

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Поступила в редакцию 10.06.2024 г.

Принята к публикации 29.07.2024 г.

EDN: KBWXGG

УДК 552.578.061.4:551.762.1/.762.2(571.122)

**Тугарова М.А., Жигулина Д.И.**

Группа компаний «Газпром нефть», Санкт-Петербург, Россия, Tugarova.MA@gazprom-neft.ru, Zhigulina.DI@gazprom-neft.ru

**Супей В.В.**

Томский политехнический университет, Томск, Россия, Supey.VV@contractor.gazprom-neft.ru

**Кайгородцев Е.Б., Илюшин Д.В.**

ООО «СПД», Москва, Россия, Evgeny.Kaygorodtsev@spd.ru, Dmitry.Ilyushin@spd.ru

## **ВТОРИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЮРСКИХ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОДАХ-КОЛЛЕКТОРАХ ВЕРХНЕСАЛЫМСКОЙ ПЛОЩАДИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*Литологические исследования керн песчаников и алевритов нижне-среднеюрских пластов, вскрытых несколькими скважинами в пределах Верхнесалымской площади, позволили выделить последовательность вторичных процессов в обломочных породах и оценить их роль в формировании фильтрационно-емкостных свойств. Прослежены стадийные преобразования пород. Особое внимание уделено кальцитизации, как самому позднему процессу, существенно влияющему на пористость пород. Выявлена цикличность развития кальцитизации в разрезе, что, по-видимому, объясняется вторичными наложенными процессами – перераспределение флюидов в породах доюрского комплекса.*

**Ключевые слова:** юрские обломочные породы, вторичные процессы, кальцитизация, Верхнесалымская площадь, Западная Сибирь.

---

**Для цитирования:** Тугарова М.А., Жигулина Д.И., Супей В.В., Кайгородцев Е.Б., Илюшин Д.В. Вторичные процессы в юрских обломочных породах-коллекторах Верхнесалымской площади Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2024. - Т.19. - №3. - [https://www.ngtp.ru/rub/2024/18\\_2024.html](https://www.ngtp.ru/rub/2024/18_2024.html)  
EDN: KBWXGG

---

### **Введение**

Изучение вторичных процессов в юрских обломочных породах Верхнесалымской площади Западной Сибири явилось одной из задач, выполнявшихся в рамках проекта по юрским объектам рассматриваемой площади для оценки возможности их вовлечения в полномасштабную разработку. Целевыми объектами в данной работе являлись пласты Ю<sub>10-12</sub> береговой и шеркалинской свит нижнего отдела и пласты Ю<sub>2-3</sub> тюменской свиты среднего отдела юрской системы с оценкой возможности их вовлечения в полномасштабную разработку. Эти отложения характеризуются большой дифференциацией обстановок осадконакопления и, как следствие, неоднородностью распределения вещественно-структурных типов отложений по разрезу и площади. Традиционные седиментационно-фациальные подходы с выделением песчаных тел как потенциальных коллекторов не всегда приводят к удовлетворительным результатам, что указывает на отсутствие прямой корреляции

между первичными признаками пород и фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Установление генетических типов вторичной пористости в обломочных породах разреза и их корреляция с ФЕС пород явились одной из приоритетных задач.

Для обломочных пород средней-нижней юры Верхнесалымской площади определены последовательность стадийных вторичных преобразований и их роль в формировании фильтрационно-емкостных свойств. Прослежены процессы метасоматоза и растворение неустойчивых компонентов пород, дано их генетическое обоснование. Особое внимание уделено вторичному кальциту, как минеральной фазе, небольшие содержания которой являются индикаторным признаком вторичной пористости.

### **Особенности геологического строения**

Верхнесалымская площадь находится в пределах Западно-Сибирской низменности, в северной части обширного Обско-Иртышского междуречья, в бассейне р. Большой Салым.

В соответствии с тектонической картой фундамента Западно-Сибирской платформы площадь работ расположена в пределах Казахстанско-Салымского блока каледонид [Жеро, Конторович, 2004]. Участок работ приурочен к северному замыканию Верхнесалымского мегавала, граничащего на западе с Ханты-Мансийской котловиной, а на востоке - с Юганской впадиной [Шпильман и др., 1998]. Южная часть Салымского поднятия осложнена структурой II порядка – Верхнесалымским куполом, в пределах которого выделены более мелкие структуры III и IV порядков, к которым и приурочено Верхнесалымское месторождение. К северу от Верхнесалымского купола прослеживается Западно-Салымская седловина.

Согласно схеме нефтегазогеологического районирования осадочного чехла Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП), площадь расположена в центральной части Салымского нефтегазоносного района (НГР) Фроловской нефтегазоносной области (НГО) [Конторович и др., 1975].

В геологическом строении рассматриваемого района выделяются два структурно-формационных этажа: складчатый фундамент и переходный комплекс, традиционно объединяемые в доюрское основание и мезозойско-кайнозойский осадочный чехол. Песчано-глинистые отложения платформенного чехла мезозойско-кайнозойского возраста несогласно залегают на размытой поверхности доюрского гетерогенного фундамента.

Отложения юрского возраста, слагающие нижние горизонты осадочного чехла на изучаемой территории, представлены нижним, средним и верхним отделами. На момент накопления отложений пластов Ю<sub>11-12</sub> площадь работ характеризовалась достаточно расчлененным рельефом, и накопление песчаного материала происходило в обстановках разветвленных русловых систем, развитых, как правило, в межгорных долинах и пониженных

частях палеорельефа, ограниченных эрозионными выступами фундамента. Пласты представлены мощными песчаниками меж- и прирусловых отмелей, изолированных пойменными или озерными глинами, алевроитовыми глинами с прослоями и линзочками углей. В тоар-ааленское время территория затапливалась, в начале тоарского века сформировались отложения тогурской пачки. Быстрое повышение уровня моря привело к заполнению межгорных долин прибрежными осадками (пласт Ю<sub>10</sub>), при максимуме затопления накопились глины радомской пачки.

Согласно данным региональной геологии, с началом байосского века рассматриваемая территория представляла собой периодически затапливаемую низменную равнину, в пределах которой преобладало аллювиальное осадконакопление. К отложениям данного типа относятся пласты Ю<sub>4-9</sub> тюменской свиты. Анализ имеющейся геолого-геофизической информации позволяет предполагать, что накопление мощной, циклично сложенной толщи обусловлено деятельностью меандрирующих рек.

Структурно-текстурные особенности пород верхней части тюменской свиты (пласты Ю<sub>2-3</sub>) в разных зонах рассматриваемой территории позволяют предположить, что отложения накопились в условиях преимущественно приливно-отливных равнин.

Важной особенностью изучаемой площади является то, что, во-первых, она приурочена к крупному тектоническому элементу I порядка, а во-вторых, тот факт, что фундамент представлен сильно дислоцированными в различной степени метаморфизованными породами, эффузивами различного состава, осложнен интрузивами кислого состава и имеет сложное блоковое строение, подтвержденное материалами геофизических исследований грави-, магнито-, сейсморазведкой. Все это оказывает существенное влияние на формирование зон развития трещиноватости, вещественно-структурные признаки пород, степень вторичных преобразований пород в катагенезе, что в конечном итоге отражается на качестве пород-коллекторов изучаемого разреза.

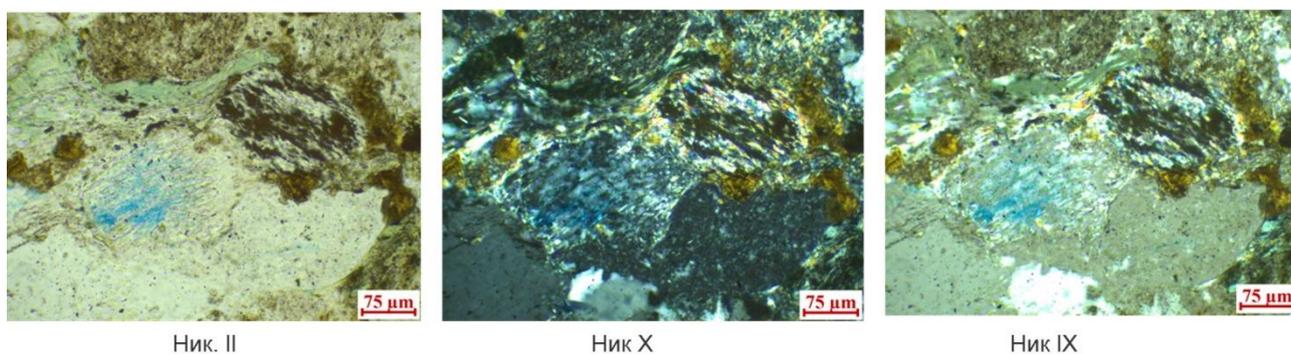
### **Фактический материал и методы исследований**

Фактическим материалом работы явились 120 образцов керна песчаников и алевролитов юрских пластов Ю<sub>2</sub>, Ю<sub>3</sub>, Ю<sub>10</sub>, Ю<sub>11</sub>, Ю<sub>12</sub>. Исследования акцентированы на породах, обладающих потенциальными коллекторскими свойствами, но проявляющих неустойчивые зависимости структурных характеристик и ФЕС. Дополнительно изучены 5 образцов пород доюрского комплекса как возможный источник сноса при формировании перекрывающих юрских отложений.

Основным видом аналитических исследований явился петрографический анализ, выполнявшийся в соответствии с нормативно-методическим документом Компании «Газпром

нефть»<sup>1</sup> с количественным подсчетом всех вещественно-структурных параметров пород. Приоритетной целью петрографических исследований являлось определение вторичных процессов и их роли в формировании ФЕС пород. Для оценки степени катагенеза использованы данные пиролиза Rock-Eval (Tmax).

Для одновременной визуализации вторичных процессов и пустотного пространства применен нестандартный метод фотосъемки в полускрещенных николях. Метод использован для одновременной визуализации вторичных минеральных преобразований, которые диагностируются в скрещенных николях, и пористости (пустотное пространство, заполненное окрашенной эпоксидной смолой), наблюдаемой в проходящем свете (рис. 1).



**Рис. 1. Фотоизображения шлифа песчаника при разных режимах съемки а - в проходящем свете; б - в скрещенных николях; в - николи скрещены под углом 45°.**

Порядок выполнения исследований включал:

1. вещественно-структурную типизацию пород;
2. выделение первичных (седиментационных) признаков;
3. выделение и характеристика всех вторичных преобразований, включая микротрещиноватость, их количественный подсчет;
4. прослеживание последовательности вторичных процессов как в отдельных интервалах, так и в целом по разрезу;
5. анализ наложенных вторичных преобразований, т.е. не соответствующих региональным стадийным изменениям.

Для уточнения минерального состава и структур пород дополнительно использовались данные гранулометрического, рентгенофазового и термовесового анализов, выполнявшихся в ООО «Нефтеком» (г. Тюмень). Для оценки ФЕС использованы аналитические петрофизические данные для всех проанализированных образцов.

<sup>1</sup> Методические рекомендации по литолого-петрографическим исследованиям керна, представлению результатов и экспертизе.

### Общая литологическая характеристика

Осадочный разрез нижней-средней юры центральной части Салымского НГР Западно-Сибирской НГП представлен терригенными отложениями, характеризующимися достаточно высокой структурной зрелостью (коэффициент структурной зрелости - 0,6-0,96) и низкой-умеренной минеральной зрелостью (коэффициент минеральной зрелости - от 0,35 до 0,75). Структурная зрелость характеризуется отношением объема зерен к объему зерен и основной массы породы, а минеральная (химическая) зрелость – это отношение объема устойчивых зерен к суммарному объему устойчивых и неустойчивых компонентов [Селли, 1981].

Песчаники имеют преимущественно петрокластический или полимиктовый граувакковый состав по классификации В.Д. Шутова [Шутов, 1967]. Отличительной особенностью компонентного состава является широкое разнообразие обломков пород, в т.ч. неустойчивых, например, обломков основных и средних эффузивов с содержанием до 60%. Породы содержат большое количество углефицированного растительного детрита (УРД). Незрелость компонентного состава предопределяет широкий спектр вторичных процессов, проявленных в породах. Песчаники характеризуются очень высокой степенью уплотнения, выпукло-вогнутые и инкорпорационные контакты между зернами являются преобладающими.

Породы пласта Ю<sub>2</sub> (средняя юра, бат) – песчаники и алевролиты характеризуются разнообразием текстур – массивными, линзовиднослоистыми, горизонтальнослоистыми. Структуры песчаников - преимущественно тонко- и мелкозернистые, алевролиты – от мелко- до крупнозернистых. Преобладающий модальный размер зерен – 0,1 мм. Содержание глинистых фракций в единичных образцах глинисто-алевритовых разностей составляет до 22-35%. Средний состав породообразующих компонентов: кварц – 41%; калиевые полевые шпаты (КПШ) – 12,2%; плагиоклазы – 15%; обломки пород – 40%. В качестве второстепенных и аксессуарных обломочных зерен присутствуют мусковит, биотит, иногда хлорит, углефицированный растительный детрит (УРД), циркон, турмалин, иногда эпидот. Структурная зрелость составляет 0,84, минеральная - 0,4, общая - 0,6. Петрографическая пористость меняется от 0,00 до 12%, среднее значение - 1%.

Породы пласта Ю<sub>3</sub> (средняя юра, бат) имеют схожие с породами Ю<sub>2</sub> текстурные и вещественно-структурные признаки. Модальный размер зерен – 0,1 мм. Средний состав породообразующих компонентов: кварц – 35,5 %; КПШ – 11,5%; плагиоклазы – 14%; обломки пород – 39%. Примесь УРД незначительна. Структурная зрелость составляет 0,87, минеральная - 0,32, общая - 0,6. Петрографическая пористость меняется от 0,00 до 14%, среднее значение - 3%.

Основные текстурно-структурные характеристики для обломочных пород Ю<sub>10</sub> (нижняя

юра, тоар), представленных песчаниками с разной размерностью зерен и крупнозернистыми алевритами, следующие: текстуры от массивных до горизонтально-слоистых, модальный размер зерен – 0,35 мм. Средний состав породообразующих компонентов: кварц – 44,5%; КПШ – 8,0%; плагиоклазы – 11,5%; обломки пород – 36%. По сравнению с породами пластов Ю<sub>2</sub> и Ю<sub>3</sub> в составе песчаников заметно сокращается содержание УРД. Структурная зрелость составляет 0,84, минеральная - 0,44, общая - 0,6. Петрографическая пористость меняется от 0,5 до 20%, среднее значение - 7%.

Песчаники и алевролиты пласта Ю<sub>11</sub> (нижняя юра, плинсбах) характеризуются модальным размером зерен 0,14 мм. Средний состав породообразующих компонентов: кварц – 41,0%; КПШ – 9,0%; плагиоклазы – 11,0%; обломки пород – 39%. Содержание УРД изменяется от 3 до 15%. Структурная зрелость составляет 0,87, минеральная - 0,4, общая - 0,63. Петрографическая пористость меняется от 0,00 до 15%, среднее значение составляет 2%.

Породы пласта Ю<sub>12</sub> представлены преимущественно песчаниками, гравийными песчаниками и песчаными гравелитами с массивными, реже горизонтально-слоистыми текстурами. Первая мода, характеризующая размер зерен, – 0,3 мм, вторая – 0,2 мм. Средний состав породообразующих компонентов: кварц – 39,0%; КПШ – 7,0%; плагиоклазы – 9,0%; обломки пород – 45%. Содержание УРД не превышает первые проценты. Структурная зрелость - 0,85, минеральная - 0,4, общая - 0,62. Обломки пород соответствуют эффузивным породам среднего и основного состава доюрского комплекса. Петрографическая пористость меняется от 1,0 до 20%, среднее значение составляет 4,5%.

В целом, отложения всех изученных интервалов разреза характеризуются близкими первичными вещественно-структурными характеристиками, которые закономерно изменяются снизу вверх по разрезу, отражая особенности обстановок седиментации и гидродинамических режимов осадконакопления. Породы характеризуются высокой степенью уплотнения, которая максимально проявлена в песчаниках и алевролитах с повышенными содержанием второстепенных пластичных зерен - УРД и слюд. Коэффициент уплотнения в шлифах, выражающийся в отношении количества контактов к количеству зерен, обычно превышает 0,6 [Орлова, 1993], что указывает на поздний катагенез, соответствующей стадиям МК<sub>4</sub>-МК<sub>5</sub> по классификации Н.Б. Вассоевича [Вассоевич, 1967].

Различия ФЕС пород, сходных по вещественно-структурным признакам, заставили обратить пристальное внимание на вторичные процессы.

## Эпигенетические процессы

Особенностью всех изученных обломочных пород является их низкая минеральная зрелость, которая предопределяет разнообразие эпигенетических процессов как механических, так и физико-химических (рис. 2).

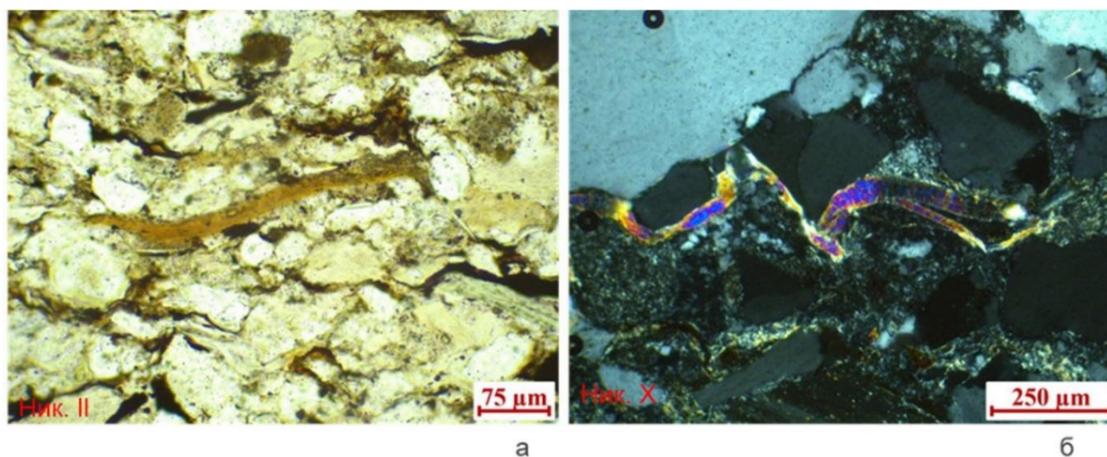


Рис. 2. Основные вторичные процессы и их стадийность

Обращает на себя внимание высокая степень литификации песчаников и алевролитов, превышающая стадию катагенеза, на которой они находятся (МК<sub>2</sub>-МК<sub>4</sub> по данным Тмах). Результатом высокого уплотнения является практически полное отсутствие межзерновой пористости.

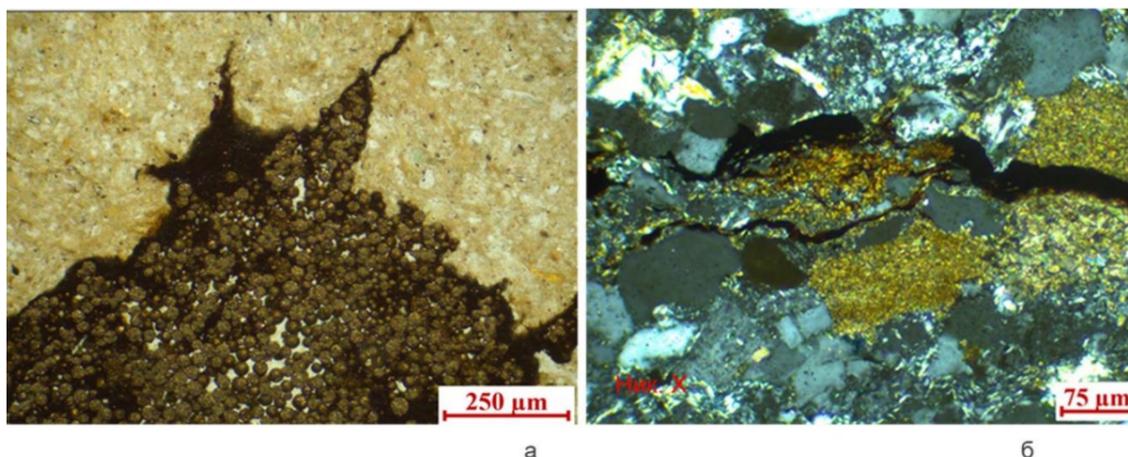
Преобразование обломочных пород представлено тремя основными группами процессов: 1) механическое и физико-химическое уплотнение; 2) метасоматоз и аутигенная минерализация; 3) выщелачивание и кальцитизация. Петрографическая иллюстрация процессов - на рис. 3-9.

Литификация обломочных пород юры усугубляется вторичными преобразованиями неустойчивых компонентов. К диагенетическим процессам относятся пиритизация и сидеритизация, максимально проявленные в породах с высоким содержанием УРД (см. рис. 4).



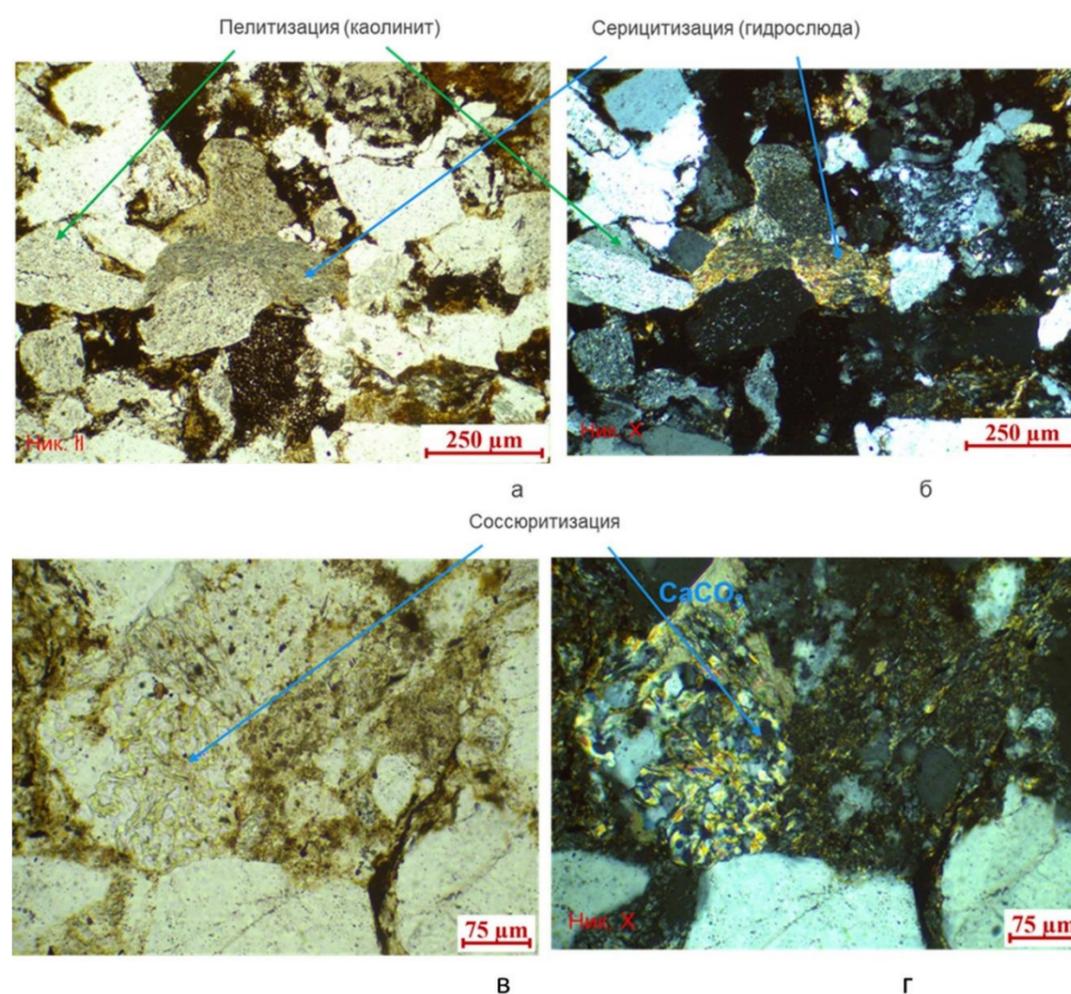
**Рис. 3. Фотографии шлифов уплотненных песчаников**

*a* - песчаник пласта Ю<sub>2</sub>, коэффициент уплотнения по Л.В. Орловой - 0,7 (МК<sub>5</sub>), Tmax - 435° (МК<sub>1</sub>), ник. II; *б* - песчаник пласта Ю<sub>2</sub>, коэффициент уплотнения по Л.В. Орловой - 0,8 (АК), Tmax - 440° (МК<sub>1</sub>-МК<sub>2</sub>), ник. X.

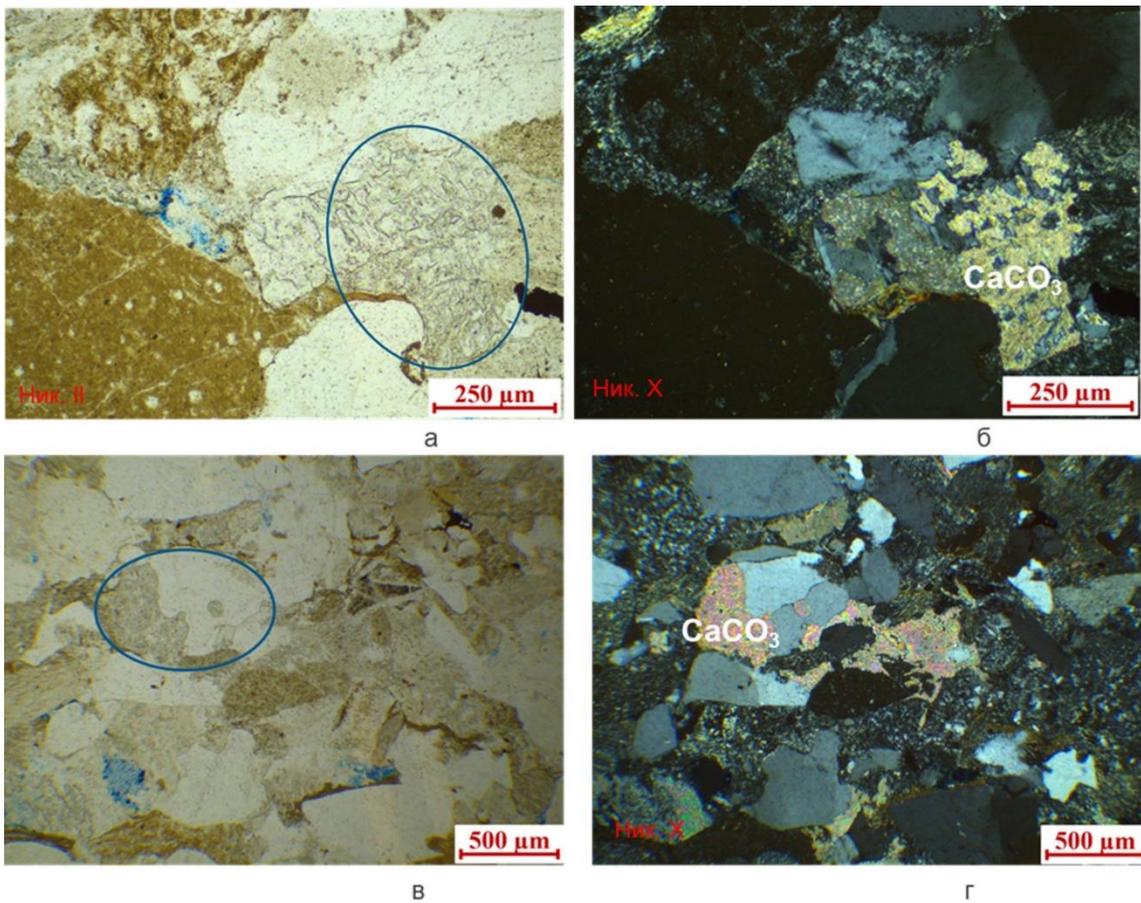


**Рис. 4. Фотографии шлифов**

*a* - пиритизация по УРД в алевролите, Ю<sub>2</sub>, ник. II; *б* - сидеритизация по УРД в песчанике, ник. X.

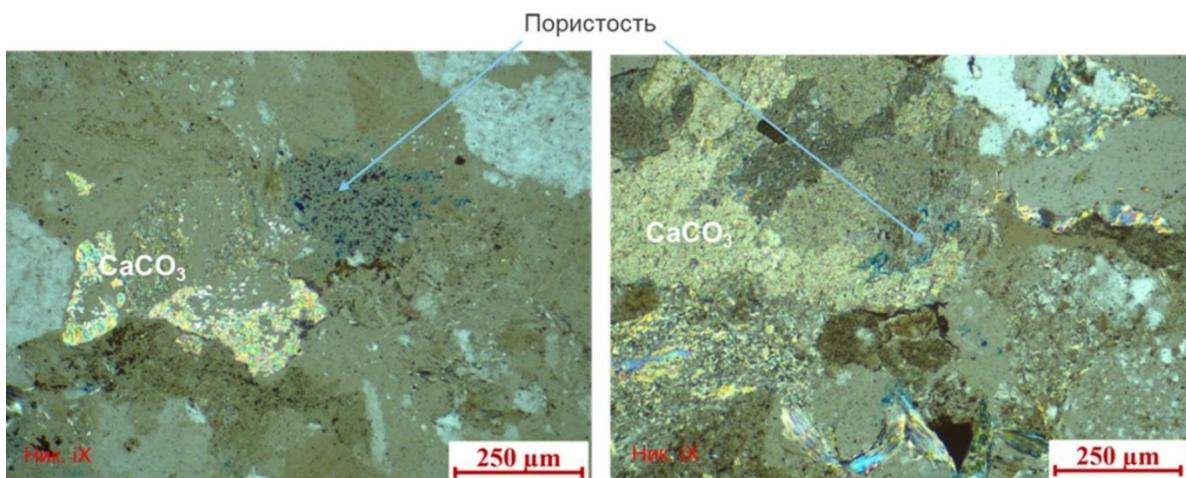


**Рис. 5. Фотографии шлифа грауваккового песчаника пласта Ю<sub>2</sub> с пелитизированными и серицитизированными и соссюритизированными зёрнами полевых шпатов и обломков пород**  
*a* - ник. II; *б* - ник. X; *в* - ник. II; *г* - ник. X.



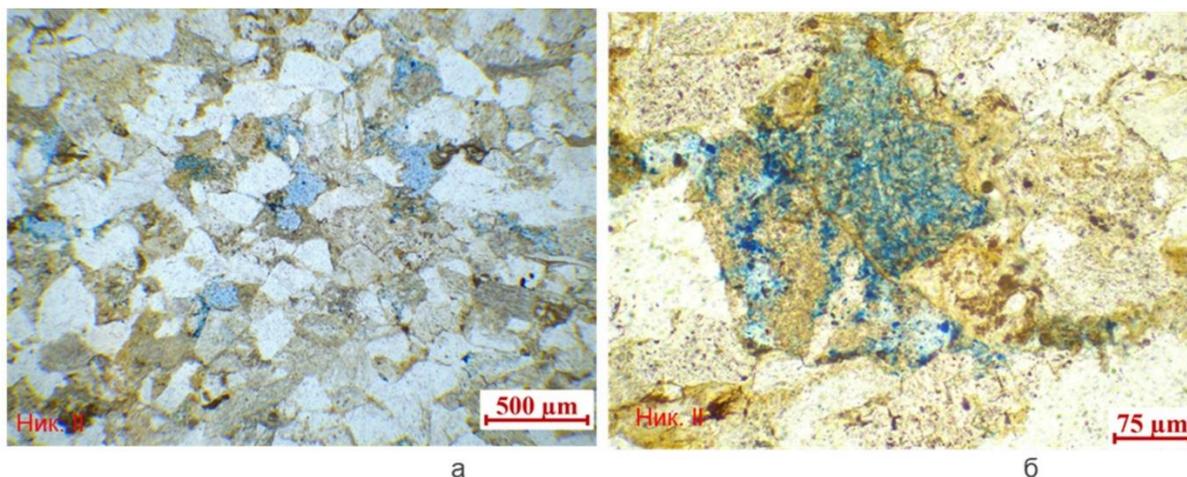
**Рис. 6. Фотографии шлифа грауваккового песчаника пласта Ю<sub>11</sub> с кальцитизацией по обломкам пород**

*Коэффициент пористости (Kn) - 6,5%; CaCO<sub>3</sub> - 15%: а, в - ник. II; б, г - ник. X.*



**Рис. 7. Фотографии шлифа грауваккового песчаника пласта Ю<sub>11</sub> с кальцитизацией по обломкам пород и последующим выщелачиванием**

*Kn - 6,5%; CaCO<sub>3</sub> - 15%, ник. полускрещенные.*



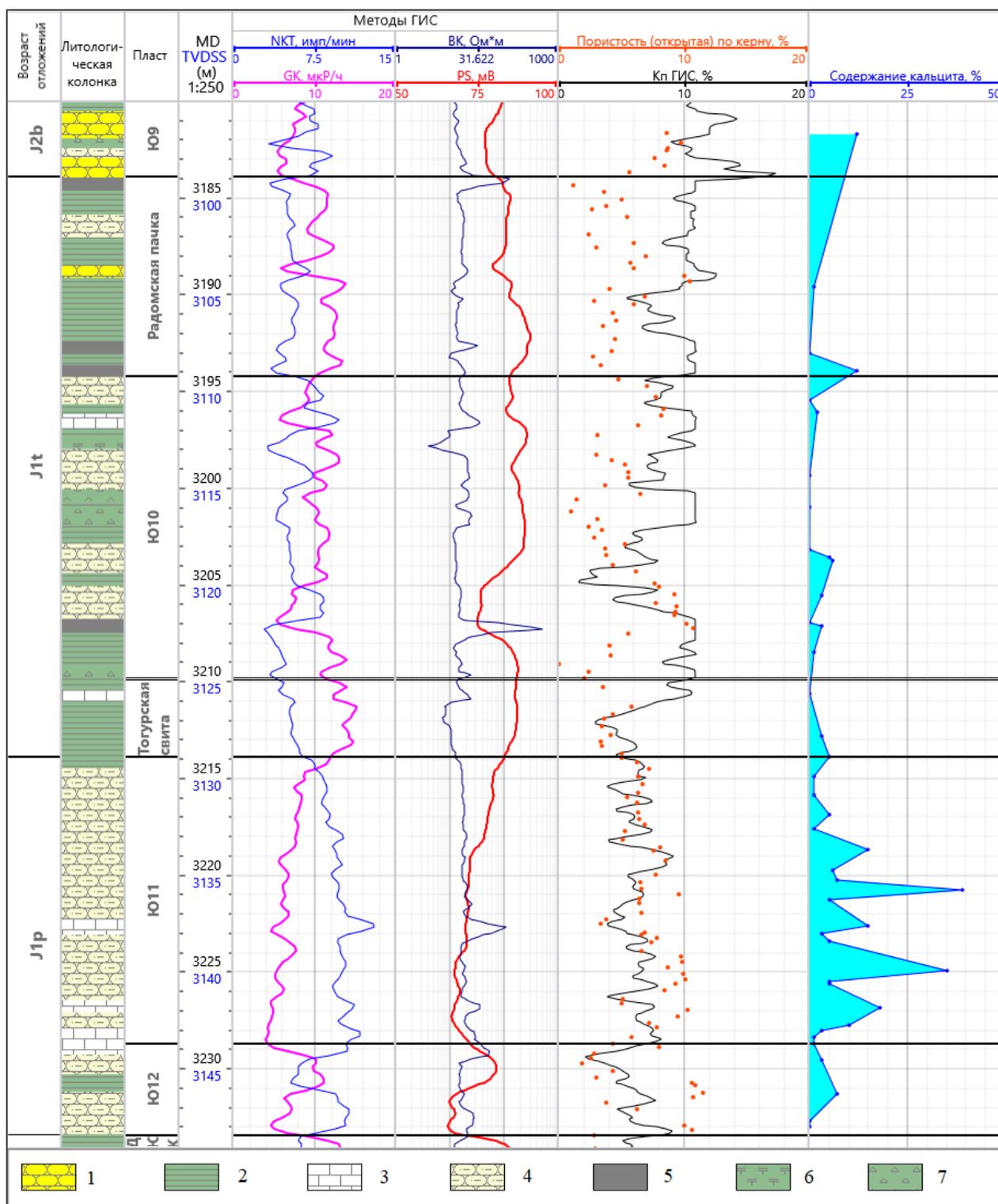
**Рис. 8. Фотографии шлифа грауваккового песчаника пласта Ю<sub>3</sub> с внутризерновой пористостью растворения, Кп - 17,2%, ник. II**  
*а - общий вид шлифа; б - детализация при увеличении фрагмента шлифа.*

В породах широко проявлены процессы пелитизации (каолинитизации) и серицитизации (гидрослюдизация), развивающиеся преимущественно по кислым и средним плагиоклазам и КПШ (см. рис. 5а, б). По плагиоклазам с высоким содержанием анортитовой составляющей развиваются цеолиты, хлориты, эпидот, карбонаты, их тонкая смесь называется соссюритом [Платонов, Тугарова, 2017]. Соссюритизация является одним из источников вторичного кальцита в породах (см. рис. 5г, д).

Процесс кальцитизации активно протекает по полевым шпатам (как по отдельным зернам, так и минералам в составе обломков пород) в условиях щелочной среды при повышенном содержании CO<sub>2</sub> [Шведенков, Шведенкова, 1982]. Этот процесс широко распространен в изученном разрезе (см. рис. 6).

Последующие процессы выщелачивания кальцита приводят к формированию внутризерновой пористости (см. рис. 7). Максимально пористость растворения проявлена в породах с минимальной химической зрелостью. В полимиктово-граувакковых песчаниках пласта Ю<sub>3</sub> пористость растворения достигает 17,2%. Коэффициент химической зрелости породы - 0,27, в составе преобладают обломки пород (47%), содержание полевых шпатов - 27%, УРД - 1%, кальцит – доли процента (см. рис. 8).

Кальцитизация максимально проявлена в нижней части изученного разреза, а распределение вторичного кальцита указывает на цикличность процессов кальцитизации – растворения (см. рис. 9).



**Рис. 9. Цикличность кальцитизации в разрезе**

1 - песок, 2 - аргиллит, 3 - песок карбонатный, 4 - алевролит, 5 - уголь, 6 - аргиллит кавернозный, 7 - аргиллит углистый.

### Вторичные процессы и фильтрационно-емкостные свойства пород

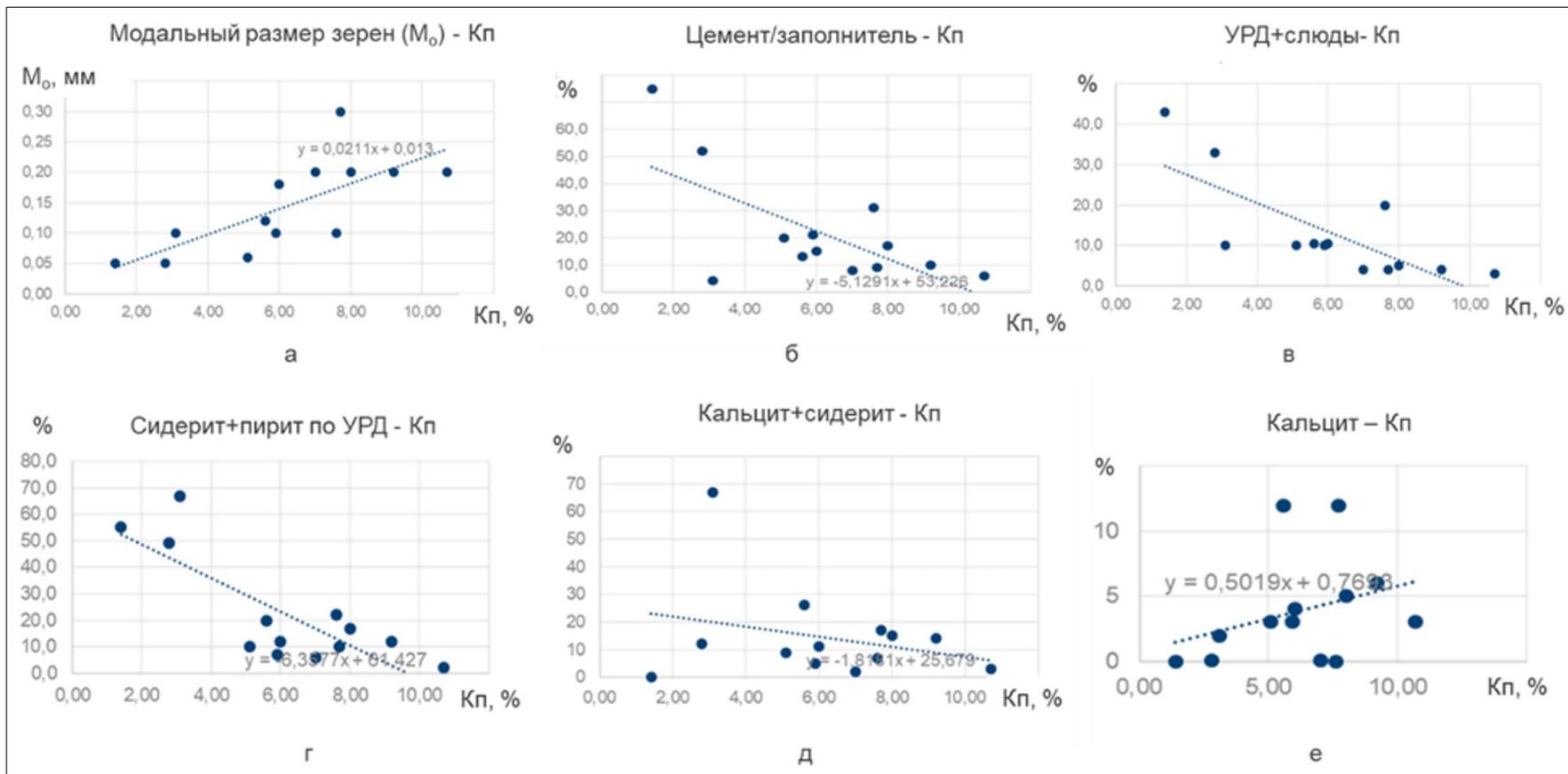
Вторичные процессы, влияющие на формирование ФЕС показаны в таблице (табл. 1). Пористость растворения с выносом вещества является определяющей в изученных образцах песчаников и алевролитов.

Таблица 1

**Вторичные процессы в формировании фильтрационно-емкостных свойств юрских песчаников и алевролитов**

Вторичные процессы	Улучшение ФЕС	Ухудшение ФЕС
Механическое уплотнение		Пластические деформации зерен (слюд, углефицированного растительного детрита)
Физико-химическое уплотнение		Регенерация кварца, инкорпорационные швы
	Катаклиз неустойчивых зерен + выщелачивание	Катаклиз зерен обломков пород, полевого шпата + уплотнение
Метасоматоз: вторичные минерализация по неустойчивым обломкам пород		Хлоритация
		Каолинитизация
		Серицитизация
		Соссюритизация
		Кальцитизация
Метасоматоз по углефицированному растительному детриту		Карбонатизация (сидеритизация); пиритизация
Метасоматоз + растворение	Гидролиз + выщелачивание обломков пород и полевых шпатов	
	Гидролиз + выщелачивание слюд (хлорит, биотит)	
	Выщелачивание вторичного кальцита	

В процессе интерпретации полученных данных проведена статистическая обработка с целью определения зависимостей пористости с первичными и вторичными признаками пород. Тенденции в корреляции первичных структурных и вещественных признаков пород схожи для всех изученных пластов. Пористость увеличивается при росте модального размера зерен и снижается при увеличении заполнителя (глинистой фракции), слюд и УРД (рис. 10а-в).



**Рис. 10.** Диаграммы зависимости вещественно-структурных признаков пород и Кп, % на примере пласта Ю<sub>11</sub>

*а* - модальный размер зерен ( $M_0$ ), мм - Кп, %; *б* - цемент/заполнитель, % - Кп, %; *в* - суммарное содержание УРД и слюд, % - Кп, %; *г* - суммарное содержание сидерита и пирита, % - Кп, %; *д* - суммарное содержание карбонатных фаз, % - Кп, %; *е* - содержание кальцита, % - Кп, %.

Из вторичных процессов значительно влияют на ФЕС пород карбонатные фазы. Содержание диагенетического сидерита и сопутствующего ему пирита определяются количеством УРД в породах и отрицательно влияют на ФЕС (рис. 10г). Корреляция суммы сидерита и кальцита показывает такой же тренд (рис. 10д). Приоритетным вторичным процессом, определяющим пористость пород, является кальцитизация или точнее образование вторичного аутигенного кальцита, как результаты перераспределения вещества в ходе метасоматоза и растворения. Кальцит развивается по зернам и не выполняет функции цемента. Его распределение по пластам неравномерно, а небольшие содержания этого минерала (до 5-7%) в породах проявляют неожиданную корреляцию с пористостью пород – при росте содержания кальцита пористость увеличивается (рис. 10е). Таким образом, содержание кальцита до 5-7% является признаком наличия коллектора, что может объясняться проработкой пород (особенно пластов, перекрывающих ДЮК) глубинными минерализованными водами и чередованием фаз кальцитизации и выщелачивания в разрезе.

### Выводы

Песчаники и алевролиты изученного разреза характеризуются высоким содержанием неустойчивых компонентов - обломков преимущественно эффузивных пород, УРД, полевых шпатов, биотита, хлорита, что отражается в незрелости компонентного состава. Высокое содержание первичных неустойчивых компонентов неизбежно предопределяет широкий набор вторичных процессов. Наличие пластичных минералов (слюд) и УРД приводит к высокой степени уплотнения, превышающего уровень катагенеза по  $T_{max}$ .

Изученные песчаники и алевролиты отличаются высокой степенью литификации, превышающей стадию катагенеза, на которой они находятся ( $MK_2$ - $MK_4$  по данным  $T_{max}$ ). Результатом высокого уплотнения является практически полное отсутствие межзерновой пористости. Преобладающий генетический тип пористости – внутризерновая выщелачивания.

Хорошими коллекторскими свойствами характеризуются песчаники пласта Ю<sub>3</sub>, имеющие высокую структурную зрелость (преобладание зерен); низкую химическую зрелость (высокое содержание неустойчивых зерен); незначительную примесь УРД, слюд и вторичного сидерита, доли и первые проценты кальцита. Низкие содержания УРД и слюд исключают раннюю цементацию пород, а высокое количество неустойчивых фаз приводит к процессам интенсивного растворения. Таким образом, косвенно вторичная пористость в этих породах контролируется их седиментационными признаками.

Среди пород нижней юры выделяются песчаники пластов Ю<sub>11-12</sub>, где основным процессом формирования пористости является выщелачивание неустойчивых зерен, которое

могло быть наиболее интенсивным в этом пласте из-за близости к ДЮК.

Из вторичных процессов выделяется процесс кальцитизации как самый поздний. В разрезе нижней юры при содержании в породах кальцита до 7% наблюдается прямая корреляция с коэффициентом пористости. Эти породы обладают лучшими коллекторскими свойствами, подтверждаемыми трендами на кросс-плотах пористость – проницаемость (Кп-Кпр). Возможные источники кальцита: 1) преобразование неустойчивых минералов пород; 2) элизионные/глубинные флюиды, в т.ч. из ДЮК. Небольшие содержания кальцита в породах могут рассматриваться в качестве поискового критерия при выделении перспективных интервалов разреза с улучшенными ФЕС.

При стадийных процессах наблюдается цикличность проявления вторичных изменений (кальцитизация) в разрезе. Этот процесс, по-видимому, связан с вторичными наложенными процессами – перераспределением флюидов ДЮК осадочного чехла, и в целом контролируется приуроченностью площади к крупному куполовидному поднятию со сложным блоковым строением и наличием проницаемых трещинных зон.

### Литература

- Вассоевич Н.Б.* Теория осадочно-миграционного происхождения нефти // Изв. АН СССР. Сер.геол. - 1967. - № 1. - С. 137-142.
- Жеро О.Г., Конторович А.Э., Коробейников В.П., Крамник В.Н., Смирнов Л.В.* Тектоническая карта фундамента Западно-Сибирской плиты / Под ред. В.С. Суркова. - 2004.
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г.* Геология нефти и газа Западной Сибири. - М.: Недра, 1975. - 680 с.
- Орлова Л.В.* Оптико-геометрическое определение коэффициента уплотненности песчаных пород. Методические рекомендации. - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1993. - 6 с.
- Платонов М.В., Тугарова М.А.* Петрография обломочных и карбонатных пород: учеб.-метод. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2017. - 80 с.
- Селли Р.К.* Введение в седиментологию / Под ред. В.Н. Холодова. - М.: Недра, 1981. - 370 с.
- Шведенков Г.Ю., Шведенкова С.В.* Полевые шпаты под давлением воды и двуокиси углерода / Отв. ред. Д. В. Калинин // Тр. Ин-та геологии и геофизики АН СССР, Сиб. отд-ние. Вып. 522. - Новосибирск: Наука, 1982. - 166 с.
- Штильман В.И., Змановский Н.И., Подсосова Л.Л.* Тектоническая карта центральной части Западно-Сибирской плиты 1:2 000 000. - Тюмень: НАЦ РН ХМАО, 1998.
- Шутов В.Д.* Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые. - 1967. - № 5. - С. 86-103.

*This is an open access article under the CC BY 4.0 license*

Received 10.06.2024

Published 29.07.2024

**Tugarova M.A., Zhigulina D.I.**

Gazprom Neft Company Group, Saint-Petersburg, Russia, Tugarova.MA@gazprom-neft.ru, Zhigulina.DI@gazprom-neft.ru

**Supey V.V.**

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, Supey.VV@gazprom-neft.ru

**Kaygorodtsev E.B., Ilyushin D.V.**

LLC Salym Petroleum Development, Moscow, Russia, Evgeny.Kaygorodtsev@spd.ru, Dmitry.Ilyushin@spd.ru

## SECONDARY PROCESSES IN JURASSIC CLASTIC RESERVOIR ROCKS OF THE VERKHNESALYM AREA OF WESTERN SIBERIA

*Lithological studies of core sandstones and siltstones of the Lower-Middle Jurassic formations, penetrated by several wells within the Verkhesalym area, made it possible to identify the sequence of secondary processes in clastic rocks and evaluate their role in the formation of filtration-capacity properties. Stage-by-stage transformations of rocks were traced. Particular attention is paid to calcitization as the latest process that significantly affects the rocks porosity. The cyclical development of calcitization in the section was revealed, which, apparently, is explained by secondary superimposed processes - the redistribution of fluids in the rocks of the pre-Jurassic section.*

**Keywords:** Jurassic clastic rocks, secondary processes, calcitization, Verkhesalym area, Western Siberia.

---

**For citation:** Tugarova M.A., Zhigulina D.I., Supey V.V., Kaygorodtsev E.B., Ilyushin D.V. Vtorichnye protsessy v yurskikh oblomochnykh porodakh-kollektorakh Verkhnesalymskoy ploshchadi Zapadnoy Sibiri [Secondary processes in Jurassic clastic reservoir rocks of the Verkhnesalym area of Western Siberia]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2024, vol. 19, no. 3, available at: [https://www.ngtp.ru/rub/2024/18\\_2024.html](https://www.ngtp.ru/rub/2024/18_2024.html) EDN: KBWXGG

---

### References

Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K., Surkov V.S., Trofimuk A.A., Erv'e Yu.G. *Geologiya nefi i gaza Zapadnoy Sibiri* [Geology of oil and gas of Western Siberia]. Moscow: Nedra, 1975, 680 p. (In Russ.).

Orlova L.V. *Optiko-geometricheskoe opredelenie koeffitsienta uplotnennosti peschanykh porod. Metodicheskie rekomendatsii* [Optical-geometric determination of the compaction coefficient of sand rocks. Guidelines]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 1993, 6 p. (In Russ.).

Platonov M.V., Tugarova M.A. *Petrografiya oblomochnykh i karbonatnykh porod: ucheb.-metod. posob. 2-e izd., pererab. i dop.* [Petrography of clastic and carbonate rocks: educational and methodological manual, 2-nd ed.]. St. Petersburg: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2017, 80 p. (In Russ.).

Selli R.K. *Vvedenie v sedimentologiyu* [Introduction to sedimentology]. Ed. V.N. Kholodova. Moscow: Nedra, 1981, 370 p. (In Russ.).

Shpil'man V.I., Zmanovskiy N.I., Podsova L.L. *Tektonicheskaya karta tsentral'noy chasti Zapadno-Sibirskoy plity 1:2000000* [Tectonic map of the central part of the West Siberian Plate 1:2.000.000]. Tyumen': NATs RN KhMAO, 1998. (In Russ.).

Shutov V.D. Klassifikatsiya peschanikov [Classification of sandstones]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 1967, no. 5, pp. 86-103. (In Russ.).

Shvedenkov G.Yu., Shvedenkova S.V. *Polevye shpaty pod davleniem vody i dvoukisi ugleroda* [Feldspars under pressure of water and carbon dioxide]. Ed. D.V. Kalinin: tr. In-ta geologii i geofiziki AN SSSR, Sib. otd-nie. Novosibirsk: Nauka, 1982, issue 522, 166 p. (In Russ.).

Vassoevich N.B. Teoriya osadochno-migratsionnogo proiskhozhdeniya nefi [Theory of sedimentary-migration origin of oil]. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.*, 1967, no. 1, pp. 137-142. (In Russ.).

Zhero O.G., Kontorovich A.E., Korobeynikov V.P., Kramnik V.N., Smirnov L.V. *Tektonicheskaya karta fundamenta Zapadno-Sibirskoy plity* [Tectonic map of the basement of the West Siberian Plate]. Ed. V.S. Surkova, 2004. (In Russ.).