

Постседиментационные преобразования нижнемеловых отложений Большехетской впадины (Западная Сибирь)

© 2019 г. Ю. В. Титов, Г. Х. Шайхутдинова, С. В. Астаркин, В. В. Колпаков,
Н. В. Кожевникова

Филиал ООО “ЛУКОЙЛ-Инжиниринг” “КогалымНИПИнефть” в г. Тюмени, 628481, г. Когалым,
ул. Центральная, 19/18, e-mail: titovoil@k66.ru

Поступила в редакцию 12.10.2018 г., принята к печати 06.12.2018 г.

Объект исследований. В статье приведены результаты изучения вторичного минералообразования в составе нижнемеловых отложений Большехетской впадины, содержащих высокоперспективные нефтегазоносные залежи, с установленной промышленной продуктивностью на Пякяхинском, Хальмерпаутинском и Южно-Мессояхском месторождениях. **Материалы и методы.** Основные типы постседиментационных изменений пород-коллекторов выделены на основании изучения кернового материала покурской, тангаловской, сортымской (заполярной) и мегионской свит. Петрография и минералогия рассматриваемых пород изучались на базе стадийного анализа с применением оптической и электронной микроскопии и рентгеноструктурного изучения в Центре исследования керна и пластовых флюидов Филиала ООО “ЛУКОЙЛ-Инжиниринг” “КогалымНИПИнефть” в г. Тюмени (г. Когалым). Определение минерального вида цеолита было выполнено с помощью рентгенофазового анализа в Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург). **Результаты.** Установлено, что для пород перечисленных выше свит характерен разнообразный комплекс вторичных минералов и структур, свидетельствующих о стадии фоновых катагенеза и наложенных процессах. Наибольшее значение среди них имеет регенерация кварца, преобразование полевых шпатов, нарушение кристаллической структуры биотита, формирование различных глинистых минералов, кристаллизация цеолитов и кальцита. **Выводы.** Проведенные исследования показывают, что верхняя часть разреза нижнемеловых отложений Большехетской впадины отвечает зоне среднего катагенеза (градация МК2), нижняя – изменена до стадии глубокого катагенеза (градация МК3). При этом эпигенетический процесс протекал неравномерно, пульсационно, в связи с изменяющимися тектоническими условиями. Особое внимание уделено вопросу происхождения цеолитов, который до сих пор является дискуссионным. Высказывается предположение о том, что их образование связано с преобразованием “камуфлированной пирокластике”, в частности полевошпатовой кластике.

Ключевые слова: Большехетская впадина, нижний мел, терригенные породы, аутигенные минералы, катагенез

Manifestations of post-sedimentation processes in the Lower Cretaceous sediments of Bolshekhetskaya depression (Western Siberia)

Yury V. Titov, Gulnara Kh. Shaikhutdinova, Sergey V. Astarkin,
Vitaliy V. Kolpakov, Natalya V. Kozhevnikova

Branch of ООО “LUKOIL-Engineering” “KogalymNIPIneft” in Tyumen, 19/18 Tsentralnaya st., Kogalym
628481, Russia, e-mail: titovoil@k66.ru

Received 12.10.2018, accepted 06.12.2018

Object. The article presents the results of studies of secondary mineral formation in the lower Cretaceous sediments of the Bolshekhetskaya depression, which contain highly promising oil and gas deposits, with established industrial performance at Pyakyakhinskoye, Khalmerpayutinskoye and South-Messoyakhskoye fields. The objects under consideration are located in the most submerged part of the Nadym-Taz syncline in the zone, where the Taz and Urengoy facies regions meet. **Materials and methods.** Main types of postsedimentary changes of reservoir rocks selected on the basis of study of core material Pokurskaya, Angelovskaya, Sortymskaya and Megionskaya fms. Petrography and Mineralogy of the rocks under consideration were studied on the basis of stage analysis using optical and electron microscopy, and X-ray diffraction study at the Center of core and reservoir fluids research of “LUKOIL-Engineering’s KogalymNIPIneft branch In Tyumen” (Kogalym). Determination of the mineral type of zeolite was performed by X-ray phase analysis at the Institute of Geology and Geochemistry UrO RAS (Ekaterinburg). **Results.** It was found that for rocks Pokurskaya,

Для цитирования: Титов Ю.В., Шайхутдинова Г.Х., Астаркин С.В., Колпаков В.В., Кожевникова Н.В. (2019) Постседиментационные преобразования нижнемеловых отложений Большехетской впадины (Западная Сибирь). *Литосфера*, **19**(1), 48–58. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-1-48-58

For citation: Titov Y.V., Shaikhutdinova G.Kh., Astarkin S.V., Kolpakov V.V., Kozhevnikova N.V. (2019) Manifestations of post-sedimentation processes in the Lower Cretaceous sediments of Bolshekhetskaya depression (Western Siberia). *Litosfera*, **19**(1), 48–58. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-1-48-58

Angelovskaya, Sortymskaya and Megionskaya fms characteristic a diverse range of secondary minerals and structures, evidence of the background stage catagenesis and the superimposed processes. The most important among them is the regeneration of quartz, the transformation of feldspar, violation of the crystal structure of biotite, the formation of various clay minerals, crystallization of zeolites and calcite. *Conclusions.* Studies show that the upper part of the section of the lower Cretaceous deposits of Bolshekhetskaya depression corresponds to the area of the middle catagenesis (gradation MK₂), the bottom – changed to the stage of deep catagenesis (gradation MK₃). In this case, the epigenetic process proceeded unevenly, pulsation, due to changing tectonic conditions. Particular attention is paid to the origin of zeolites, which is still debatable. It is assumed that their formation is associated with the transformation of “camouflage pyroclastic” in particular, feldspar clastics.

Keywords: Bolshekhetskaya depression, Lower Cretaceous, terrigenous rocks, autigenic minerals, catagenesis

ВВЕДЕНИЕ

Нижнемеловые отложения Большехетской впадины, содержащие высокоперспективные нефтегазовые залежи, с установленной промышленной продуктивностью на Пякяхинском, Хальмерпаютинском и Южно-Мессояхском месторождениях (территория деятельности ООО “ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь”), характеризуются минералогическими (катагенетическими) аномалиями. Как правило, они выражаются в резком возрастании количества аутигенных минералов и их парагенетических ассоциаций, не характерных для определенной стадии изменения пород. Подобные аномальные зоны имеют значительную площадь распространения, и их развитие связано с миграцией потоков флюидов по действующим глубинным разломам, проникающим из фундамента на различные уровни осадочного чехла [Предтеченская и др., 2009; Поднебесных, Овчинников, 2015].

В настоящее время вопросу изучения катагенетических изменений нефтегазоносных пород нижнемеловых отложений в пределах Большехетской впадины уделяется достаточно большое внимание, поскольку структура пустотно-порового пространства напрямую зависит от постседиментационных процессов, что в конечном счете влияет на коэффициент извлечения нефти и уровень добычи углеводородного сырья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные типы постседиментационных изменений пород-коллекторов выделены на основании изучения кернового материала покурской, тангаловской, сортымской (заполярной) и мегионской свит в пределах Пякяхинского, Хальмерпаютинского, Северо-Хальмерпаютинского, Южно-Мессояхского и Салекаптского месторождений.

Рассматриваемые объекты находятся в наиболее погруженной части Надым-Тазовской синеклизы [Нестеров, 1984] в зоне сочленения Тазовского и Уренгойского фациальных районов [Решения..., 1991] – (рис. 1). На большей части этой территории развит тазовский тип разреза (литолого-фациальный разрез – ЛФР), где в его составе вы-

деляются (снизу вверх): мегионская, заполярная, малохетская и покурская свиты, в уренгойском: сортымская и тангаловская свиты. При этом Пякяхинское месторождение находится в переходной зоне, в пределах которой присутствуют элементы разных типов.

Вторичные преобразования были изучены с использованием метода стадийного анализа [Япаскурт, 2008]. Петрография и минералогия рассматриваемых пород изучалась с применением оптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа. Указанные работы были выполнены в Центре исследования керна и пластовых флюидов Филиала ООО “ЛУКОЙЛ-Инжиниринг” “КогалымНИПИнефть” в г. Тюмени (г. Когалым). Кроме того, определение минерального вида цеолита было выполнено с помощью рентгенофазового анализа в Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Среди наиболее важных вторичных минералов и структур, свидетельствующих о постседиментационных процессах при формировании рассматриваемых пород, могут быть названы такие, как регенерация кварца, преобразование полевых шпатов, нарушение кристаллической структуры биотита, формирование различных глинистых минералов, кристаллизация цеолитов и кальцита, а также характер контактов между песчаными зернами.

Регенерация кварца развита повсеместно, но в различной степени. Чаще всего она умеренная (затронуты до 10–25% зерен), реже слабая (до 10%), в единичных случаях сильная (свыше 25%). Регенерация выражена в виде частичного восстановления кристаллографических граней, образования прерывистых каемок различной толщины (до 0.03 мм) (рис. 2), редко в форме шипов. Интенсивность проявления этого процесса, вероятно, связана с поступлением кремнезема, выделяемого из кристаллических решеток глинистых минералов при их трансформации в хлориты [Япаскурт, 2013].

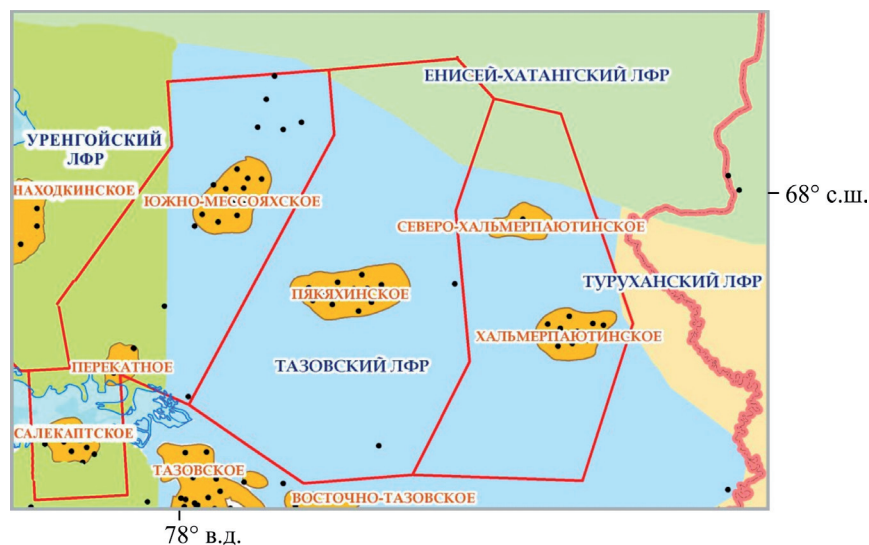


Рис. 1. Схема литолого-фациального районирования (ЛФР) неокомских отложений Большехетской впадины [Решения..., 1991].

1 – Уренгойский ЛФР, 2 – Тазовский ЛФР, 3 – Енисей-Хатангский ЛФР, 4 – Туруханский ЛФР, 5 – границы лицензионных участков, 6 – границы ЯНАО, 7 – месторождения, 8 – акватории Обской и Тазовской губ, 9 – пробуренные скважины.

Fig. 1. The scheme of the lithological-facial zoning (LFZ) of Neocomian deposits of Bolshekhetskaya depression [Decisions..., 1991].

1 – Urengoi LFZ, 2 – Tazovskoe LFZ, 3 – Enisei-Khatanga LFZ, 4 – Turukhansk LFZ, 5 – borders of licence plots, 6 – borders Yamal-Nenets Autonomous District, 7 – Fields, 8 – water areas of Ob and Tazovskoe Guby, 9 – wells.

Преобразование полевых шпатов. Интенсивной пелитизации (до 40 % зерен), серицитизации (до 15 %) и растворению (до 5 %) подверглись плагиоклазы. В результате уменьшилась прозрачность зерен до полного их затемнения с

образованием глинистых минералов, в том числе мелких чешуек калиевых гидрослюд. В отложениях сортымской (заполярной) свиты Пяяхинского и Северо-Хальмерпаютинского месторождений в обломочных зернах плагиоклазов на-

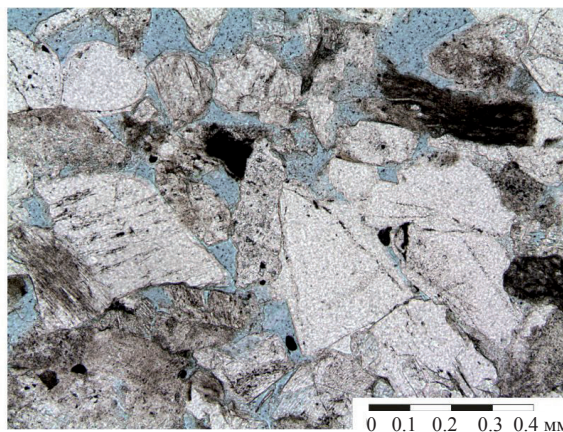
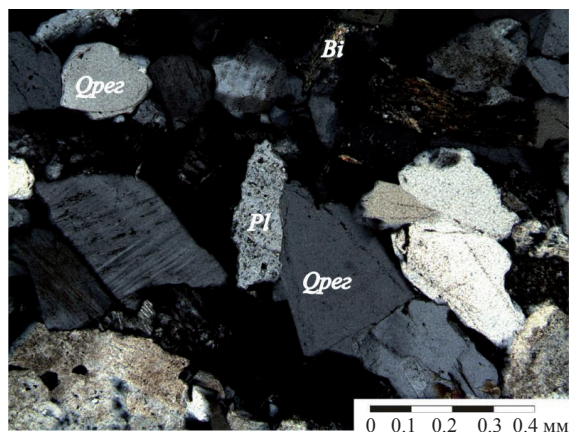


Рис. 2. Вторичные изменения нижнемеловых отложений Большехетской впадины (на примере тангаловской свиты Салекаптского месторождения).

Qreg – регенерационный кварц, *Pl* – измененный плагиоклаз, *Bi* – гидратированный биотит. Скрещенные и параллельные николи.

Fig. 2. Secondary changes of the lower Cretaceous deposits of Bolshekhetskaya depression (for example, Tangelovskaya Formation of Salekaptskoye field).

Symbols: *Qreg* – regeneration quartz, *Pl* – modified plagioclase, *Bi* – hydrated biotite. Cross and parallel nicols.

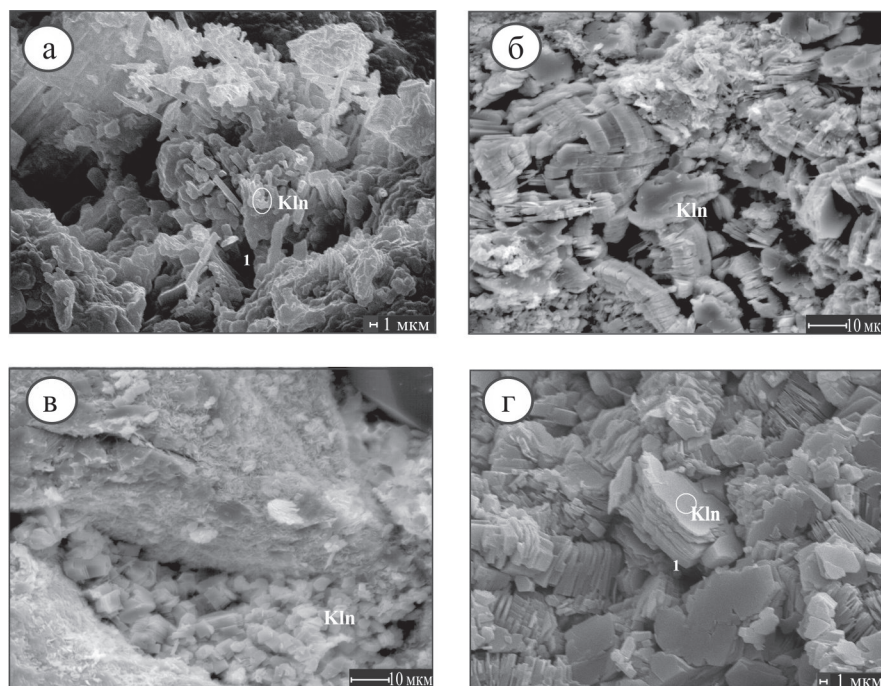


Рис. 3. Характеристика порового пространства по СЭМ-снимкам песчаников.

Таблитчатые кристаллы аутигенного каолинита (*Kln*) образуют доменоподобные микроагрегаты.

а, б – покурская свита Южно-Мессояхского и Пякяхинского месторождений соответственно; в, г – тангаловская свита Пякяхинского и Салекаптского месторождений соответственно. Здесь и далее (рис. 4–8) поровое пространство характеризуется с помощью СЭМ-снимков.

Fig. 3. Characteristics of the pore space by SEM-images of sandstones.

Tabular crystals of authigenic kaolinite (*Kln*) forming microaggregates.

а, б – Pokorskaya Formation of South-Messoyakhskoye and Pyakyakhinskoye fields, respectively; в, г – Tangelovskaya Fm of Salekaptskoye and Pyakyakhinskoye fields respectively. Here and further (Fig. 4–8) characteristics of the pore space made by SEM-images.

блюдается присутствие новообразованного эпидота. Последний образует рассеянную вкрапленность и скопления с высокими интерференционными цветами.

Гидратация биотита. В ходе этого процесса происходит нарушение кристаллической структуры минерала. При этом пластинки его деформируются, расщепляются на отдельные волокна и приобретают зеленовато-бурую плеохроирующую окраску (см. рис. 2). В песчаниках сортымской (заполярной), особенно мегионской свиты Северо-Хальмерпаютинского, Хальмерпаютинского и Салекаптского месторождений на пластинках биотита отмечается появление рассеянной вкрапленности сидерита, иногда пирита, что в большей степени связано с выносом части K^+ из межслоевых промежутков, а также Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} [Япаскурт, 2008]. Весьма распространено развитие хлорита по отдельным волокнам биотита, сопровождающееся приобретением зеленоватой окраски и слабого плеохроизма. В ходе интенсивного выноса щелочей при гидратации биотита повышается щелочность интерстиционных растворов и, как следствие, про-

исходит активизация коррозии и частичное растворение некоторых аллотигенных компонентов.

Глинистые минералы, наряду с цеолитами и кальцитом, широко распространены в качестве цементирующего вещества. Чаще всего это каолинит, выполняющий поры. По результатам рентгеноструктурного анализа (РСА) содержание этого минерала варьирует от 10 до 38% от объема глинистого составляющего цемента. По РЭМ-снимкам в порах песчаных пород можно отчетливо наблюдать шестигранные пластинки аутигенного каолинита различной толщины, иногда деформированные (рис. 3). Предполагается, что образование каолинита связано с высвобождением калия при преобразовании калиевых полевых шпатов и гидратации биотита [Юдович, Кетрис, 2008]. Следует отметить, что с увеличением глубины залегания пород процесс каолинизации проявлен в меньшей степени, а его генерация в нижних частях разреза отличается более совершенными кристаллами.

В тесном парагенезисе с каолинитом в рассматриваемых породах присутствует гидрослюда (иллит), формирующая сплошные и прерывистые ка-

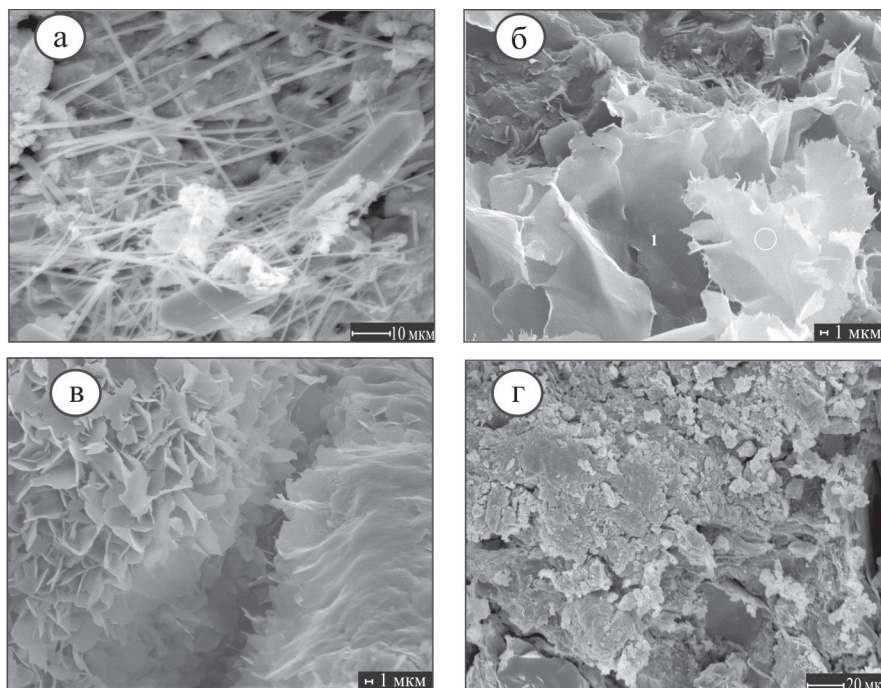


Рис. 4. Глинистое вещество в поровом пространстве.

а – неравномерное скопление микроагрегатов иллит-каолинитового состава (покурская свита Пякяхинского месторождения); б – агрегаты иллита неправильной листовидной формы (тангаловская свита Салекаптского месторождения); в – микродрузовые чешуйчато-листоватые агрегаты гидробиотита (сортымская свита Пякяхинского месторождения); г – хлорит-гидрослюдистый цемент (мегионская свита Северо-Хальмерпаутинского месторождения).

Fig. 4. Clayed substance in the pore space.

а – uneven accumulation of microaggregates illite-kaolinite composition (Pokurskaya Formation of Pyakyakhinskoye field); б – aggregates of illite, irregular leaf shape (Tangelovskaya Fm of Salekaptskoye field); в – scaly-fissile assemblies hydrobiotite Sortymskaya Fm of Pyakyakhinskoye field); г – chlorite-hydrologist cement (Megionskaya Fm of North Khalmerpayutinskoye field).

емки вокруг зерен полевых шпатов и кварца (плечный цемент). На снимках с РЭМ в составе этих каемок хорошо видны микродрузовые кристаллические и листоватые агрегаты (рис. 4). По данным РСА, содержание упомянутого минерала варьирует от 3 до 58% (табл. 1), с максимумом в заполярной и верхней части мегионской свит Хальмерпаутинского месторождения.

Как показали исследования В.А. Дрица, А.Г. Косовской, О.В. Япаскурта, В.В. Петровой и др., гидрослюды не образуются по субстрату структурно близких к ним минералов. Прекурсорами в этом процессе являются смектиты (монтмориллонит). В то же время непосредственный переход калия в раствор при разрушении калиевых полевых шпатов и большая доступность проницаемых каналов для этих растворов создают благоприятную обстановку для формирования гидрослюды [Юдович, Кетрис, 2008]. Кроме того, образующиеся при этом соли калия и угольная кислота (K_2CO_3) быстро растворяют SiO_2 , образуя между зёрнами микростилолитовые швы.

В качестве цементирующего минерала распространен также хлорит. Из РЭМ снимков следует, что этот минерал встречается в виде двух морфо-

логических разновидностей: хорошо окристаллизованных частиц (рис. 5в) и микродрузовых агрегатов, инкрустированных на стенках пор (см. рис. 5а, б, г). Образование аутигенного хлорита связано в большей степени с трансформацией гидрослюды и смешанослойных образований с выделением Mg^{2+} и Fe^{3+} , а также Al^{3+} из каолинита [Япаскурт, 2008; Юдович, Кетрис, 2008]. При этом высвобождаемый K^+ расходуется на параллельный процесс серицитизации плагиоклазов с выносом Ca^{2+} и формированием аутигенного кальцита.

Цеолиты имеют наибольшее значение среди новообразованных минералов. Их наличие устанавливается уже при визуальной оценке керна, где они проявляются в виде светлых пятен полуовальной и неправильной форм, размер которых может достигать нескольких миллиметров. Иногда количество их составляет до 40% объема породы [Титов, 2014]. В пределах изучаемой территории цеолиты встречаются на глубинах 3138.5–3299.4 м (скв. 32Р Южно-Мессояхского месторождения), 2958.5–3282.7 м (скв. 2020П Пякяхинского месторождения), 3233.8–3248.9 м (скв. 2051 Северо-Хальмерпаутинского месторождения) и 3138.8–

Таблица 1. Результаты определения минерального состава глинистого цемента по месторождениям Большехетской впадины (рентгеноструктурный анализ), %

Table 1. The results of determining the mineral composition of clay cement in the fields of the Bolshekhetskaya Depression (X-ray analysis), %

Свита	Скважина	Глубина отбора, м	Каолинит	Хлорит	Гидро- слода	Смешанослойные образования	Прочие минералы
Хальмерпаутинское месторождение							
Заполярная	2100Р	3139.20	10	25	58	7	Zeol
		3150.16	19	34	42	5	Zeol
		3158.22	19	35	41	5	Zeol, Cal
Мегионская		3226.37	20	49	28	3	Zeol, Cal
		3328.95	18	20	55	7	Cal
		3335.19	21	29	45	5	—
		3358.11	34	50	14	2	—
		3388.91	29	35	32	4	Cal
Северо-Хальмерпаутинское месторождение							
Заполярная	2051П	3344.30	27	49	21	3	Cal, Zeol
		3351.15	33	54	11	2	Cal, Zeol
		3367.63	23	55	19	3	Cal, Zeol
Мегионская		3535.72	30	49	18	3	Cal, Zeol
		3571.84	30	48	19	3	Cal, Pyr
		3633.01	26	49	22	3	Cal
Южно-Мессояхское месторождение							
Покурская Сортымская	32Р	1264.89	61	21	16	2	—
		3247.53	29	40	28	3	—
		3257.15	32	38	27	3	Cal, Zeol
		3309.88	37	32	28	3	—
Салекапское месторождение							
Тангаловская	16Р	2925.89	54	28	16	2	—
		2934.34	47	23	27	3	Преобладает Cal
		2938.13	80	10	8	2	
Сортымская		3737.06	30	48	19	3	—
		3745.19	26	45	26	3	Cal
Пякяхинское месторождение							
Покурская	2020Р	2163.01	81	10	9	85	Cal
		2185.54	89	8	3		—
		2203.19	85	9	6		—
		2235.31	81	10	9	Sid, Pyr	
		2245.09	69	15	14	2	—
Тангаловская		2663.00	71	23	6	71	—
		2733.31	65	30	5	—	
		2958.70	40	41	17	2	—
Сортымская		3120.70	34	40	23	3	Cal, Zeol, Pyr
		3121.78	44	43	11	2	Cal, Zeol
		3129.05	34	41	22	3	Cal, Zeol
		3146.14	38	49	11	2	Cal, Zeol
		3280.95	28	49	20	3	Cal, Zeol
		3411.11	34	50	14	2	—
		3420.14	38	46	14	2	Cal, Pyr

Примечание. Cal – кальцит, Sid – сидерит, Zeol – цеолит, Pyr – пирит, прочерк – содержание не выявлено.

Note. Cal – calsite, Sid – siderite, Zeol – zeolite, Pyr – pyrite, dash – not detected.

3248.3 м (скв. 2100 Хальмерпаутинского газоконденсатного месторождения).

Характер распределения цеолитов более подробно изучен в разрезе Пякяхинского месторождения, где повышенное содержание этого минерала установлено в породах верхней части сортымской сви-

ты (пласты БУ₁₆–БУ₁₀₋₁₁). Содержание цеолитов в ее составе в среднем достигает 8% от объема породы, или 75% от общего объема цемента. В нижележащих пластах БУ₂₁–БУ₁₇ соответственно 6 и 64%.

В ходе минералого-петрографического изучения выявлено, что цеолиты образуют поровый,

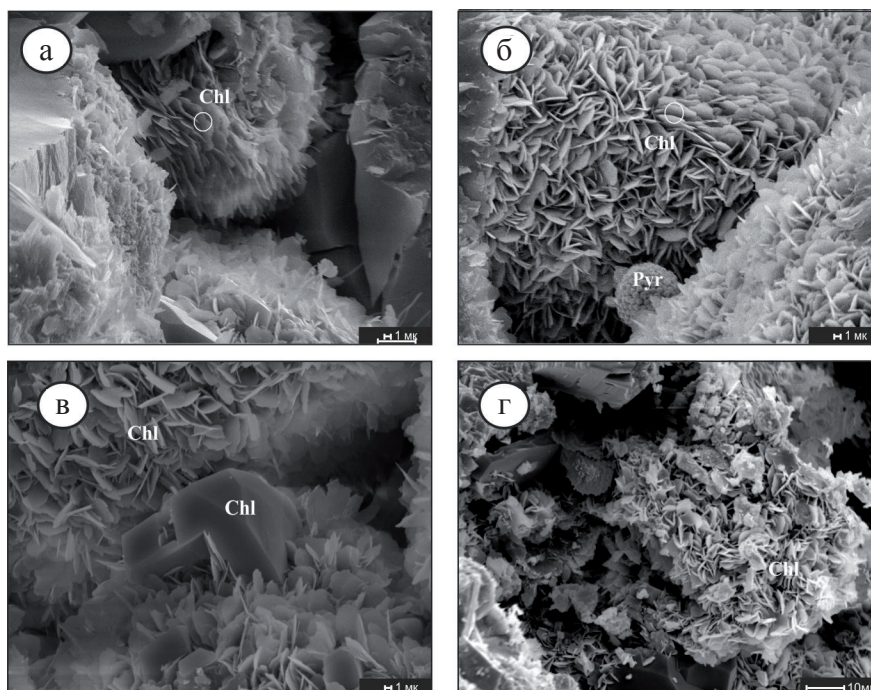


Рис. 5. Микродрозовые образования (*Chl*) в виде чешуйчатых агрегатов и микрокристаллов минералов из группы хлоритов, шаровидные образования пирита (*Pyr*).

а – сортымская свита Салекапского месторождения; б – заполярная свита Южно-Мессояхского месторождения; в – сортымская свита Пякяхинского месторождения; г – мегионская свита Хальмерпаютинского месторождения.

Fig. 5. Microgroove formations (*Chl*) in the form of scaly aggregates and microcrystals of minerals from the chlorite group, globular masses of pyrite (*Pyr*).

а – Sortymorskaya Formation of Salekaptskoye field; б – Zapolarnaya Fm of South-Messoyakhskoye field; в – Sortymorskaya Fm of Pyakyakhinskoye field; г – Megionskaya Fm Khalmerpayutinskoye field.

иногда базальный пойкилитовый цемент, на долю которого приходится от 2 до 19% объема породы. При этом иногда они полностью замещают полевые шпаты. По наблюдениям в растровом электронном микроскопе, цеолиты образуют агрегаты из призматических кристаллов с совершенной спайностью и хорошо выраженной ступенчатостью (рис. 6). Идентификация цеолитов выполнена по данным рентгенофазового анализа. В результате было установлено, что в изученных образцах цеолиты представлены ломонтитом, в виде его кальциевой разновидности ($\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Аналогичные результаты были получены А.Д. Коробовым с соавторами [2008] при исследовании эпигенетических изменений пород по керну скв. 2051 Северо-Хальмерпаютинской площади и подтверждаются рядом других исследований нижнемеловых отложений севера Западной Сибири [Шиманский, 2013; Поднебесных, 2014].

В настоящее время установление генетической природы минералов из группы цеолитов, выявленных в составе нижнемеловых отложений Большехетской впадины, является наиболее дискуссионной проблемой. На основе физико-химических свойств и приуроченности определенных ассоциаций цео-

литов к определенным фациям А.Г. Коссовская [Котельников, Зинчук, 2004] выделила шесть цеолитовых фаций. По мнению А.Д. Коробова с соавторами [2008], образование ломонтита связано с гидротермально-метасоматическими процессами, сопряженными с тектоно-гидротермальной активизацией. Согласно классификации А.Г. Коссовской, их следует относить к фации наложенного гидротермального метаморфизма.

На основании анализа минеральных ассоциаций А.Д. Коробовым с соавторами установлено, что породы в интервале глубин 3343.0–3638.9 м Северо-Хальмерпаютинской площади испытали главным образом низкотемпературную, частично среднетемпературную пропилитизацию. Однако, учитывая специфику выделенных фаций, предполагающих напряженную термобарическую обстановку, следует ожидать проявления не только соответствующих парагенезов минеральных ассоциаций, но и новых структур рекристаллизационно-грануляционного бластеза на контактах обломков. Последние описаны при исследовании нижнемелозойских пород тюменской сверхглубокой скважины СГ-6 [Япаскурт, Горбачев, 1997], где связаны с периодами тектоно-гидротермальной акти-

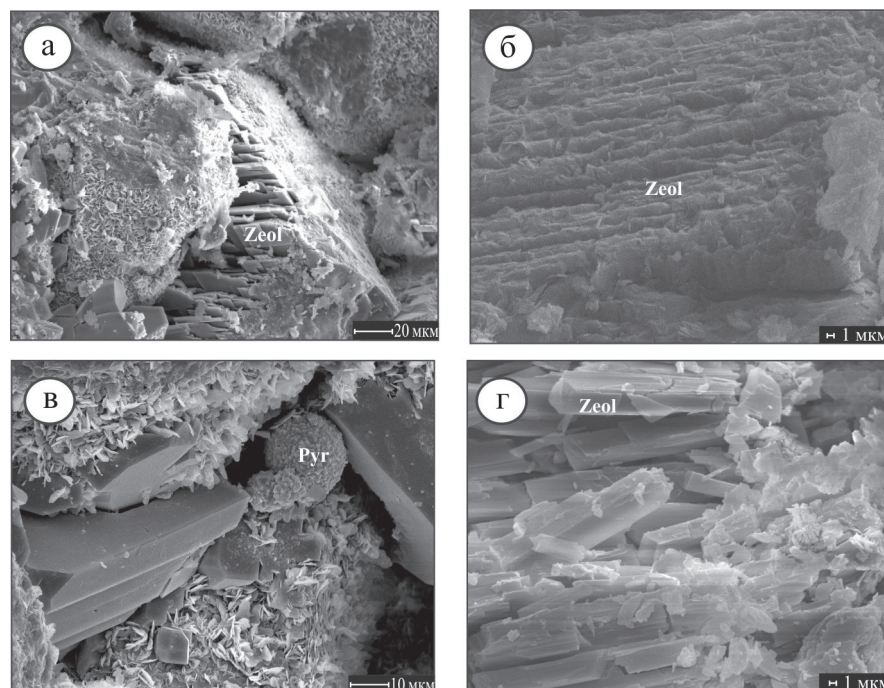


Рис. 6. Кристаллически-зернистый цеолитовый цемент и призматические агрегаты цеолитов.

а – запольная свита Северо-Хальмерпаутинского месторождения; б – сортымская свита Южно-Мессояхского месторождения; в, г – сортымская свита Пяяхинского месторождения.

Fig. 6. Crystal-grained zeolite cement and prismatic aggregates of zeolites.

а – Zapolnaya Fm of North Khalmerpayutinskoe field; б – Sortymskaya Fm of South-Messoyakhskoye field; в, г – Sortymskaya Fm of Pyakyakhinskoye field.

визации. В ходе данной работы кристаллобластические признаки в цеолитсодержащих породах не выявлены, что заставляет усомниться в наличии метagenетических проявлений в пределах изучаемой территории.

Не вызывает сомнения, что новообразованные цеолиты в нижнемеловых отложениях имеют наложенный характер, проявляющийся избирательно. Их образование, вероятно, связано с преобразованием “камуфлированной пирокластики” [Котельников, Зинчук, 2004], в частности, полевошпатовой кластики. Можно предположить, что в периоды тектонической активизации циркулирующие высокотемпературные растворы, обогащенные натрием, алюминием и кремнием, выщелоченными из вмещающих пород, воздействовали на обломки плагиоклазов, образуя аутигенный альбит [Коробов и др., 2013], наблюдаемый на РЭМ снимках Пяяхинского месторождения (рис. 7). При этом освобожденный кальций мог фиксироваться не только в кальците, но и в ломонтите. На связь катагенетической альбитизации и ломонтита обращают внимание также и Я.Э. Юдович и М.П. Кетрис [2008] при исследовании полевошпатовых, кварц-полевошпатовых, полевошпат-кварцевых граувакк Предуральяского прогиба и восточного склона Южного Урала.

Кальцит тоже занимает существенное место среди вторичных образований рассматриваемых песчаников. Это разнокристаллический минерал, чаще всего образующий базальный пойкилитовый цемент, который составляет иногда до 20% площади шлифа (рис. 8). На всем протяжении разреза он распределен неравномерно, что может быть связано с влиянием инфильтрационных либо эксфильтрационных притоков водных растворов, миграции которых вызвали тектонические процессы [Япаскурт, 2008]. Иногда даже встречаются отдельные кристаллы призматической формы размером до 0.15 мм.

Новообразованный кальцит, преобладающий среди аутигенных минералов в нижней части разреза (мегионская свита), мог образовываться за счет растворения минералов, содержащих кальций, так как при уплотнении горных пород на достаточно больших глубинах в соответствующих термодинамических условиях отделяется связанная (химически и физически) вода, которая оказывает большое влияние на процессы растворения, а также минерального новообразования [Юдович, Кетрис, 2008]. В этом ракурсе могут быть рассмотрены полевые шпаты, в частности плагиоклазы и хлориты. Не стоит исключать также привнос каль-

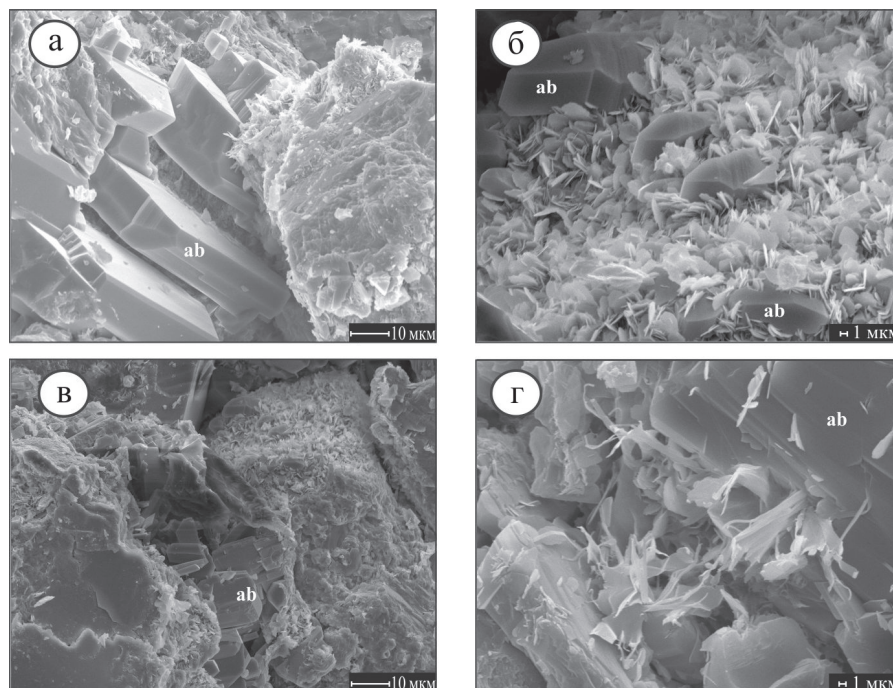


Рис. 7. Таблитчатые кристаллы и пластинчатые агрегаты вторичных щелочных полевых шпатов (альбит – ab) (сортымская свита Пякяхинского месторождения).

Fig. 7. Tabular crystals and lamella aggregates of secondary alkali feldspars (albite – ab) (Sortymenskaya Formation Pyakyakhinskoye field).

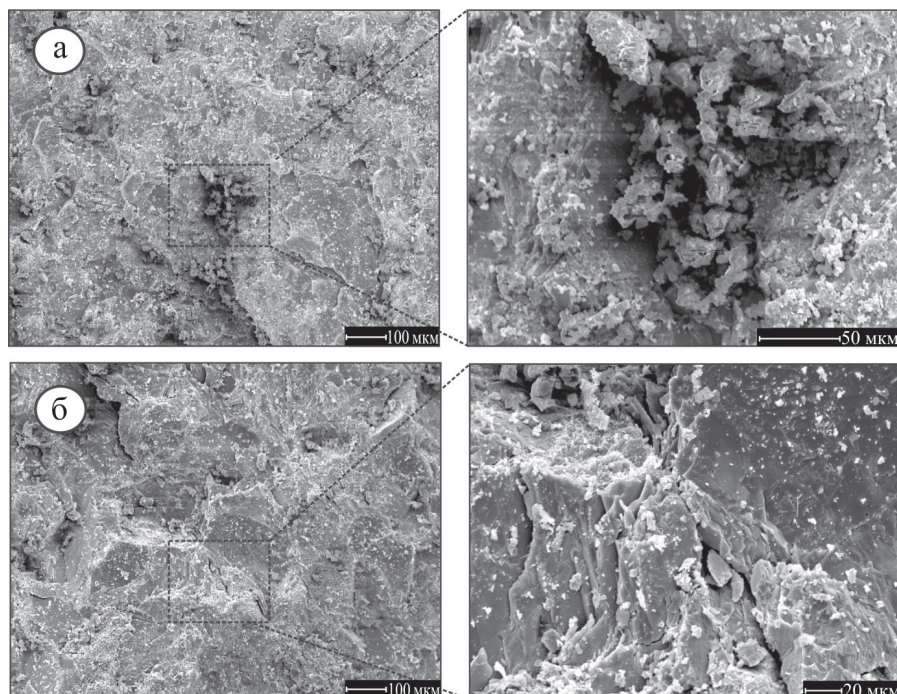


Рис. 8. Пористое пространство, выполненное кристаллическими агрегатами кальцита (а), многослойчатыми образованиями микрокристаллического кальцита (б) (мегионская свита, Хальмерпаяутинское месторождение).

Fig. 8. The pore space is made by: crystalline aggregates of calcite (a), manylamination formations of microcrystalline calcite (б) (Megionskaya Formations, Khalmerpayutinskoye field).

ция элизионными водами, которые при уплотнении отжимались из глинистых толщ, подстилающих песчаники.

Лейкоксен, эпидот, пирит, марказит, сидерит. Выделения лейкоксена иногда образуют извилистые и прерывистые пленки вокруг обломочных зерен. По мнению О.С. Кочеткова, происхождение этого минерала рассматривается как результат стяжений TiO_2 из вмещающего углисто-глинисто-слюдистого матрикса в ходе катагенетических процессов [Юдович, Кетрис, 2008].

Аутигенный эпидот в рассматриваемых породах присутствует в виде мелких зерен неправильной формы и тонкоагрегатных скоплений. Первая разновидность имеет прозрачную, слабо окрашенную зеленовато-желтую окраску, высокое двупреломление и яркие цвета интерференции. Зерна часто растресканные, размер их достигает 0.05 мм. Вторая разновидность, как уже было отмечено, развивается по зернам полевых шпатов в виде рассеянной вкрапленности. А.Д. Коробов с соавторами [2008] связывают формирование аутигенного эпидота с частичным растворением минералов-аналогов, локальным перераспределением и перетолжением химических компонентов.

Сульфиды железа представлены парагенезисом двух полиморфных модификаций – пиритом и марказитом. Они распространены неравномерно по разрезу всех изучаемых стратиграфических подразделений. Повышенные содержания сульфидов отмечаются в отложениях покурской свиты Южно-Мессояхского месторождения (до 2%). В остальных свитах встречаются единичные кристаллы, иногда до 1%. Для пирита характерны кристаллические и фрамбоидальные образования размером 0.05–0.2 мм (см. рис. 5б) и тонкая вкрапленность неправильной формы, а марказит образует преимущественно звездчатые агрегаты диаметром 0.04–0.06 мм. Как уже упоминалось, наиболее вероятными условиями формирования пирита и марказита являются катагенетическое изменение биотита или абиогенная термальная сульфат-редукция под воздействием углеводородных газов [Юдович, Кетрис, 2008].

По мере нарастания степени катагенеза увеличивается количество сброшенного железа и магния при трансформации слюды. При этом высвобожденное железо может фиксироваться в аутигенном сидерите, иногда образуя псевдоморфозы по биотиту. Распределение сидерита неравномерное, отмечается с глубины 2934.34 м (заполярная свита Салекаптского месторождения), 3344.30 м (сортымская свита Северо-Хальмерпаютинского месторождения), 3358.11 (сортымская свита Хальмерпаютинского месторождения).

Немаловажным показателем являются контакты аллотигенных компонентов. Так, в верхней части разреза (покурская, тангаловская свиты) преобладают точечные, прямолинейные и, в единич-

ных случаях, конформные контакты между песчаными зернами. Сверху вниз по разрезу (сортымская, мегионская свиты) увеличивается количество выпукло-вогнутых сочленений, появляются инкорпорационные виды зерновых контактов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований выявлен ряд особенностей вторичных изменений в отложениях нижнего мела Большехетской впадины. Для нижнемеловых отложений установлено, что алеврито-песчаные породы характеризуются разнообразным комплексом аутигенных минералов и структур, свидетельствующих о стадии фонового катагенеза и о наложенных процессах. При этом верхняя часть разреза изучаемых отложений (покурская, тангаловская) отвечает зоне среднего катагенеза (градация MK_2), характеризующейся интенсивной регенерацией кварца, внутрислойным растворением неустойчивых слюд и полевых шпатов, гидрослюдизацией, хлоритизацией и кальцитизацией.

Анализ нижней части разреза (сортымская, мегионская свиты) показал, что породы преобразованы до стадии глубокого катагенеза (градация MK_3). Хорошими показателями такой степени изменения являются наличие в зернах кварца прерывистых регенерационных каемок и частично восстановленных кристаллографических граней, замещение полевых шпатов, наличие ассоциации хлорит-гидрослюда, ломонтит в парагенезисе с эпидотом и кальцитом, доминирование конформных межзерновых контактов. При этом эпигенетический процесс протекал неравномерно, пульсационно, в связи с изменяющимися тектоническими условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Коробов А. Д., Коробова Л. А., Ахлестина Е. Ф. (2008) Минеральные ассоциации продуктов гидротермального изменения – ключ к пониманию возникновения зон разуплотнения и фазовой зональности углеводородов (на примере Западной Сибири). *Изв. Саратов. университета*, 8(1), 42–49.
- Коробов А.Д., Коробова Л.А., Колотухин А.Т., Мухин В.М., Гордина Р.И. (2013) Об участии рассолов в гидротермальной альбитизации, сопровождающей формирование продуктивных коллекторов чехла (Западная Сибирь). *Известия Саратовского ун-та*, 13(2), 61–68.
- Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. (2004) Условия образования и эволюции цеолитов в осадочном чехле земной коры. *Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка*, 4, 19–24.
- Нестеров И.И. (1984) Структурная схема районирования чехла Западно-Сибирской плиты по подошве Юрско-Кайнозойского плитного комплекса, масштаб: 1 : 500 000. URL <http://neotec.ginras.ru>
- Поднебесных А. В. (2014) Проблемы диагностики цео-

- литов и влияние их наличия на разработку продуктивных отложений Мессояхской группы месторождений. *Изв. Томского политехн. ун-та*, **324**(1), 137-145.
- Поднебесных А.В., Овчинников В.А. (2015) Основные типы вторичных изменений пород-коллекторов осадочного чехла Западно-Сибирской плиты. *Вестн. Томского гос. ун-та*, **400**, 393–403.
- Предтеченская Е.А., Шиганова О.В., Фомичев А.С. (2009) Катагенетические и гидрохимические аномалии в ниже-среднеюрских нефтегазоносных отложениях Западной Сибири как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений. *Литосфера*, (6), 54-65.
- Решения 5-ого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины, принятым МРСС-90. (1991) Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 54 с.
- Титов Ю.В. (2014) Цеолитовая минерализация в меловых отложениях Большехетской впадины на севере Западной Сибири (на примере пласта БТ₈ Пякхинского месторождения. *Ежегодник-2013. Тр. ИГГ УрО РАН*, **161**, 120-123.
- Шиманский В. В. (2013) Постседиментационные изменения пород-коллекторов: Учеб. пособие. Ухта: УГТУ, 59 с.
- Юдович Я. Э., Кетрис М. П. (2008) Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар: Геопринт, 564 с.
- Япаскерт О.В. (2008) Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. Учеб. пособие. М.: ЭСЛАН, 356 с.
- Япаскерт О.В. (2013) Литология. Разделы теории. В двух частях. Ч. I: Процессы и факторы эпигенезиса горных пород: диагностика и системный анализ. Учеб. пособие. М.: МАКС Пресс, 216 с.
- Япаскерт О.В., Горбачев В.И. (1997) Литогенетические факторы формирования глубинной пористости отложений палеодельта (в низах разреза Тюменской скважины). *Докл. АН*, **353**(2), 241-245.
- Korobov A.D., Korobova L.A., Akhlestin E.F. (2008) Mineral associations of products of hydrothermal change – the key to understanding the origin of hydrocarbon decomposition and phase zonings (on the example of Western Siberia). *Izv. Saratov Univ.*, **8**(1), 42-49. (In Russian)
- Korobov A.D., Korobov L.A., Kolotukhin A.D., Mukhin V.M., Gordina R.I. (2013) On the participation of brine in hydrothermal albittization, which accompanies the formation of productive reservoirs of the cover (Western Siberia). *Izv. Saratov Univ.*, **13** (2), 61-68. (In Russian)
- Kotelnikov D.D., Zinchuk N.N. (2004) Conditions for the formation and evolution of zeolites in the sedimentary cover of the earth's crust. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Geology and Exploration*, (4), 19-24. (In Russian)
- Nesterov I.I. (1984) Structural scheme of zoning of the cover of the West Siberian plate on the sole of the Jurassic-Cenozoic plate complex, scale: 1 : 500 000 URL <http://neotec.ginras.ru>
- Podnebesnyh A.V. (2014) The problems of diagnostics of the zeolite and the influence of their presence on the productive deposits working of the Messoyakha group of deposits. *Izv. Tomsk Polytechnic Univ.*, **324**(1), 137-145. (In Russian)
- Podnebesnyh A.V., Ovchinnikov V.A. The main types of secondary changes in the sedimentary rocks-collectors of the West Siberian Plate. *Vestn. Tomsk State Univ.*, **400**, 393–403. (In Russian)
- Predtechenskaya E.A., Shiganova O.V., Fomichev A.S. (2009) Catagenetic and hydrochemical anomalies in Lower-Middle Jurassic oil and gas bearing deposits in West Siberia as indicators of fluid-dynamic processes in the zones of disjunctive disturbans. *Lithosfera*, (6), 54-65. (In Russian)
- Decisions of the 5th Interdepartmental regional stratigraphic meeting on Mesozoic deposits of the West Siberian plain, adopted by MRSS-90. (1991) Tyumen: Zapsibnig-ni Publ., 54 p. (In Russian)
- Shimansky V. V. (2013) *Postsedimentacionnye izmeneniya porod-kollektorov* [Post-Sedimentation changes of reservoir rocks]. Ukhta: USTU Publ., 59 p. (In Russian)
- Yudovich Ya. E., Ketris M. P. (2008) *Mineral'nye indikatory litogeneza* [Mineral indicators of lithogenesis]. Syktyvkar: Geoprint Publ., 564 p. (In Russian)
- Yapaskurt O.V. (2008) *Geneticheskaya mineralogiya i stadial'nyi analiz processov osadochnogo porodo- i rudoobrazovaniya* [Genetic Mineralogy and stage analysis of sedimentary rock and ore formation processes]. Textbook. Moscow: ESLAN Publ., 356 p. (In Russian)
- Yapaskurt O.V. (2013) *Litologiya. Razdely teorii. V 2 chastyah. Ch. I. Processy i faktory epigenezisa gornyh porod: diagnostka i sistemnyi analiz* [Lithology. Theory sections: in two parts. Pt I. Processes and factors of rock epigenesis: diagnostics and system analysis]. Moscow: MAX Press Publ., 216 p. (In Russian)
- Yapaskurt O.V., Gorbachev V.I. (1997) Lithogenetic factors in the formation of deep porosity of sediments paleodelta (in the lower parts of the section Tyumen wells). *Docl. Akad. Nauk*, **353**(2), 241-245. (In Russian)

REFERENCES