

# ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСЧАНИКОВ ГАЗОНЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРХНЕГО ТРИАСА СИРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

И.М. Юсеф\*, В.П. Морозов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Песчаники верхнего триаса газонефтяных резервуаров грабена Евфрат Сирии характеризуются определенными минералогическими характеристиками, обусловленными процессами седиментогенеза и диагенеза. При характеристике песчаников использовались методы оптической микроскопии, рентгенографического, электронно-микроскопического и химического анализов. Показано, что изученные песчаники являются кварцевыми. Цементирующим материалом обломочных зерен служат глинистые минералы, аутигенный кварц и карбонаты с небольшой долей аморфного материала.

Исследования на сканирующем электронном микроскопе совместно с дисперсионной рентгеновской спектроскопией показали, что кварц является обломочным и составляет в среднем 70%, в образцах присутствует также до 10% аутигенного кварца. Этими же исследованиями показаны различия в морфологии кварца, которые обнаруживаются во всех образцах.

**Ключевые слова:** песчаник, методы исследования, грабен Евфрат, верхний триас, Сирия

**DOI:** <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.8>

**Для цитирования:** Юсеф И.М., Морозов В.П. Характеристика песчаников газонефтяных резервуаров верхнего триаса Сирии с использованием лабораторных методов анализа. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 4. Ч. 2. С. 356-363. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.8>

## 1. Введение

Целью исследования являлась оценка минерального состава песчаников и его влияния на пористость газонефтяного резервуара верхнего триаса, который называется *Mulussa F* резервуар (*MUF*) и служит важным объектом разведки углеводородов на Ближнем Востоке в Сирии. Обнаруженные газонефтяные поля в грабене Евфрат являются важным источником углеводородов (De Ruiter, 1995). *MUF* резервуар имеет толщину в 450 м (Рис. 1). Он сложен в основном средне- и крупнозернистыми флювиальными газо- и нефтенасыщенными песчаниками, переслаивающимися с пойменными аргиллитами, лагунными и мелководно морскими доломитовыми сланцами и доломитами, которые наиболее развиты в нижней и верхней частях резервуара. В силу большой газо- и нефтенасыщенности песчаников верхнего триаса они служат в регионе основным объектом разведки углеводородов на площади грабена Евфрат, а также их добычи.

## 2. Методы исследования

В работе использованы данные изучения кернового материала. Изучено 55 образцов песчаников, отобранных из 11 скважин, вскрывших верхнетриасовые отложения грабена Евфрат в диапазоне глубин от 1,6 до 4 км. Образцы были охарактеризованы с использованием, на наш взгляд, оптимальных методов исследования: оптического, рентгенографического, спектрометрического и рентгенофлуоресцентного анализов (Шмырина, Морозов, 2013). Оптико-микроскопический анализ служил для определения основных породообразующих минералов и структуры

песчаников. Рентгенографический анализ использовался для определения качественного и количественного минерального состава образцов, что является важным для реконструкции диагенетических изменений пород и оценке углеводородного коллектора (Ferrell, 1998). Сканирующая электронная микроскопия, сопряженная с микронзондовым анализом, обеспечила широкий спектр информации о структуре, морфологии, химическом составе зерен, позволила оценить пространственное распределение зерен в породе и парагенезис аутигенных минералов.

## 3. Результаты и их обсуждение

### 3.1. Кварцевые песчаники и цементирующий материал

Оптико-микроскопические наблюдения совместно с рентгенографическим анализом показали, что обломочные компоненты песчаника занимают в среднем 80% объема породы, а аутигенные минералы, такие как каолинит, иллит, хлорит, сидерит, доломит и ангидрит, занимают в среднем 20% объема породы. Большинство обломочных зерен представлено кварцем (от 50 до 90%), реже обломками пород. Также обнаруживается глинистый материал в виде отдельных пятен и слоёв. Он наиболее широко распространен в мелкозернистых песчаниках и составляет в среднем 10%. Детальная характеристика кварцевых песчаников приведена на рисунке. 2.

В них цементирующего материала может быть довольно мало (Рис. 2а), некоторые образцы содержат до 20% глинистого материала (Рис. 2б) и не относятся к породам-коллекторам. В других песчаниках, являющихся коллекторами, – карбонатные кварцевые песчаники – содержание доломита может достигать 10% (Рис. 2с), а содержание сидерита также до 10% (Рис. 2д). В третьем выделенном

\*Ответственный автор: Ибраhem Юсеф  
E-mail: [ibrahem.youseef@mail.ru](mailto:ibrahem.youseef@mail.ru)

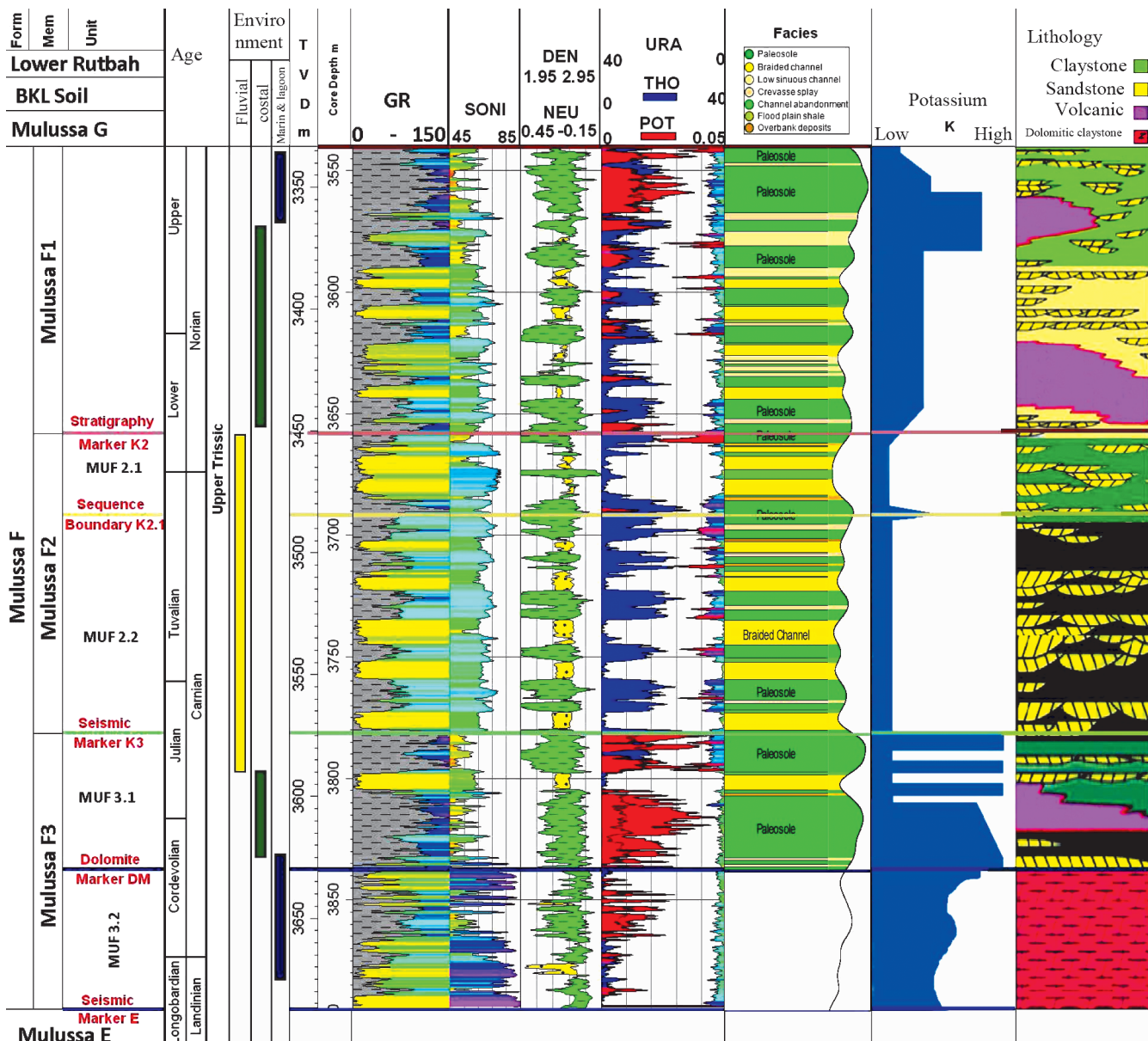


Рис. 1. Литологическая колонка отложений верхнего триаса Евфрат грабена восточной Сирии (Yousef, Morozov, 2017)

типе песчаников содержание каолинита также может достигать величин в 10% (Рис. 2е).

Большинство обломочных зерен песчаника – окатанные или субокатанные, обладают средней и крупнозернистой структурой и различной сортировкой. Степень сортировки обломочного материала ухудшается от мелкозернистых к крупнозернистым песчаникам.

Большинство обломочных зерен песчаников с малым содержанием цемента уплотнены – контакты между обломками плоские, вогнуто-выпуклые. Нередко на обломках кварца наблюдается регенерация. Судя по оптико-микроскопическим наблюдениям, кварцевый цемент является наиболее ранним по сравнению с карбонатами. Большинство кварцевых зерен в песчаниках с относительно высоким содержанием цемента имеют точечные контакты. Размеры обломков варьируют от 250 до 500 мкм и реже достигает 2 мм (Рис. 2f).

Одной из особенностей большинства крупнозернистых песчаников является наличие обломочных зерен кварца с мелкими трещинами, которые более развиты в краевых частях зерен (Рис. 2а). Среди обломков кварца

преобладают монозерна (70%), реже встречаются обломки поликристаллического кварца – сростки (20%). Для тех и других характерна коррозия их поверхностей, а для вторых – еще и коррозия по границам зерен в сростках (Рис. 2f). Полевые шпаты в песчаниках встречаются редко, представлены преимущественно калиевым полевым шпатом. Многие зерна полевого шпата окаймлены хлоритом и иллитом. При катагенезе зерна полевых шпатов становятся неустойчивыми и частично преобразуются в каолинит (Рис. 2f, зерно слева). В некоторых образцах зерна полевого шпата растворяются и замещаются пиритом (Рис. 2g) или каолинитом (Рис. 2е).

Источником зерен кварца, судя по их структуре, служат метаморфические образования. Некоторые зерна кварца при уплотнении разрушались, что проявляется в формировании в них трещин и коррозии поверхности (Рис. 2f).

Среди аксессуарных зерен обнаруживаются тяжелые минералы, представленные турмалином и цирконом, реже эпидотом и монацитом. Непрозрачные аксессуарные минералы представлены обломочным магнетитом и/или ильменитом, реже аутигенным анатазом (Рис. 2h).



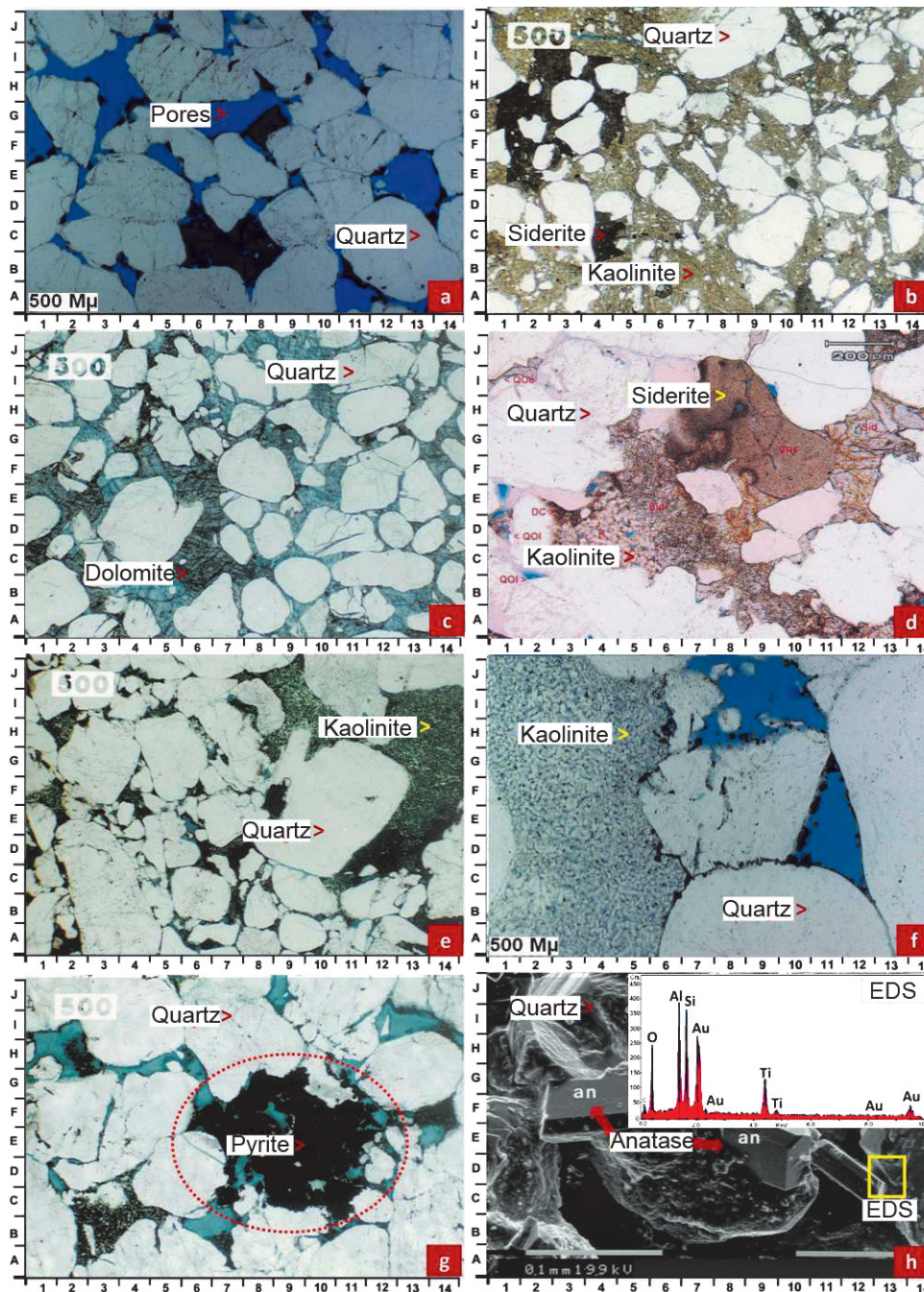


Рис. 2. Фотографии шлифов. Песчаники верхнего триаса: а) – кварцевый песчаник, среднезернистый, умеренно отсортирован; б) – кварцевая граувакка, средне-мелкозернистая; цемент – глинистый материал, частично замещаемый сидеритом; в) – кварцевый песчаник с пойкилитовым доломитом; д) – кварцевый песчаник, обломочные зерна цементирует гипидиоморфный сидерит; е) – кварцевый песчаник, обломочные зерна цементируются вермикулитоподобным каолинитом; ф) – растворение (коррозия) зерен кварца, полевые шпаты замещены каолинитом; г) – микроконкреция пирита, возможно, замещающая глинистый материал; h) – электронно-микроскопическая фотография, зерна аутигенного анатаза нарастают на корродированной поверхности обломочных зерен кварца, приведены данные EDS

Обломочные зерна песчаника весьма часто цементируются глинистым материалом, содержание которого может достигать 10%. Глинистый материал участками образует цемент выполнения, участками слагает сгустковый (пятнистый) цемент. Пустотность песчаника образована гранулярной пористостью, поры довольно хорошо связаны каналами. Часть пор заполнена глинистым материалом, часть остается незаполненной. Среди пор обнаруживаются поры седиментогенные и поры вторичные, образованные за счет растворения полевых шпатов.

### 3.2. Аутигенный кварц и другие аутигенные минералы песчаников

Аутигенный кварц, занимающий от 1 до 13% объема песчаников, обнаруживается во всех образцах за исключением тех, которые классифицируются как кварцевые граувакки. Такой кварц легко обнаруживается и представлен микрокристаллическими удлиненными пирамидальными идиоморфными кристаллами, имеющими размерность около 50 мкм.

Они нарастают на зерна обломочного кварца, формируясь в поровом пространстве песчаников (Рис. 3а). Часто



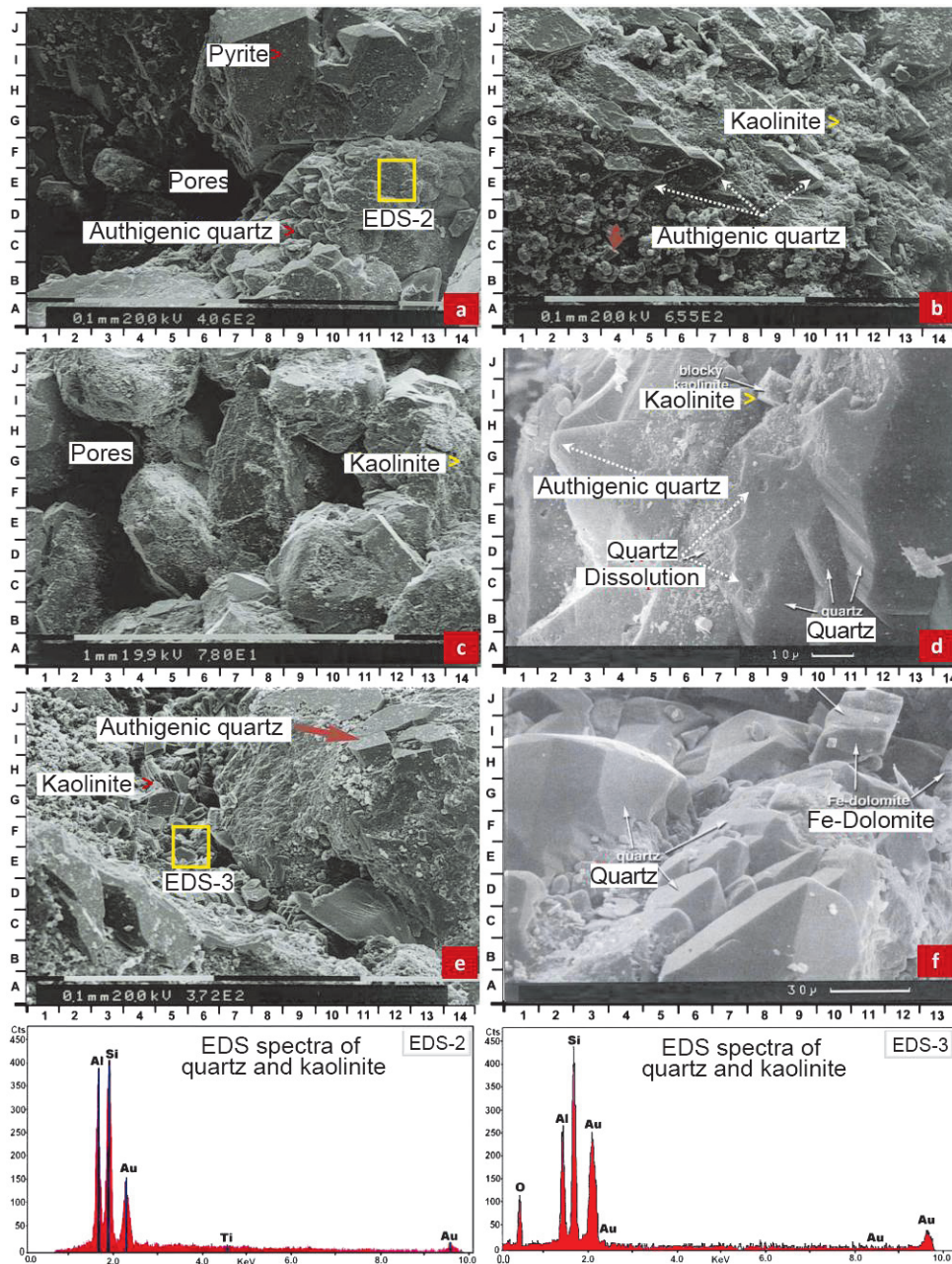


Рис. 3. Электронно-микроскопические фотографии песчаников и спектры ЭДС (внизу): а) – столбчатые разрастания аутигенных кварцевых кристаллов, закрывающих поры; б) – удлиненные пирамидальные разрастания кварца, нарастающие на обломочных зернах; в) – межзерновая пористость, частично заросшая кварцевым цементом; д) – таблитчатые кристаллы аутигенного кварца, нарастающие на обломках; е) – табличное, листообразное разрастание аутигенного кварца; ф) – идиоморфные зерна аутигенного кварца, заполняющие пустотное пространство

зерна такого аутигенного кварца образуют агрегаты параллельно расположенных зерен (Рис. 3б). Можно считать, что аутигенный кварц, также как и каолинит, и сидерит, играет роль цемента и закупоривает поры, снижая тем самым пористость песчаников и связность пор (Рис. 3с). Аутигенный кварц в некоторых исследованных образцах имеет вид поликристаллических сростков, которые имеют тенденцию слегка увеличивать площадь поверхности зерна-хозяина (Рис. 3д, е, ф).

Такой кварц образует радиальный синтаксический цемент, возникающий в результате растворения и роста вокруг обломочных зерен (Рис. 4а). Эта радиальная синтаксическая кварцевая форма цемента соединяет обломочные зерна и блокирует поры или заполняет их (Рис. 4б). В образцах под электронным микроскопом

аутигенный кварц имеет размер от 50 до 100 мкм (Рис. 4с). Этот минерал ассоциирует с гематитом, который образует тонкие дуги вокруг обломочных зерен, указывая, что аутигенный кварц сформирован позже гематита (Рис. 4д). В некоторых интервалах разреза в песчаниках содержится до 2-7 % ангидрита (Рис. 4е), который формирует пойкилитовый цемент и распределен случайным образом в поровом пространстве. В песчаниках иногда встречается сидерит, содержание которого может колебаться от 1 до 23%. Его зерна обнаруживаются в порах и имеют размеры от нескольких микрон до 150 мкм. Они образуют сферические агрегаты размером < 2,5 мм (Рис. 4ф).

Сидерит также можно найти в виде пойкилитового цемента или в виде конкреций, заполняющих пустоты.



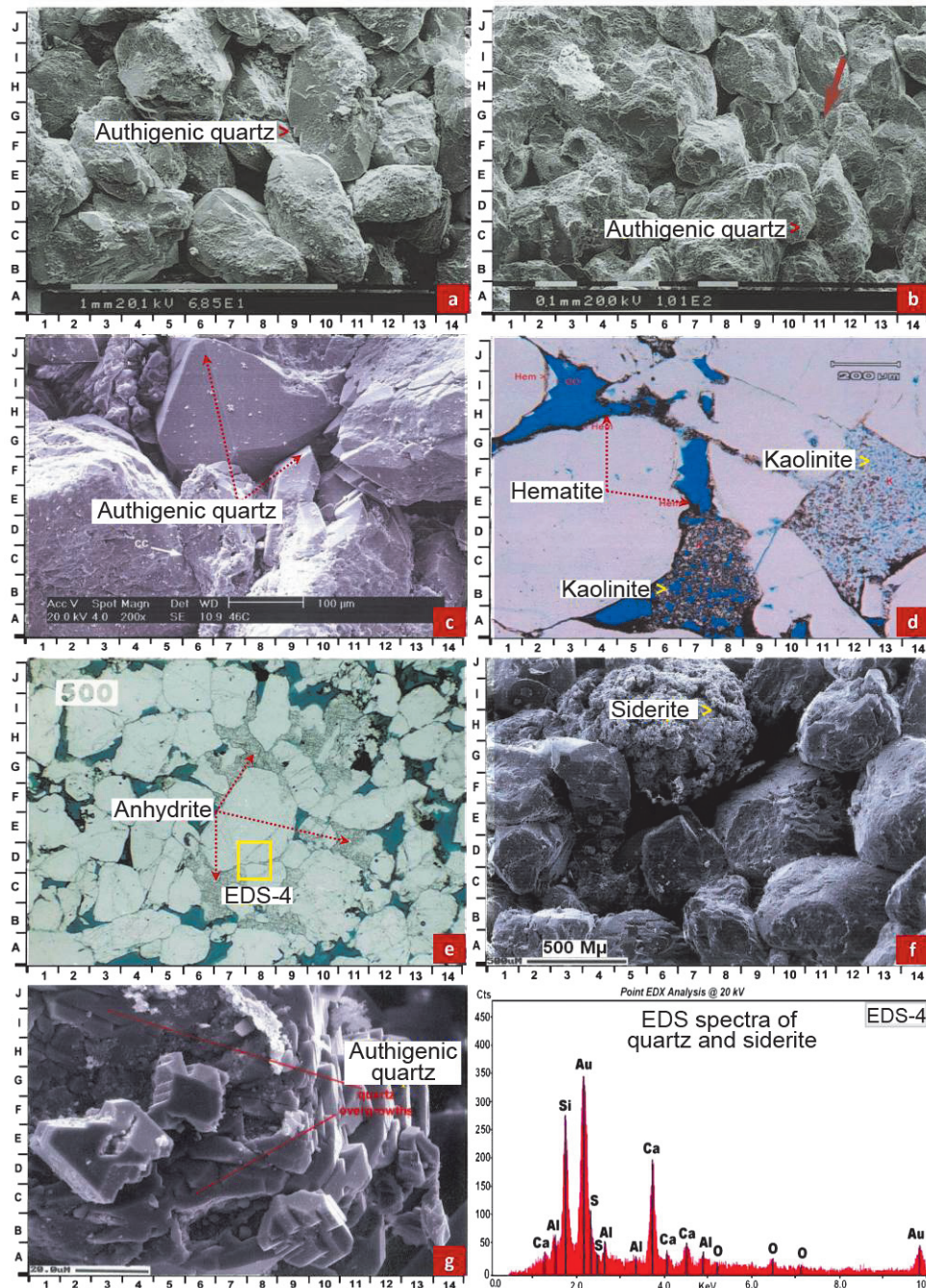


Рис. 4. Фотографии шлифов, электронной микроскопии и ЭДС-спектр. Песчаники: a, b) – разрастание кварца, закупоривающего поры; c) – призматические гелидоморфные кристаллы аутигенного кварца; d) – поры, частично заполненные гематитом и каолинитом; e) – пойкилитовый ангидритовый цемент; f) – конкреция сидерита; g) – зерна обломочного кварца, покрытые аутигенным кварцем и кристаллами сидерита.

Взаимосвязь между сидеритовым цементом аутигенным кварцем показывает, что сидерит является более поздним минералом (Рис. 4g) (Worden, 2003).

### 3.3. Рентгенографический анализ

Для многих образцов песчаников проведен рентгенографический анализ. На дифрактограммах (Рис. 5, табл. 1) показан минеральный состав образцов песчаника. Анализ дифрактограмм показал, что кварц является основным минералом, присутствующим во всех исследованных образцах. Его содержание – от 42 до 80%. Содержание других минералов – калиевый полевой шпат, слюда, альбит, каолинит – меньше. Также обнаруживаются доломит, сидерит, барит, пирит, галит.

Содержание каолинита может достигать 25%. Высокое содержание каолинита в песчаниках, скорее всего, указывает на интенсивное химическое выветривание в теплом влажном климате во время седиментогенеза (Ketzer, 2003). По седиментологическим данным, мы полагаем, что каолинит имеет обломочное происхождение, в основном унаследованное от исходных пород, подверженных интенсивному химическому выветриванию в условиях влажного теплого климата. Он транспортировался и откладывался в речной обстановке (Burley, 1993).

Ограниченные проявления хлорита и иллита могут указывать на прерывание гумидного осадконакопления короткими периодами засухи, которые способствуют ограничению химического выветривания (Bellon, 1994).

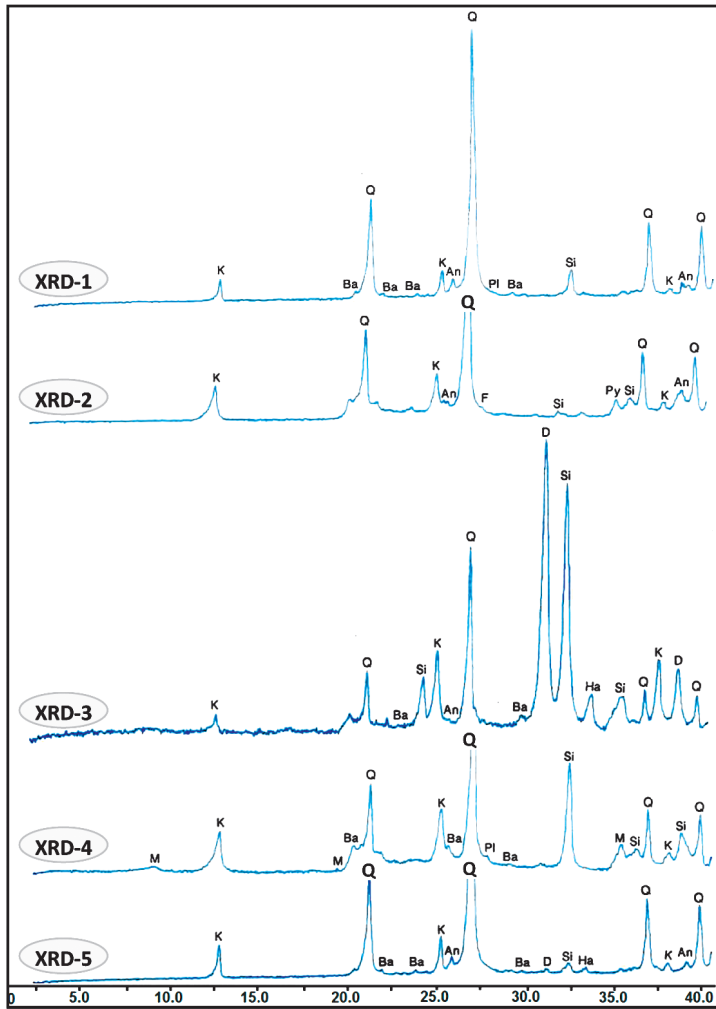


Рис. 5. Дифрактограммы песчанников и их количественный минеральный состав

Песчаник, весь анализ горных пород					
Символ / образец	XRD-1	XRD-2	XRD-3	XRD-4	XRD-5
<b>M</b> слюда	(-)	(-)	(-)	4.21	(-)
<b>K</b> Каолинит	7.40	14.14	7.66	8.14	11.20
<b>Q</b> кварц	81.20	77.49	43.24	67.65	81.18
<b>F</b> К-полевоы шпат	(-)	1.18	(-)	(-)	(-)
<b>D</b> Доломит	(-)	(-)	26.15	0.00	1.66
<b>Si</b> Сидерит	3.53	2.14	17.64	16.69	1.22
<b>An</b> Ангидрит	2.11	1.22	1.00	(-)	1.33
<b>Ba</b> барит	3.14	2.54	2.12	3.01	2.23
<b>Py</b> Пирит	(-)	0.84	(-)	(-)	(-)
<b>Pl</b> Плагиоклаз	2.30	(-)	(-)	(-)	(-)
<b>H</b> Галит	(-)	(-)	2.01	(-)	1.02

Табл. 1. Содержание минералов в песчанниках

Некоторые образцы содержали в разных пропорциях сидерит, доломит, ангидрит, кальцит и пирит (Табл. 1). Мы предполагаем, что названные минералы сформировались при седиментогенезе (кальцит) и диагенезе (сидерит, ангидрит, доломит и пирит).

Кроме того, сканирующая электронная микроскопия, связанная с ЭДС-анализом элементов (ЭДС графики), показала существенное наличие Si, Al, Ti, Fe, Ca, S, Mg и O, слагающие кварц, слоистые силикаты, анатаз, сидерит, пирит, доломит, каолинит, ангидрит.

### 3.4. Рентгенофлуоресцентный анализ

Анализ показал, что в песчанниках наибольшее содержание имеет SiO<sub>2</sub> (главным образом кварц) со средним значением около 62,52% (Табл. 2). Анализ подтвердил также данные электронной микроскопии,

Sample	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	MnO	MgO	CaO	K2O	TiO2	MnO	P 205	LOI	Total
S 1	69.93	16.22	2.09	1.24	0.18	0.003	1.24	0.18	4.62	1.42	0.003	0.009	2.01	99.145
S 2	68.85	14.22	3.22	1.79	1.68	0.033	1.79	1.68	3.64	1.22	0.033	0.008	1.02	99.184
S 3	79.01	14.32	2.23	0.2	0.08	0.002	0.2	0.08	0.21	2.06	0.002	0.055	1.36	99.809
S 4	58.65	28.13	7.77	0.36	0.16	0.013	0.36	0.16	0.96	1.63	0.013	0.136	1.24	99.582
S 5	66.91	13.61	1.31	1.05	0.15	0.121	1.05	0.15	2.2	0.78	0.121	0.057	1.65	89.159
S 6	74.73	13.3	0.62	0.4	0.09	0.023	0.4	0.09	1.11	1.1	0.023	0.015	1.48	93.381
S 7	78.02	15.12	2.58	0.09	0.05	0.001	0.09	0.05	0.26	1.92	0.001	0.032	1.39	99.604
S 8	68.81	21.24	1.99	0.49	0.09	0.001	0.49	0.09	2.03	2.31	0.001	0.026	1.58	99.148
S 9	70.88	22.18	1.19	0.29	0.09	0.001	0.29	0.09	0.78	1.92	0.001	0.014	1.78	99.506
S 10	75.69	12.78	2.48	0.96	0.09	0.001	0.96	0.09	3.1	1.17	0.001	0.043	2.15	99.515
S 11	74.41	13.16	3.37	1.04	0.12	0.002	1.04	0.12	3.37	1.19	0.002	0.024	2.01	99.858
S 12	68.98	15.77	4.18	1.47	0.15	0.002	1.47	0.15	4.4	1.28	0.002	0.002	1.65	99.506
S 13	68.27	15.24	4.71	1.48	0.17	0.002	1.48	0.17	4.41	1.28	0.002	0.009	1.89	99.113
S 14	70.76	14.47	5.89	1.06	0.14	0.003	1.06	0.14	3.41	1.36	0.003	0.018	1.67	99.984
S 15	82.9	11.46	1.23	0.35	0.05	0.002	0.35	0.05	1.02	1.19	0.002	0.018	1.25	99.872
S 16	78.74	15.29	0.94	0.11	0.07	0.004	0.11	0.07	0.08	1.93	0.004	0.067	1.89	99.305
S 17	65.69	23.71	2.77	0.64	0.19	0.003	0.64	0.19	1.9	1.87	0.003	0.02	1.68	99.306
S 18	71.88	15.98	2.77	0.84	0.21	0.002	0.84	0.21	2.93	1.51	0.002	0.012	2.33	99.516
S 19	63.71	17.9	2.73	2.26	0.72	0.006	2.26	0.72	5.42	1.41	0.006	0.002	2.14	99.284
S 20	70.51	14.05	1.87	2.18	0.93	0.042	2.18	0.93	3.95	1.08	0.042	0.08	2.15	99.994
S 21	64.51	13.56	2.86	3.12	3.53	0.087	3.12	3.53	3.4	1.11	0.087	0.06	0.6	99.574
S 22	74.89	13.96	2.59	0.93	0.12	0.001	0.93	0.12	3.19	1.35	0.001	0.023	0.99	99.095
S 23	59.34	13.95	3.96	3.15	4.021	0.065	3.15	4.02	4.04	1.01	0.065	0.01	0.12	96.901
S 24	77.75	12.93	2.21	0.71	0.14	0.002	0.71	0.14	2.37	1.29	0.002	0.024	0.99	99.268
S 25	65.61	21.35	0.97	0.15	0.04	0.001	0.15	0.04	0.32	2.33	0.001	0.134	1.87	92.966
S 26	76.13	18.24	0.58	0.12	0.05	0.001	0.12	0.05	0.33	2.13	0.001	0.081	2.15	99.973
S 27	70.95	20.69	1.92	0.36	0.07	0.002	0.36	0.07	1.25	2.14	0.002	0.122	1.36	99.296
S 28	72.56	19.72	0.74	0.07	0.07	0.002	0.07	0.07	0.04	3.64	0.002	0.039	1.99	99.013

Табл. 2. Рентгенофлуоресцентный анализ (XRF) образцов триасового верхнего песчанника. \*LOI = Потеря при прокаливании при 1050°C



т.е. наличие оксида железа в образцах. Результаты анализа, проведенного для разных образцов, показывают, что песчаники содержат до 5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В единичных случаях его содержание превышает 5%.

Во всех образцах доля SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> довольно существенна, что показывает наличие в них помимо кварца и глинистых минералов. С другой стороны, повышенные значения Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, вероятно, связаны с наличием гематита, сидерита, доломита и кальцита.

#### 4. Заключение

В работе показан минеральный состав песчаников верхнего триаса (грабен Евфрат, Восточная Сирия). В ходе выполнения аналитических работ удалось установить природу минералов, слагающих песчаники, и их влияние на пористость пород. Так, например, хорошая сортировка обломочных зерен и их существенно кварцевый состав является важным фактором, определяющим повышенные значения пористости. С другой стороны, повышенные содержания глинистых и аутигенных минералов (более 10-15%) снижают пористость изученных пород. Основным глинистым минералом является каолинит, сформированный при седиментогенезе. Такую же роль играют и другие слоистые силикаты – хлорит и слюды. Однако другой тип каолинита – аутигенный – наоборот, повышает пористость, т.к. он образуется за счет гидролиза полевых шпатов. Другие аутигенные минералы – кальцит, доломит, сидерит, пирит, обнаруженные между обломочными зернами – приводят к снижению пористости. Использованный комплекс аналитических методов исследования позволил получить сведения, дополняющие и непротиворечивые друг другу.

#### Финансирование

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

#### Литература

- Шмырина В.А., Морозов В.П. Влияние вторичных изменений пород-коллекторов на фильтрационно-емкостные свойства продуктивных пластов БС<sub>11</sub><sup>1</sup> и ЮС<sub>1</sub><sup>1</sup> Кустового месторождения. *Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки*. 2013. Т.155. Кн. 1. С. 95-100.
- Bellon A.S., Mosser C., Roquin C., and Pardo E.S. Geochemical characterization of sedimentary basins by statistical analysis – the Mio – Pliocene sequences of the Vera Basin, SE Spain. *Chemical Geology*. 1994. V. 116. Pp. 229-243.
- Burley S.D. Burial diagenesis. *Blackwell Scientific Publications Oxford*. 1993. V. 15. Pp. 72-76.
- De Ruiter R. C., Lovelock P. R., Nabulsi, N. The Euphrates Graben of eastern Syria: A new petroleum province in the northern Middle East. *The Middle East Petroleum Geosciences, Gulf PetroLink, Bahrain*. 1995. V. 1. Pp. 357-368.
- Ferrell R.E., Hart G.F., and Murthy B. X-ray mineralogical discrimination of depositional environments of the Krishna Delta. *Journal of Sedimentary Research*. 1998. Issue 68. Pp. 148-154.
- Ketzer J.M., Morad S., & Amorosi A. Predictive diagenetic clay-mineral distribution in siliciclastic rocks within a sequence stratigraphic framework. *Clay Mineral Cements in Sandstones, International Association of Sedimentologists Special Publication*. 2003. V. 34. Pp. 43-61.
- Worden R. H., Morad S. Clay minerals in sandstones: A review of the detrital and diagenetic sources and evolution during burial. *International Association of Sedimentologists*. 2003. V. 34. Pp. 3-41.
- Yousef I., Morozov V.P. Structural and mineralogical characteristics of the clay minerals in upper Triassic sandstone reservoir, Euphrates graben, east Syria. *Neftyanoe Khozyaistvo = Oil Industry*. 2017. No. 8. Pp. 68-71 DOI: 10.24887/0028-2448-2017-8-68-71

#### Сведения об авторах

Юсеф Ибраhem – аспирант, кафедра минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанский (Приволжский) федеральный университет Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 4/5 E-mail: ibrahem.youseef@mail.ru

Владимир Петрович Морозов – доктор геол.-мин. наук, профессор, заведующий кафедрой минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанский (Приволжский) федеральный университет Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 4/5 E-mail: Vladimir.Morozov@kpfu.ru

Статья поступила в редакцию 12.05.2017;

Принята к публикации 25.08.2017; Опубликована 30.11.2017

IN ENGLISH

## Characteristics of Upper Triassic Sandstone Reservoirs in Syria using Analysis of Laboratory Methods

I.M. Yousef\*, V.P. Morozov

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

\*Corresponding author: Ibrahem M. Yousef, e-mail: ibrahem.youseef@mail.ru

**Abstract.** The Upper Triassic sandstones of gas-oil reservoirs of Euphrates Graben in Syria are characterized by certain mineralogical characteristics, conditioned by the processes of sedimentogenesis and diagenesis. In the course of the analytical work, it was possible to establish the nature of minerals composing sandstones and their impact on the porosity of rocks. So, for example, a good sorting of detrital grains and their substantial quartz composition is an important factor determining the increased values of porosity. On the other hand, the increased content of clay and authigenic

minerals (more than 10-15%) reduces the porosity of rocks studied.

Methods of optical microscopy, X-ray diffraction, electron microscopy and chemical analysis were used when describing sandstone. It is shown that the studied sandstones are quartz. Clay minerals, authigenic quartz and carbonates with a small fraction of amorphous material serve as cementitious material of detrital grains.

Studies with a scanning electron microscope in conjunction with dispersive X-ray spectroscopy have shown that quartz

is clastic and amounts to an average of 70%, and up to 10% of authigenic quartz is also present in the samples. The same studies show differences in the morphology of quartz, which are found in all samples.

**Key words:** sandstone, research methods, Euphrates Graben, Upper Triassic, Syria

### Acknowledgments

The work was carried out at the expense of the subsidy allocated within the framework of the state support of the Kazan (Volga region) Federal University in order to increase its competitiveness among the world's leading scientific and educational centers.

**For citation:** Yousef I.M., Morozov V.P. Characteristics of Upper Triassic Sandstone Reservoirs in Syria Using Analysis of Laboratory Methods. *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 4. Part 2. Pp. 356-363. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.8>

### References

- Bellon A.S., Mosser C., Roquin C., and Pardo E.S. Geochemical characterization of sedimentary basins by statistical analysis – the Mio – Pliocene sequences of the Vera Basin, SE Spain. *Chemical Geology*. 1994. V. 116. Pp. 229-243.
- Burley S.D. Burial diagenesis. *Blackwell Scientific Publications Oxford*. 1993. V. 15. Pp. 72-76.
- De Ruiter R. C., Lovelock P. R., Nabulsi, N. The Euphrates Graben of eastern Syria: A new petroleum province in the northern Middle East. *The Middle East Petroleum Geosciences, Gulf PetroLink, Bahrain*. 1995. V. 1. Pp. 357-368.
- Ferrell R.E., Hart G.F., and Murthy B. X-ray mineralogical discrimination of depositional environments of the Krishna Delta. *Journal of Sedimentary Research*. 1998. Issue 68. Pp. 148-154.

Ketzer J.M., Morad S., & Amorosi A. Predictive diagenetic clay-mineral distribution in siliciclastic rocks within a sequence stratigraphic framework. *Clay Mineral Cements in Sandstones, International Association of Sedimentologists Special Publication*. 2003. V. 34. Pp. 43-61.

Shmyrina V.A., Morozov V.P. Effects of Secondary Alterations of Reservoir Rocks on the Porosity and Permeability of Productive Formations Bs111 and Us11 at the Cluster Deposit. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*. 2013. V. 155. No. 1. Pp. 95-100 (In Russ.)

Worden R. H., Morad S. Clay minerals in sandstones: A review of the detrital and diagenetic sources and evolution during burial. *International Association of Sedimentologists*. 2003. V. 34. Pp. 3-41.

Yousef I., Morozov V.P. Structural and mineralogical characteristics of the clay minerals in upper Triassic sandstone reservoir, Euphrates graben, east Syria. *Neftyanoe Khozyaistvo = Oil Industry*. 2017. No. 8. Pp. 68-71 DOI: 10.24887/0028-2448-2017-8-68-71

### About the Authors

*Ibrahim Mohammad Yousef* – Geologist, PhD student, Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Kazan (Volga region) Federal University  
4/5 Kremlevskaya St., Kazan, 420008, Russia  
E-mail: [ibrahem.yousef@mail.ru](mailto:ibrahem.yousef@mail.ru)

*Vladimir P. Morozov* – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Head of the Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Kazan (Volga region) Federal University  
4/5 Kremlevskaya St., Kazan, 420008, Russia  
E-mail: [Vladimir.Morozov@kpfu.ru](mailto:Vladimir.Morozov@kpfu.ru)

*Manuscript received 12 May 2017;*

*Accepted 25 August 2017;*

*Published 30 November 2017*