфатизированных участках разреза.

Таким образом, засоление пород является катагенетическим процессом, являющимся, вероятно, результатом закономерной эволюции вторичных преобразований при последовательном увеличении минерализации пластовых вод. Засоление характерно

преимущественно для нижних частей разреза, что, возможно, объясняется гравитационным просачиванием рапы из вышележащих соленосных интервалов разреза.

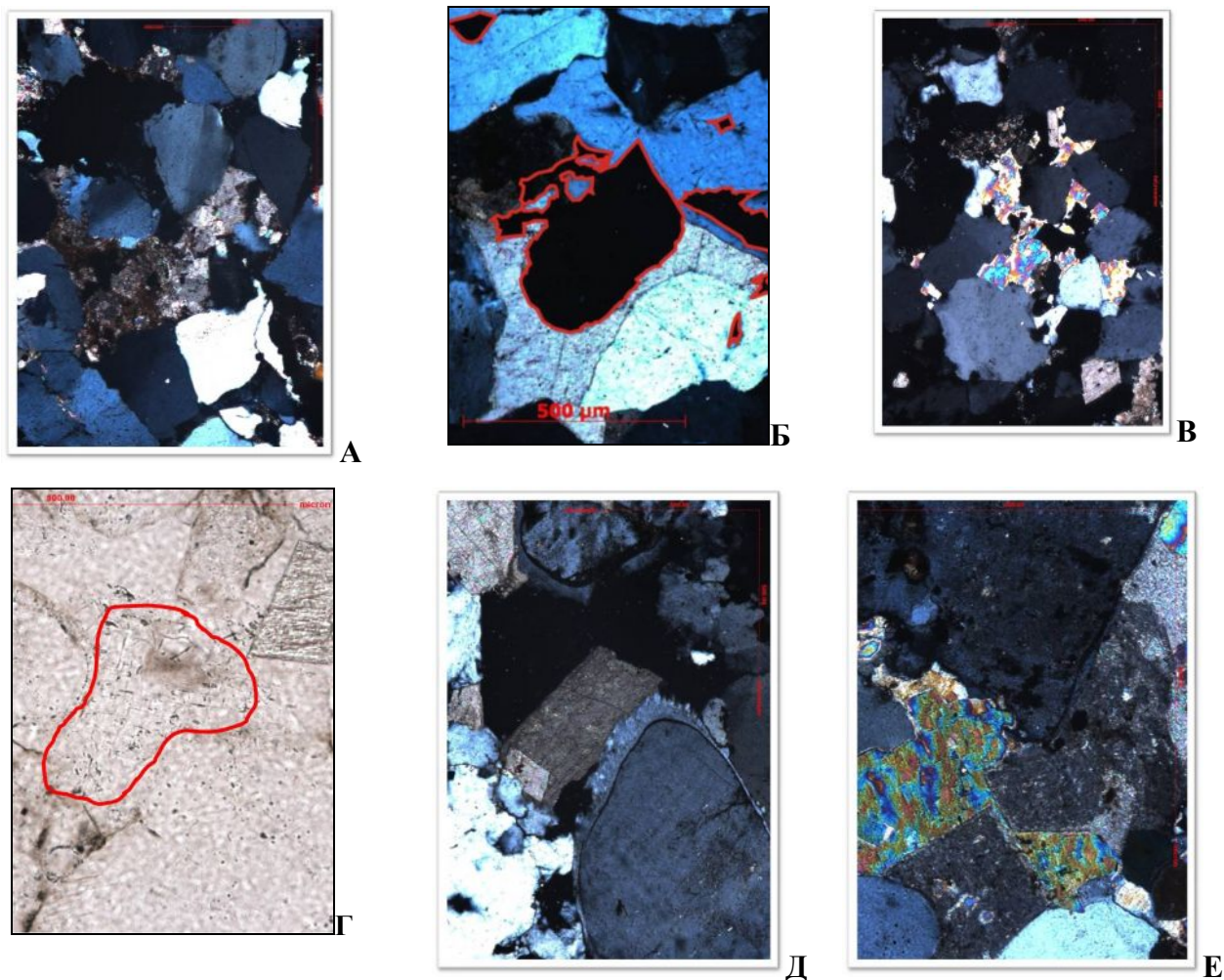


Рис. 4. Преобразования в породах ярактинского горизонта

А - кристаллы ангидрита в межзерновом пространстве разнозернистого песчаника, x100; Б - пустоты выщелачивания внутри разрушенного зерна кварца, x100; В - Кристаллы ангидрита в межзерновом пространстве разнозернистого песчаника, x100; Г - заполнение кристаллами галита остаточного пустотного пространства, x100; Д - две генерации доломита; вторая – после регенерации калиевого полевого шпата, x100; Е - регенерация калиевого полевого шпата сменяется доломитизацией, затем сульфатизацией; также наблюдается корродирование зерен кварца и калиевого шпата ангидритом, x100.

Процессы сульфатизации и засоления, развитые в нижней части разреза, также могут быть связаны с трапповым магматизмом, который приводил к интенсивному прогреву вышележащих сульфатных и галитовых отложений. Последнее способствовало обогащению пластовых растворов сульфатами и хлоридами натрия. В процессе гравитационного просачивания в нижележащие отложения ярактинского горизонта по зонам трещиноватости происходило выпадение кристаллов соли и ангидрита, заполнявших межзерновое пространство песчаников. Необходимо отметить явно выраженную стадийность вторичных

процессов. При изучении пород было выявлено, что первичное поровое пространство между обломочными зернами последовательно заполнялось регенерационными каемками, кристаллами доломита, затем ангидритом (рис. 4Д, Е). Завершающим процессом явилось заполнение остаточного порового пространства кристаллами галита.

Поровое пространство пород-коллекторов определяется условиями их формирования и направленностью вторичных изменений. Максимальные значения ФЕС приурочены к гравелитам, крупно- и разнозернистым песчаникам, развитым в нижней и средней частях ярактинского горизонта. Межзерновое пространство пород-коллекторов в нижней части резервуара в значительной степени залечено вторичными процессами (регенерацией, доломитизацией, сульфатизацией и засолонением), что, возможно, явилось результатом гравитационного просачивания пластовых флюидов, минерализация которых со временем возрастала (рис. 5).

Данные выводы могут быть использованы для уточнения геологической модели залежи, при подсчете запасов, при создании проекта разработки, а также для прогноза зон развития коллекторов на южном и юго-восточном склонах Непско-Ботубинской антеклизы.

Литература

Гажула С.В. Особенности траппового магматизма в связи с условиями нефтегазоности Сибирской платформы //Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2008. - Т. 3. - № 1. - http://www.ngtp.ru/rub/4/10_2008.pdf

Постникова О.В., Соловьева Л.В., Тихомирова Г.И. Строение аллювиально-пролювиальных природных резервуаров нижнего венда южного склона Непско-Чонского мегасвода (Сибирская платформа) //Нефтяное хозяйство, 2008. - № 2. - 9-15 с.

Симанович И.М., Янаскурт О.В. Стадии и зоны постседиментационного литогенеза осадочных формаций/ Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия. Материалы 3-го Всероссийского литологического совещания (Москва, 18 - 20 марта 2003 г.). - М.: МГУ, 2003. - С. 27-29.

Янаскурт О.В. Катагенез осадочных горных пород. - М.: МГУ, 1991. - 120 с.

Янаскурт О.В. Литология. - М.: изд-во Академия, 2008а. - 336 с.

Янаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. – М.: ЭСЛАН, 2008б – 356 с.

Рецензент: Постников Александр Васильевич, доктор геолого-минералогических наук.

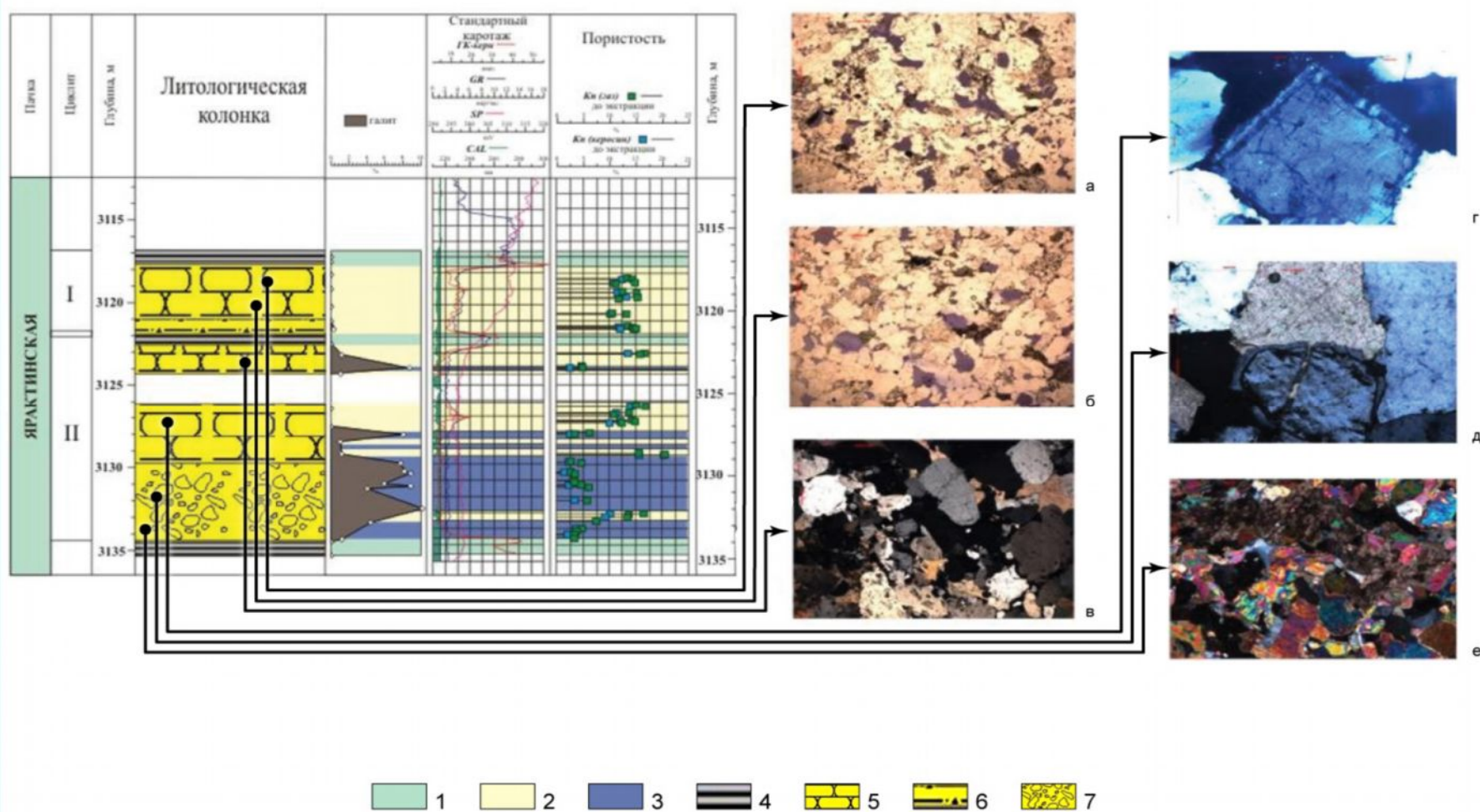


Рис. 5. Особенности структуры пустотного пространства пород-коллекторов ярактинского горизонта

Литология: 1 – глина, 2 – коллектор, 3 – непроницаемая порода, 4 – аргиллит алевритистый, 5 – песчаник, 6 – песчано-глинистая брекчия, 7 – гравелит песчаный; Фото: а – пористость в крупнозернистом песчанике, образец пропитан окрашенной смолой, $\times 100$; б – пористость в крупнозернистом песчанике, образец пропитан окрашенной смолой, $\times 100$; в – снижение пористости в песчанике разнозернистом в результате заполнения пор доломитом и ангидритом, $\times 100$; г – каемка регенерации на кристалле калиевого полевого шпата, $\times 100$; д – эпигенетический доломит, развивающийся после регенерации калиевого полевого шпата, $\times 100$; е – сульфатизация в межзсгустковом пространстве глинистого доломита, $\times 100$.

Konovaleva E.S.

RGU of oil and gas named after I.M. Gubkin, Moscow, Russia, ekonovaleva@yandex.ru

SECONDARY PROCESSES IN RESERVOIR ROCKS OF PRODUCTIVE SEDIMENTS OF YARACTINSKI DEPOSIT

The basic regularities of manifesting the secondary processes in the productive deposits of the Yaraktinskoye field are shown. The types of rocks of the Yaraktinsk horizon and the structure regularities of the studying sequence and also the peculiarities of forming and distributing reservoir rocks in them are established. The types of the secondary changes and the degree of their impact on filtration-capacity properties are revealed. The dependence of reservoir rocks pore space from the conditions of their formation and the direction of the secondary changes is shown.

Key words: Lower Vendian, reservoir rocks, secondary changes of terrigene rocks, Yaraktinskoye field, Nepsko-Botuoba anteklise.

References

Gažula S.V. Osobennosti trappovogo magmatizma v svâzi s usloviâmi neftegazonosti Sibirskoj platformy //Neftegasovaâ geologiâ. Teoriâ i praktika, 2008. - T.3. - #1. - http://www.ngtp.ru/rub/4/10_2008.pdf

Postnikova O.V., Solov'eva L.V., Tihomirova G.I. Stroenie allûvial'no-prolûvial'nyh prirodnyh rezervuarov nižnego venda ûžnogo sklona Nepsko-Čonskogo megasvoda (Sibirskâ platforma) //Neftânoe hozâjstvo, 2008. - # 2. - 9-15 s.

Simanovič I.M., Âpaskurt O.V. Stadii i zony postsedimentacionnogo litogeneza osadočnyh formacij/ Genetičeskij formacionnyj analiz osadočnyh kompleksov fanerozoâ i dokembriâ. Materialy 3-go Vserossijskogo litologičeskogo sovešaniâ (Moskva, 18 - 20 marta 2003 g.). - M.: MGU, 2003. - S. 27-29

Âpaskurt O.V. Katagenez osadočnyh gornyh porod. - M.: MGU, 1991. - 120 s.

Âpaskurt O.V. Litologiâ. - M.: izd-vo Akademiâ, 2008a. - 336 s.

Âpaskurt O.V. Genetičeskâ mineralogiâ i stadial'nyj analiz processov osadočnogo porodo- i rudoobrazovaniâ. Učeb. posobie. – M.: ÈSLAN, 2008b – 356 s.