

12. Potseluev A.A., Babkin D.I., Kotegov V.I. The Kalguty Complex Deposit, the Gorny Altai: Mineralogical and Geochemical Characteristics and Fluid Regime of Ore Formation // *Geology of Ore Deposits*. – 2006. – V. 48. – № 5. – P. 384–401 [in Russian].
13. Поцелуев А.А., Котегов В.И., Акимцев В.А. Графиты Калгутинского редкометалльного грейзенового месторождения (Горный Алтай) // *Доклады РАН*. – 2004. – Т. 399. – № 2. – С. 241–244.
14. Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ / В.И. Ваганов, П.Ф. Иванкин, П.Н. Кропоткин и др. – М.: Недра, 1985. – 200 с.
15. Анникова И.Ю., Владимиров А.Г., Выставной С.А. и др. Геолого-геофизическая модель формирования Калгутинской рудномагматической системы (Южный Алтай) // *Известия Томского политехнического университета*. – 2004. – Т. 307. – № 4. – С. 38–42.
16. Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // *Геология рудных месторождений*. – 2001. – Т. 43. – № 4. – С. 291–307.
17. Дашкевич Г.Э., Морцев Н.К., Боровиков А.А. Эксплозивные брекчии на Калгутинском месторождении (Горный Алтай) // *Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных комплексов юга Сибири*. – Новосибирск: Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1991. – С. 44–49.
18. Степанов О.А. Взрывной механизм формирования структур центрального типа // *Советская геология*. – 1989. – № 12. – С. 95–104.
19. Поцелуев А.А., Бабкин Д.И., Котегов В.И. Состав и закономерности распределения газов в кварцах Калгутинского редкометалльного месторождения // *Известия Томского политехнического университета*. – 2005. – Т. 308. – № 2. – С. 36–43.
20. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1974. – 991 с.
21. Воробьев А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // *Геология и геофизика*. – 1970. – № 12. – С. 3–13.

Поступила 20.11.2006 г.

УДК 552.5(571.51)

ЛИТОГЕНЕЗ ВЕНД-КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА БАЙКИТСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЕЗА ИРИНЧИМИНСКОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ 155 В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ)

Н.Ф. Столбова, О.В. Бетхер*, Ю.В. Киселев, В.А. Кринин**

Томский политехнический университет

E-mail: StolbovaNF@ign.tpu.ru

*Томский государственный университет

**ЗАО «Ванкорнефть», г. Красноярск

Рассмотрены результаты изучения обстановок осадконакопления и последующих диагенетических, катагенетических и наложенных эпигенетических преобразований пород в разрезе. Проявление в разрезе эпигенетических изменений пород и распространение битумоидов указывают на перспективность территории на нефтегазоносность.

Изучение литогенетических особенностей образования осадочных толщ необходимо для оценки перспектив нефтегазоносности исследуемой территории. Иринчиминская параметрическая скважина пробурена на площади Тохомской подзоны Тохомо-Оленчиминской фациальной зоны юго-западного склона Байкитской антеклизы Восточной Сибири и изучена с применением комплексной литолого-петрографической, минералого-геохимической и люминесцентно-микроскопической технологии [1]. Исследования выполнены в петролого-геохимической лаборатории Института геологии и нефтегазового дела Томского политехнического университета. Вскрытые скважиной отложения исследовались по образцам керна и шлама, отобранному соответственно, через 1...2 м и 5...10 м. КERN изучен в интервалах вскрытия *усольской* (ϵ_{us}) – 2347...2385 м, *тэтэрской* ($V-\epsilon_{tt}$) – 2479...2500 м, *собинской* (V_{sb}) – 2500...2530 м, *катангской* (V_{ktg}) – 2567...2597 м, *колымовской* (V_{klm}) – 2650...2672 м, *оморинской* (R_3-V_{om}) – 2672...2809 м и *вельминской*

(R_3-V_{vl}) – 2837...2849 м свит. Шлам изучен из отложений *бельской* (инт. 1830...1902 м), *усольской* (1905...2460 м) и других свит из интервалов, по которым отбор керна не проводился.

Породы *вельминской* свиты (инт. 2809...2869 м) представлены красновато-коричневыми мелко-среднезернистыми слоистыми песчаниками. По составу это полевошпато-кварцевые граувакки со скоплениями слюдистых минералов по плоскостям наложения, с конформными структурами зерновых контактов с доломитовым, кварцевым и слюдисто-гидрослюдистыми цементами (рис. 1). Сортировка терригенного материала средняя. В составе обломков преобладают кварц, микроклин и калишпат-пертит, альбит, встречаются обломки кварцитов, вулканитов, слюдистых сланцев.

Среди песчаников отмечаются прослои бурых, красно-коричневых алевролитов, аргиллитов и их переходных разновидностей. Наклон прослоев 3...5°. Алевролиты и алевроаргиллиты преобладают в верхней части свиты.

Породы свиты формировались в достаточно активной мелководной (близкой к береговой линии) хорошо аэрируемой среде. При этом накапливались обломочные разновидности с мелким, хорошо сортированным и окатанным терригенным материалом.

Обломки сцементированы различными аутигенными минералами, среди которых часто присутствует гематит (рис. 1), что указывает на развитие при литификации песчаников и алевролитов окислительных обстановок. Однако тонкая сыпь органического вещества (ОВ), присутствующая в цементирующих агрегатах, по-видимому, способствовала образованию глауконитов и зеленых хлоритов, формирующихся в восстановительных условиях. Эти минералы нередко сопровождают красно-бурые гематитизированные породы, образуя в ряде случаев зеленоватые пятна, тонкие слойки и линзочки. В верхних частях разреза свиты их становится больше и они придают породам яркий зеленоватый оттенок.

Породы *оморинской* свиты с перерывом залегают на отложениях вельминской свиты. Они представлены песчаниками, обломочно-сульфатно-карбонатными породами, доломитами, слюдястыми алевролитами и аргиллитами. В кровле и подошве фиксируются пласты плотных сероцветных доломитов мощностью 8...9 м, неравномерно обогащенных ангидритом и содержащих примеси глинистого, алевроитового и псаммитового материала (рис. 2).

Алевролиты в отложениях свиты неравномерно глинистые, иногда песчаные, доломитистые и ангидритистые. Аргиллиты также содержат песчаный, редко ангидритовый и доломитовый примесный материал. Прослойки песчаников зеленовато-серые, розовато-серые, иногда красновато-коричневые. Они неравномерно обогащены ангидритом (рис. 3), доломитом и глинистым веществом. По составу песчаники полевошпато-кварцевые, иногда крепкие сливные кварцитоподобные. Мощность прослоев изменяется от 0,5 до 1,5...2 м.

При формировании нижних частей свиты сохраняются динамичные обстановки, характерные для областей источников сноса.

Диagenетические преобразования пород сопровождаются гематитизацией цемента, слабым проявлением процессов захоронения ОВ. Вверх по разрезу окислительные режимы литификации осадков сменяются слабовосстановительными и восстановительными с накоплением тонкорассеянного сапропелевого ОВ, глауконита и зеленого хлорита.

Скорость накопления обломочного и глинистого материала в разрезе периодически снижается. При этом происходит увеличение солености и щелочности вод, среди осадков повышается доля глинисто-доломитовых и чисто доломитовых разновидностей с преобладанием тонкослоистых и параллельно-слоистых текстур, свидетельствующих о стабилизации динамических обстановок седиментации и смене их застойными условиями среды осадконакопления. Последние способствуют разви-

тию восстановительных реакций, сульфат-редукции, глубокому разложению органического вещества. В связи с этим, в породах возрастает количество карбонатных и сульфатных минералов, появляются галоидные постседиментационные диagenетические образования, а также глобулярный и кристаллический пирит.

В заметных количествах накапливается захороненное ОВ, представленное комочками и пятнистыми стяжениями во внутренних частях кристаллизующегося доломита, а также линзами и тонкими прослоями в породах. Тонкорассеянные формы захороненного ОВ нередко подчеркивают его первичную органогенную биоморфную и водорослевую природу.

Породы *колымовской* свиты (инт. 2597...2672,4 м) сложены в основном красноцветными (за счет гематитизации – рис. 4) песчаниками, алевролитами, аргиллитами и их переходными разновидностями. Изредка отмечаются тонкие пропластки сероцветных глинистых доломитов неравномерно ангидритизированных (до доломито-ангидритов), иногда окремненных. Псаммитовый материал в них присутствует в виде примеси полевошпато-кварцевого состава (до 5...15 %) с преобладанием кварца.

Для алевролитистых аргиллитов и глинистых алевролитов характерна трещиноватость, иногда с зеркалами скольжения по плоскостям трещин.

Породы *катангской* свиты (инт. 2564...2597 м) с перерывом залегают на отложениях колымовской свиты. Разрез представлен переслаиванием серых, темно-серых, иногда коричневатых доломитов и темно-серых и черных глинистых доломитов. Отмечаются пятна белого сахаровидного ангидрита, линзы черно-коричневых кремней, прослойки красно-бурых и пестроцветных мергелей.

Тонкая параллельная, слабоволнистая слоистость пород подчеркивается прослоями различной окраски. В отложениях свиты преобладают волнистые, косослоистые, линзовиднослоистые текстуры, что свидетельствует об активной динамике среды в период формирования осадков. Параллельные тонкослоистые текстуры указывают на более устойчивые условия накопления и литификации осадков.

Особенности состава и напластования пород по разрезу указывают на дефицит обломочного материала в период седиментации, на перерывы в накоплении осадков, проявления конседиментационных деформаций (рис. 6).

Диagenетические преобразования пород изменялись – окислительная кислая среда способствовала отложению гематита в обломочных породах, а смена ее щелочной, восстановительной, сопровождалась формированием глинисто-доломитовых, кремнисто-доломитовых и ангидритовых цементов (рис. 7).

Среди пород свиты часто фиксируются доломиты, обогащенные тонкорассеянным углеродистым веществом. Особенности распределения вещества позволяют предполагать его первичную водоросле-

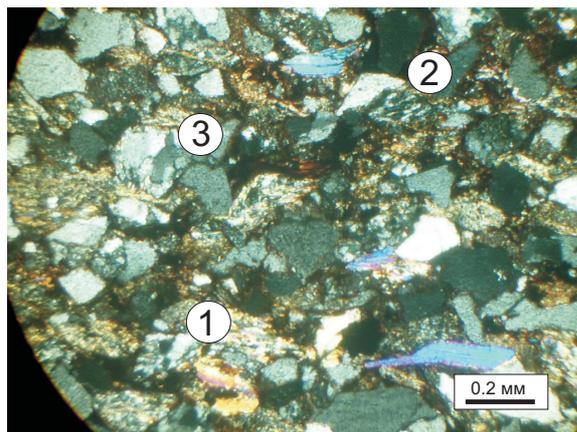


Рис. 1. Шлиф. Николи х. Песчаник (полевошпатово-кварцевая граувакка) гидрослюдизированный (1) с гематитом (2). Видны конформные структуры зерновых контактов (3). Вельминская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2847 м

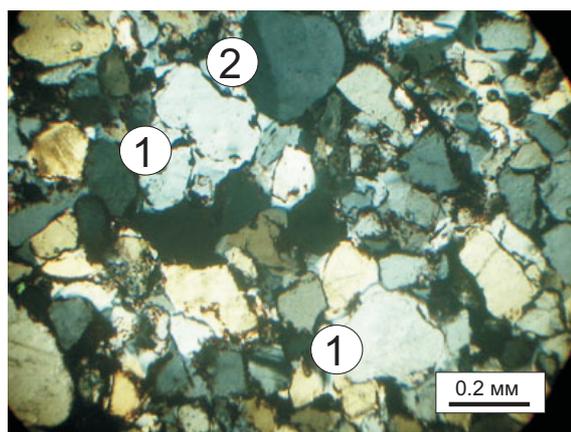


Рис. 4. Шлиф. Николи х. Песчаник разномзернистый с кварцевым регенерационным (1) и гематитовым контурным (2) цеменитами. Колымовская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2652,9 м

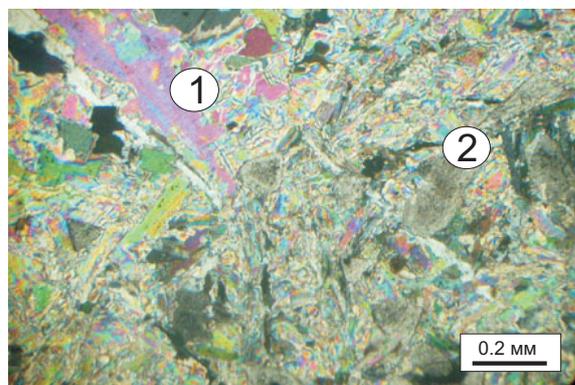


Рис. 2. Шлиф. Николи х. Доломит-ангидритовая порода со сферокристаллами ангидрита (1) и ромбовидными кристаллами доломита зонального строения (2). Оморинская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2682,2 м

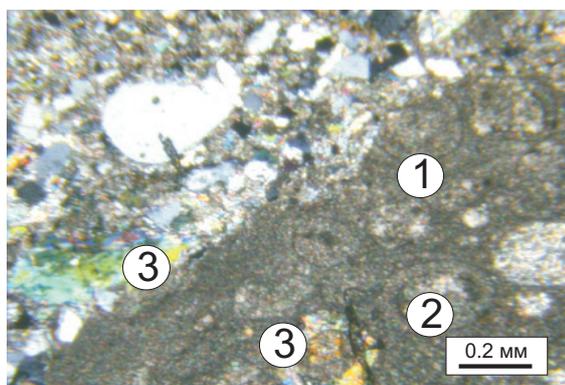


Рис. 5. Шлиф. Николи х. Алевро-песчаная линза в доломите (1). Видны оолитовые образования доломита (2) и обломки ангидрита (3). Катангская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2586,7 м

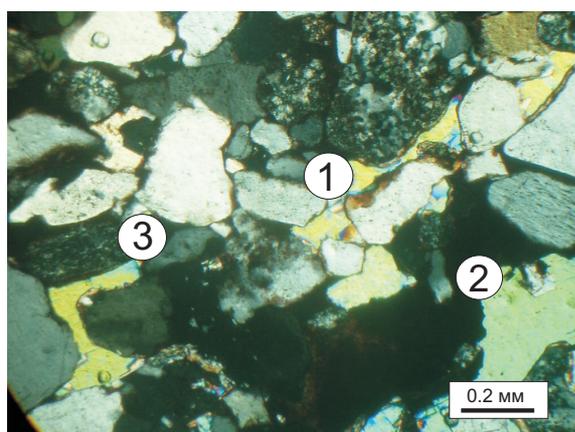


Рис. 3. Шлиф. Николи х. Песчаник олигомиктовый с углеводородами, гематитизированный (1) с ангидритовым пойкилитовым (2) и кварцевым регенерационным (3) цеменитами. Видны конформные и инкорпорационные структуры зерновых контактов. Оморинская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2730 м

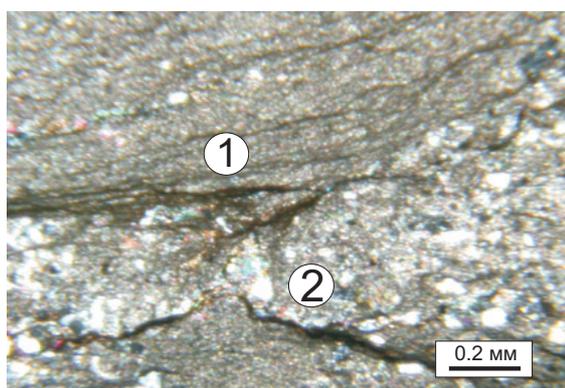


Рис. 6. Шлиф. Николи х. Доломит глинистый (1) с примесью алевро-псаммитового материала (2) и признаками конседиментационной деформации. Трещинки выполнены углеводородами и гидрослюдами. Катангская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2586,7 м

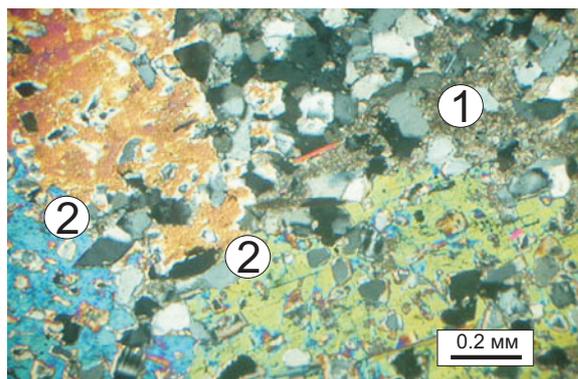


Рис. 7. Шлиф. Николи х. Песчаник олигомиктовый средне-мелкозернистый с доломитовым поровым кристаллическизернистым (1) и пойкилитовым базальным ангидритовым (2) цеменстами. Ангидрит образуетglomerообластовые срастания. Катангская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2583,2 м

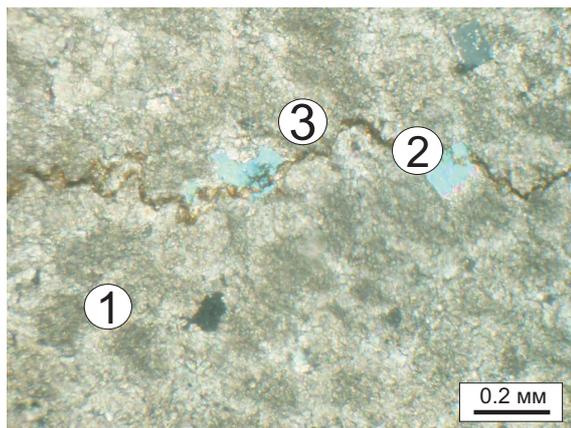


Рис. 10. Шлиф. Николи х. Доломит кристаллическизернистый комковатый, пятнистый (1), с кристаллообластами ангидрита (2) и стилолитовым швом с углеводородами (3). Тэтэрская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2499,4 м

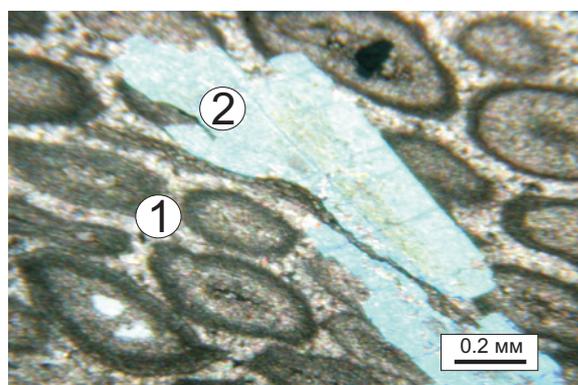


Рис. 8. Шлиф. Николи х. Доломит оолитовый (1), алевритопсаммитистый с кристаллообластами ангидрита (2). Собинская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2520,3 м



Рис. 11. Шлиф. Николи х. Порфиробласты ангидрита (1) в кристаллическизернистом доломите (2). Усольская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2360,3 м

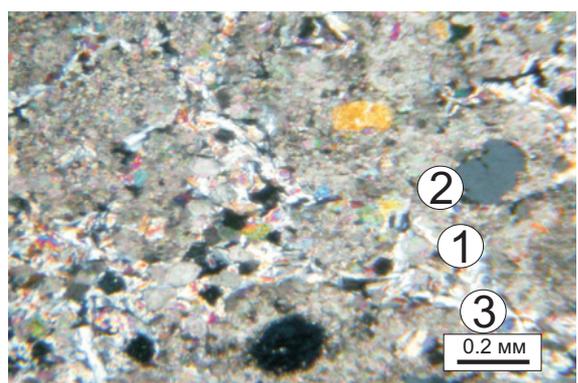


Рис. 9. Шлиф. Николи х. Доломит псевдооолитовый (1), песчанистый (2), с ангидритом (3). Собинская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2530,0 м

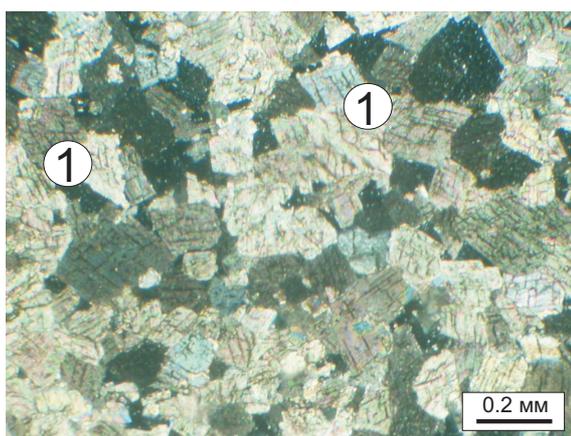


Рис. 12. Шлиф. Николи х. Доломит кристаллическизернистый с хорошо проявленным рассеянным захороненным ОВ, совершенной спайностью, высокопористый (1). Усольская свита. Скв. Иринчиминская 155П. Гл. 2350 м

вую природу в виде строматолитового, реже онколитового детрита. Породы нередко содержат пирит, свидетельствующий о возникновении восстановительных обстановок диагенеза осадков. В породах свиты повсеместно отмечаются битумоиды, приуроченные к зонам катаклаза.

Отложения *собинской* свиты (инт. 2500...2564 м) согласно залегают на отложениях катангской свиты. Разрез представлен серыми, темно-серыми мелкокристаллическими доломитами, а также зеленовато-серыми и светло-серыми, часто пористыми их разновидностями. Отмечаются многочисленные прослои, пятна и линзы серых тонкозернистых ангидритов, прослои алевропесчаников, мелкозернистых полевошпатово-кварцевых и кварцевых песчаников на поровом ангидритовом и доломитовом цементе. Мощность прослоев основных разновидностей пород изменяется от 0,2 до 2...3 м. В интервале 2504...2528 м зафиксированы трещиноватые песчаники с включениями битумоидов.

Отложения свиты формировались преимущественно при очень слабом привносе алюмосиликатного материала в условиях недокомпенсации осадками прогибающегося бассейна. Периодические пополнения бассейна терригенным материалом обусловили образование текстур, напоминающих турбидитовые, а также микротекстур волнисто-слоистых, линзовидно-слоистых с признаками конседиментационной деформации (рис. 8).

Наличие в породах комковатых сферических темных пелитоморфных образований с углеродистым веществом (рис. 8, 9) указывает на существование в осадках значительного количества микрофауны и флоры, а также свидетельствует о колебаниях режима Eh в осадке и о смене окислительной среды диагенеза осадков на слабо восстановительную. В верхних частях разреза свиты отмечаются признаки стабилизации условий осадконакопления: появляются тонкослоистые субпараллельные текстуры, подчеркиваемые глинистым и углеродистым веществом. Условия формирования отложений свиты связаны с уменьшением динамической активности в перемещении терригенного материала, аридизацией климата, увеличением в минеральных агрегатах хемогенной составляющей. Пелитовый материал пород содержит углеродистое вещество, а также многочисленные комочки, сгустки (1...2 мм) и сферические остатки организмов и их колоний, имеющих зональное сложение. Отложения собинской свиты постепенно сменяются отложениями тэтэрской свиты.

Породы *тэтэрской* свиты (инт. 2461...2500 м) представлены переслаивающимися серыми, темно-серыми, зеленовато-серыми средне-мелкозернистыми доломитами с линзообразными включениями ангидрита голубоватого цвета (рис. 10). В разрезе встречаются прослои глинистых доломитов, песчаников, алевропесчаников, полевошпатово-кварцевых и кварцевых на поровом ангидритовом, иногда доломитовом, цементе. Толщина прослоев колеблется от 2...3 м до 16 м.

Глинистые доломиты и доломитовые мергели имеют темно-серые, серые и зеленовато-серые окраски, неяснослоистые и тонкопараллельно-слоистые, реже линзовидно- и волнистослоистые текстуры. Представлены они прослоями, толщиной от 0,4 до 1,5...2 м.

Песчаники преимущественно серого и светло-серого цвета, мелко- и среднезернистые, массивные и слоистые. Толщина их прослоев колеблется от 0,2 до 1,5 м.

Ангидриты серые, светло-серые голубоватые, дымчатые, мелко-среднезернистые с размером зерен от 0,1 до 0,3 мм. Местами они имеют кавернозно-пористые текстуры. Толщина прослоев изменяется от 0,1 до 0,6 м.

Сохранение средних содержаний глинистых минералов в породах тэтэрской свиты на уровне содержаний собинской свиты свидетельствует о продолжении влияния источников сноса на процессы седиментогенеза, при сохранении тенденции аридизации климата.

Отложения тэтэрской свиты с постепенным переходом перекрываются породами *усольской* свиты (инт. 1902...2461 м). По литологическому составу усольская свита расчленена на галогенно-карбонатную подосинскую пачку, безсолевой осинский проницаемый горизонт и мощную надосинскую галогенно-карбонатную толщу.

Подосинская пачка (инт. 2400...2461 м) сложена в основном серыми, темно-серыми доломитами и разнозернистыми ангидритистыми доломитами с прослойками и линзами солей, а также тонкими слоями (первые мм) глинистого вещества и точечными включениями сульфидов. Текстуры пород тонко- и неяснослоистые, линзовиднослоистые, массивные, вкрапленные.

Осинский горизонт (инт. 2340...2400 м) сложен темно-серыми и черными доломитами и доломитистыми известняками, тонко-среднезернистыми, ангидритистыми, кавернозными и трещиноватыми с прослойками и слоями солей (рис. 11, 12). Текстуры пород линзовиднослоистые, редко стилолитовые трещиноватые и кавернозные, структуры – органогенные. Редкие трещинки выполнены битумоидами.

Надосинский горизонт представлен доломитами, глинистыми доломитами, доломитами с ангидритом и солями, различными по структурно-текстурным свойствам. Они формировались в условиях аридного типа литогенеза в обстановке окраин крупных рассольных водоемов. Значительная мощность осадков, разнообразие пород и их петрографических особенностей указывают на устойчивое заполнение бассейна рассолами, пелитовым и биогенным веществами, а также периодическое испарение из них влаги, отложение солей и захоронение рассеянного органического вещества.

Диагенетические преобразования пород осуществлялись в резко восстановительной обстановке с повышенной щелочностью при медленном

глубоком разложении захороненного ОВ и превращении его в тончайшую сапропелевую взвесь. Привносимый в бассейн материал обладал высоким содержанием углеродистого вещества, особенно в местах широкого развития глинистых осадков.

Бельская свита изучалась только по шламу. Ее породы представлены преимущественно известковыми доломитами и доломитами с текстурно-структурными особенностями, характерными для усольской свиты. Они формировались в условиях малоактивной среды солеродного периодически выпариваемого бассейна.

Таким образом, формирование отложений изученного разреза происходило в периодически мелеющих водных бассейнах в условиях слабой аэрации среды и постепенной аридизации климата. Это благоприятствовало осолонению вод, формированию эвапоритовых осадков, отмиранию, захоронению и накоплению остатков животного и растительного происхождения [2].

Диagenез обломочно-глинистых и эвапоритовых отложений, насыщенных органическим веществом и микроорганизмами (сферолитовые, комковатые структуры), проходил в динамически спокойных обстановках в условиях смены режимов рН – от нормальных к щелочным и Eh – от окислительных (вельминская и оморинская свиты) к переходным закисным (собинская свита) и затем к резко восстановительным (тэтэрская, усольская и бельская свиты). Застойные обстановки, уменьшение Eh и увеличение рН способствовали глубокому разложению, полимеризации и захоронению ОВ [3–5]. Периодическое проявление резко восстановительных обстановок способствовало увеличению доли нефтегенерирующего керогена типа II среди других форм захороненного ОВ и повышению нефтематеринского потенциала пород и проявления синбитумоидов (усольская свита, инт. 2295...2360 м).

Катагенетические изменения пород изученного разреза выразились в их уплотнении, раскристаллизации тонкодисперсного материала, частичном окислении синбитумоидов, уменьшении первичного седиментационного пустотного пространства,

что иногда способствовало формированию локальных флюидоупоров в доломитах усольской (инт. 2393...2405 м) и собинской (инт. 2505...2508,3) свит.

Эпигенетические изменения пород, протекавшие в условиях дислокационных преобразований пликвативного и катакластического характера и сопровождающей их флюидомиграции, проявились в перераспределении и миграции наиболее подвижных компонентов, перекристаллизации, укрупнении или частичном растворении отдельных зерен минералов, появлении зональности в их строении, а также в формировании порового и кавернозного пространства. Образующиеся трещины, стилолитовые швы и поры заполнялись миграционными битумоидами преимущественно маслянисто-смолистого состава.

Изучение литогенеза рифей-венд-кембрийских отложений юго-западного склона Байкитской антеклизы показало, что их седиментация в условиях постепенной аридизации климата, благоприятные обстановки накопления органического вещества и его преобразования в восстановительных геохимических фациях диagenеза до нефтегенерирующего керогена типа II и проявления сингенетических битумоидов, а также эпигенетические процессы, сопровождаемые сквозной миграцией эпибитумоидов, указывают на их перспективность и предполагают необходимость продолжения их разбуривания и исследования.

Выводы

Детальное изучение рифей-венд-кембрийских отложений юго-западного склона Байкитской антеклизы позволило охарактеризовать фациальные особенности осадконакопления. Установлено, что формирование отложений сопровождалось диagenетическими, катагенетическими преобразованиями пород и последующими их изменениями в результате развития процессов наложенного эпигенеза и миграции углеводородных флюидов. Наличие в разрезе нефтематеринских и эпигенетически преобразованных пород, сквозное проявление битумоидов, свидетельствуют о перспективности района исследования на нефтегазоносность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Столбова Н.Ф., Киселев Ю.В., Бетхер О.В., Столбов Ю.М. Литогеохимические особенности разреза восточного борта Большехетской впадины (по результатам изучения Туколандо-Вадинской параметрической скважины 320) // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 5. – С. 43–47.
2. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. – М.: Гос. научно-техн. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1963. – 535 с.
3. Теодорович Г.И. Учение об осадочных породах – Л.: Гостеолтехиздат, 1958. – 572 с.
4. Теодорович Г.И. О минералого-геохимических особенностях первичных нефтеносных и рассеянно-битуминозных свит // В кн.: Минералогия и фации битуминозных свит ряда областей СССР / Под ред. Н.М. Страхова. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 61–77.
5. Япаскурт О.В. Проблемы учения о литогенезе // Проблемы литологии, геохимии и осадочного рудогенеза. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – С. 9–26.

Поступила 19.12.2006 г.