

УДК 550.8:552.5:552.14

DOI 10.31087/0016-7894-2020-2-33-45

Глубинный эпигенез рифтогенно-осадочного комплекса арктической части Западной Сибири — ключ к прогнозу газовых и газоконденсатных месторождений

© 2020 г. | А.Д. Коробов, Л.А. Коробова

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия; korobad@yandex.ru; korob@info.sgu.ru

Поступила 03.12.2019 г.

Доработана 18.12.2019 г.

Принята к печати 20.01.2020 г.

Ключевые слова: цеолитовые пропилиты; глубинный эпигенез; седиментационные бассейны; углеводородное сырье.

Аннотация: Для территории Западной Сибири типично проявление наложенного эпигенеза, вызванного структурной перестройкой региона. На его особенности большое влияние оказывали погребенные континентальные рифты. В южных и северных районах наложенные процессы существенно различаются. Обь-Иртышское междуречье (юг Западно-Сибирской плиты) — территория, которая практически не преобразована рифтогенезом. Там в обстановке более низких температур и аномально высоких концентраций глубинного CO₂ (признак неистощенного состояния мантии) вдоль разломов, секущих чехол и фундамент, масштабно представлены взаимосвязанные и взаимообусловленные процессы каолинизации и карбонатизации. На севере Западно-Сибирская плита наиболее осложнена рифтогенезом (Тазовская губа, Гыданский полуостров и т. д.), где в условиях повышенных температур и дефицита CO₂ (за счет деплетирования мантии) вдоль глубинных разломов, рассекающих породы фундамента (переходного комплекса) и чехла, широко развита цеолитовая фация (минерал-индикатор ломонтит) и спорадически — трансильванская (характерный минерал кальцит). Обе фации входят в состав низкотемпературных пропилитов. Контроль наложенного эпигенеза глубинными разломами и оперяющей трещиноватостью привел к возникновению вертикальных афациальных зон в виде своеобразных «столбов»: ломонтитовых — на севере, каолининовых и карбонатных (преимущественно кальцитовых) — на юге. Цеолитовые пропилиты, имеющие региональное распространение, как правило, продуктивны. Поэтому их необходимо рассматривать как потенциальные вмещающие газоконденсата и (или) природного газа.

Для цитирования: Коробов А.Д., Коробова Л.А. Глубинный эпигенез рифтогенно-осадочного комплекса арктической части Западной Сибири — ключ к прогнозу газовых и газоконденсатных месторождений // Геология нефти и газа. — 2020. — № 2. — С. 33–45. DOI: 10.31087/0016-7894-2020-2-33-45.

Deep epigenesis of riftogenic-sedimentary series: key to gas and gas condensate fields prediction in the Arctic part of Western Siberia

© 2020 | A.D. Korobov, L.A. Korobova

Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov, Russia; korobad@yandex.ru; korob@info.sgu.ru

Received 03.12.2019

Revised 18.12.2019

Accepted for publication 20.01.2020

Key words: zeolite propylites; deep epigenesis; sedimentary basins; hydrocarbon raw materials.

Abstract: Occurrence of juxta-epigenesis induced by structural transformation of the region is typical for West Siberian territory. Its features were greatly influenced by the buried continental rifts. Juxtaposed processes differ considerably in southern and northern regions. Ob-Irtyshsky interfluvium (south of the West Siberian Plate) is a territory that has not been practically transformed by rifting. There, in the environment of lower temperatures and abnormally high concentrations of deep CO₂ (an indicator of unexhausted mantle), the interconnected and interdependent processes of kaolinization and carbonation are present on a large scale along the faults transverse to sedimentary cover and basement. The West Siberian Plate is most complicated by rifting in its north (the Tazovsky Bay, Gydan Peninsula, etc.). In the environment of higher temperature and CO₂ deficiency (due to mantle depletion), zeolite facies (the indicator mineral is laumontite) is widely developed along the deep faults cross-cutting the basement rocks (transitional sequence) and sedimentary cover, and sporadically — the Transylvanian facies (typical mineral is calcite). Both facies are part of low-temperature propylites. Juxta-epigenesis controlled by deep-seated faults and fault fissures resulted in formation of unusual vertical non-facies column-shaped zones; they are laumontite in the north, kaolinite and carbonate (mainly calcite) in the south. Regionally occurring zeolite propylites are usually productive. They must therefore be considered to be the prospective reservoirs for gas condensate and/or natural gas.

For citation: Korobov A.D., Korobova L.A. Deep epigenesis of riftogenic-sedimentary series: key to gas and gas condensate fields prediction in the Arctic part of Western Siberia. *Geologiya nefi i gaza*. 2020;(2):33–45. DOI: 10.31087/0016-7894-2020-2-33-45. In Russ.

Введение

Проблема освоения УВ-ресурсов Арктики — одна из наиболее актуальных и обсуждаемых тем в настоящее время. Самые эффективные ее решения возможны лишь при условии выяснения характерных причин нефтегазообразования и нафтидо накопления в арктической части Западно-Сибирской плиты. Одной из главных таких причин является геодинамический режим недр, контролирующий в породных осадочных бассейнах степень прогречности недр и, как следствие, — различие зрелости ОБ, изменение пород, содержащих ОБ, и т. д.

В пределах Западной Сибири на одних и тех же глубинах над рифтовыми зонами отмечаются повышенные температуры, а вне влияния рифтовых зон на этих же глубинах современные пластовые температуры ниже. Это свидетельствует о том, что рифтогенный процесс, начавшийся в триасе, еще не завершился. Наиболее ярко он проявился в Северном полушарии, где охватил Арктику и Северную Атлантику (Дучков А.Д. и др., 1974; Сурков В.С. и др., 1989). По мнению ряда ученых (Конторович А.Э. и др., 1995; Холодов В.Н., 2011; Лебедев Б.А., Пинский Э.М., 2000 и др.), температурные аномалии здесь связаны только с процессами кондуктивного переноса тепла благодаря большой плотности и, следовательно, значительной теплопроводности пород рифтовых зон. При этом преобразование минерального состава и ОБ пород носит изохимический характер, свойственный по своей сути региональному стадийному литогенезу. Что касается конвективного теплопереноса, то его роль в нефтегазоносных бассейнах ничтожна.

Существует другая точка зрения (Гаврилов В.П., 1998, 2013; [1–3]), согласно которой в седиментационных бассейнах, в отличие от региональных эпигенетических и метаморфических изохимических преобразований пород, довольно значительная роль принадлежит явлениям наложенного эпигенеза, протекающим под влиянием глубинных факторов [1]. Определяющая особенность наложенного эпигенеза, отличающая его от регионального, — более узкий, локализованный характер проявления в вертикальном и горизонтальном направлениях, который не зависит или мало зависит от первичного характера пород и фациальных условий их формирования. Обусловлен же он главным образом взаимодействием пород с проникающими растворами «чужого» (химически неравновесного с ними) состава. В этой связи П.П. Тимофеев с соавторами выделяют гипогенный наложенный эпигенез [1]. Этот тип процессов широко распространен в складчатых и платформенных областях, где наблюдается налегание осадочного чехла на фундамент с зонами глубинной раздробленности.

По этой причине необходимо признать особое влияние триасовых погребенных палеорифтов Западной Сибири на процессы глубинного эпигенеза

(Гаврилов В.П., 1998, 2013; [2]). Их характер и распределение во многом зависят от масштабов проявления рифтогенеза, которые на севере и юге исследуемой территории совершенно различны. На севере Западно-Сибирская плита наиболее осложнена рифтогенезом. В арктическую акваторию раскрывается не только стержневой для региона Колтогорско-Уренгойский, но Ямальский и Худосейский рифты. Межрифтовые вулканические плато достигают громадных размеров (рис. 1). По данным С.В. Аплонова [4], в триасе эта территория подверглась расколу и континентальный рифтинг, достигший своего максимума, вошел в стадию спрединга Обского палеоокеана.

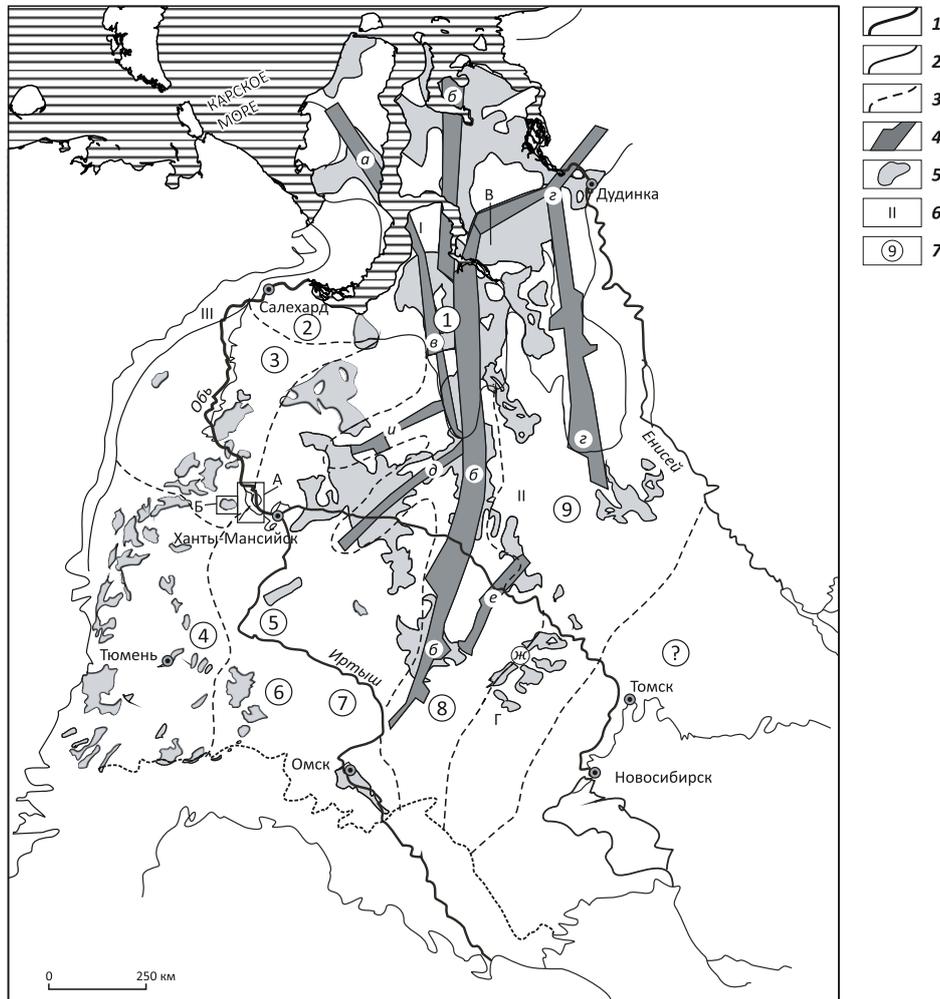
В южном направлении рифтогенез постепенно ослабевает и исчезает полностью. При этом на фоне замыкания крупных рифтовых долин сначала появляются мелкие (Усть-Тымский, Чузикский и др.) рифты, которые сменяются доминирующими изолированными (локальными) впадинами. В соответствии с теоретическими представлениями [5, 6], наблюдаемое в Западной Сибири угасание рифтогенеза в направлении с севера на юг может демонстрировать переход от районов с более истощенной мантией к областям, где она истощена меньше всего. Это сказывается на объеме и составе глубинных газов, поставляемых погребенным рифтом с гидротермальными растворами в осадочный чехол. Учитывая, что Западную Сибирь можно отнести к «неактивной рифтовой группе» [7], допустимо, что степень истощения мантии на доплитной стадии не изменилась и в дальнейшем — на плитном этапе.

Постановка задачи и цель работы

Установлено [5, 8], что в рифтовых структурах преобладающим легучим соединением является углекислый газ. В значительно меньшей степени присутствуют метан, водород, угарный, инертные и другие газы. При этом, если связывать дегазацию мантии с удалением компонентов из базальтовых расплавов, то самым подвижным из них является CO_2 [9]. Следовательно, наиболее информативным показателем степени истощения мантии при океанизации континентальной коры, по И. Рамбергу и П. Моргану (1984), служит объем присутствующего глубинного углекислого газа в перекрывающих рифты породах чехла, а также его участие в гипогенном эпигенезе, вызванном структурной перестройкой региона. Это подтверждено специальными исследованиями, по результатам которых выявлено наличие деплетированной мантии на севере. Данное предположение доказывается тем, что на юге Западной Сибири, в области замыкания Колтогорско-Уренгойского рифта и развития небольшого Чузикского грабена (незначительная деструкция коры) в пределах Межовского и Веселовского районов, установлены крупные проявления глубинного углекислого газа в юрских отложениях (см. рис. 1). В приуральской части

Рис. 1. Схема фациального районирования триасовых отложений Западно-Сибирской плиты (Липатова В.В., Казаков А.М., 2001) с дополнениями (Сурков В.С., Смирнов Л.В., 2003) и уточнениями А.Д. Коробова, Л.А. Коробовой

Fig. 1. Scheme of facies zoning of the Triassic formations within the West Siberian Plate (Lipatova V.V., Kazakov A.M., 2001), complemented (Surkov V.S., Smirnov L.V., 2003) and updated by A.D. Korobov, L.A. Korobova



Границы (1–3): 1 — Западно-Сибирской плиты, 2 — фациальных областей, 3 — фациальных зон; 4 — рифты (а — Ямальский, б — Колтогорско-Уренгойский, в — Худуттейский, г — Худосейский, д — Аганский, е — Усть-Тымский, ж — Чузиковский, и — Пякипурский); 5 — изолированные (локальные) впадины и вулканические плато; 6 — фациальные области (I — Ямало-Тазовская, II — Обь-Иртышская, III — Приуральская); 7 — фациальные зоны (1 — Уренгойская, 2 — Ярудейская, 3 — Шеркалинская, 4 — Тюменско-Тобольская, 5 — Мансийская, 6 — Вагай-Ишимская, 7 — Омская, 8 — Тарско-Муромцевская, Хохряковская).

Районы работ: А — Краснolenинский, Б — Шаимский, В — Северо-Хальмерпаяутинская площадь (Большехетская впадина), Г — Межовский и Веселовский Обь-Иртышского междуречья

Boundaries (1–3): 1 — West Siberian Plate, 2 — facies areas, 3 — facies zones; 4 — rifts (a — Yamal'sky, б — Koltogorsky-Urengoisky, в — Khudutteisky, г — Khudoseisky, д — Agansky, е — Ust-Tymsky, ж — Chuzikovsky, и — Pyakipursky); 5 — isolated (local) depressions and volcanic plateaus; 6 — facies areas (I — Yamal-Tazovsky, II — Ob'-Irtysky, III — Priural'sky); 7 — facies zones (1 — Urengoisky, 2 — Yarudeisky, 3 — Sherkalinsky, 4 — Tyumensky-Tobol'sky, 5 — Mansiisky, 6 — Vagai-Ishimsky, 7 — Omsky, 8 — Tarsky-Muromtsevsky, Khokhryakovsky).

Working areas: А — Krasnoleninsky, Б — Shaimsky, В — North Khal'merpayutinsky area (Bol'shekhetsky depression), Г — Mezhovsky and Veselovsky of Ob'-Irtysky interfluvium

бассейна (Шаимский район) в субмеридиональной полосе развития изолированных (локальных) впадин, которые можно рассматривать как фрагменты несостоявшегося (недоразвитого) рифта, также обнаружены аномальные скопления глубинного CO₂ в породах юрского возраста (Розин А.А., Сердюк З.Я., 1970, 1971).

На севере Западно-Сибирской плиты по материалам бурения сверхглубоких скважин Тюменская-СГ-6 и Ен-Яхинская-СГ-7, а также другим многочисленным геологическим, минералого-петрографическим и гидрохимическим данным скоплений глубинного CO₂ выявлено не было. Это свидетельствует о том, что по участию углекислоты в гипогенном эпигенезе (гидро-

термальном или гидротермально-метасоматическом минералообразовании) северные территории должны принципиально отличаться от Межовского и Веселовского районов на юге.

В первую очередь это обусловлено тем, что углекислота, являясь наиболее распространенным газовым компонентом гидротермальных растворов, оказывает самое существенное влияние на значения pH, Eh и их изменение, обеспечивая условия переноса или отложения присутствующих в минералообразующей среде компонентов. Но особенно велика роль CO₂ в контроле щелочности термальных вод (Наумов Г.Б., Малинин С.Д., 1968). Она, наряду с температурой, закономерно влияет на распределение эпигенетической каолинизации, карбонатизации и цеолитизации (ломонтитизации) нижнемеловых песчаников и алевропесчаников, с одной стороны, в пределах Обь-Иртышского междуречья (юг), с другой — Большехетской впадины и Мессояхского пояса мегавалов (север Западной Сибири).

Достоверная прогнозная оценка площадей развития ломонтитизированных пород в пределах исследуемой территории имеет очень большое значение, поскольку такие породы часто являются продуктивными. Так, по данным Е.А. Бородиной [10], ломонтитизированные нижнемеловые отложения заполярной свиты в границах Большехетской впадины вмещают до трети УВ ресурсной базы региона. Это же касается и нижнемеловой суходудинской свиты Мессояхского пояса мегавалов [11, 12]. Поэтому зоны цеолитовой пропилитизации представляют большой интерес для дальнейших поисков и геолого-разведочных работ на газ и в меньшей степени — на нефть. При этом считается, что происхождение ломонтита и его низкотемпературного аналога леонгардита связано главным образом с преобразованием пирокластического или иного силикатного материала в процессе диагенеза или катагенеза (Азаматов В.И. и др., 1993; [10, 13, 14]). С точки зрения авторов статьи, с этим никак нельзя согласиться, ибо неправильное понимание природы ломонтитизации приведет к неверной оценке перспектив территории на УВ-сырье.

Цели настоящей статьи — установить генезис и дать прогнозные оценки мест локализации продуктивных коллекторов, прежде всего ломонтитизированных пород чехла и доюрского комплекса. Для этого сначала рассмотрим преобразования неокотских (валанжинских и готерив-барремских) отложений Обь-Иртышского междуречья и сопоставим их с характером изменений валанжинских пород заполярной и суходудинской свит, залегающих в пределах Большехетской синеклизы (район Тазовской губы) и Мессояхского пояса мегавалов (Гыданский полуостров) соответственно. Так как гипогенный наложенный эпигенез контролируется глубинными разломами, проследим особенности его развития в

рифтогенных ниже-среднетриасовых базальтах, вскрытых скв. Тюменская-СГ-6.

Гипогенный наложенный эпигенез южной части Западно-Сибирской плиты

Преобразования неокотских пород чехла Обь-Иртышского междуречья

Алевритово-песчаные породы валанжинского и готерив-барремского ярусов Обь-Иртышского междуречья, не затронутые вторичными изменениями, имеют кварц-полевошпатовый состав. В обломочной части пород указанного возраста среднее содержание полевых шпатов составляет 50 % и более, значительно меньше кварца (30–35 %), обломков пород и слюды. Вышеупомянутые породы в результате тектонической перестройки испытали гидротермальную каолинизацию и карбонатизацию. Эти два взаимосвязанных и взаимообусловленных процесса могли протекать одновременно, или каолинизация сменялась карбонатизацией.

Каолинизация (гидротермальная аргиллизация). Каолинит формируется по зернам полевых шпатов, слюды, обломкам неустойчивых пород и акцессорных минералов. Новообразования каолинита наблюдаются также по цементу, представленному хлоритом и гидрослюдой. Акцессорные минералы (эпидот, цоизит, клиноцоизит, сфен) полностью или частично преобразуются в каолинит.

В процессе каолинизации терригенных пород содержание полевых шпатов (доминирующего компонента) значительно снижается. Иногда процесс настолько интенсивен, что все неустойчивые минералы терригенного комплекса замещаются каолинитом. От зерен полевых шпатов сохраняются лишь контуры в виде тонкой пленки хлорита с едва заметным крустификационным строением. Эти контуры четко различаются в проходящем свете в шлифах под микроскопом. При скрещенных николях видно, что порода состоит из сплошного каолинитового агрегата, в котором просматриваются лишь единичные разрозненные зерна устойчивых к разрушению кварца и микрокварцита.

Песчаники в зонах максимальной каолинизации превращаются в гидротермально-метасоматическую породу, сохраняющую их структурно-текстурный облик. На отдельных участках зоны интенсивной каолинизации сменяются зонами умеренной каолинизации. При этом в целом они приобретают вертикальную (субвертикальную) пространственную направленность сложного строения, контролируемую разрывными нарушениями и оперяющей трещиноватостью. Возникают своеобразные каолининовые «столбы», которые пересекают самые разнообразные по составу и фаціальным условиям породы. Иногда на участках, где протекают одновременно два процесса, породы представлены кальцит-каолининовыми (каолинит-кальцитовыми) агрегатами.

Карбонатизация. Карбонаты (главным образом кальцит с участием доломита, анкерита и сидерита) развиваются по ингредиентам алевритово-песчаных пород. Их формирование очень напоминает процесс каолинизации. В первую очередь подвергаются изменениям полевые шпаты. В шлифах четко видны их контуры или реликты при полном или частичном замещении преобладающим в породе кальцитом. Новообразования кальцита наблюдаются также по слодам и цементу, представленному гидрослюдой и хлоритом. Эпидот, цоизит и клиноцоизит также в различной степени преобразуются в кальцит (Розин А.А., Сердюк З.Я., 1971).

Карбонаты (доминирующий кальцит) заполняют поры между сохранившимися обломками, где формируют базальный или пойкилитовый цемент, частично замещают первичный цемент, а также залечивают секущие их трещины. По данным Б.А. Лебедева и др. [15], установлено, что карбонаты распределяются по площади отдельных структур неравномерно. Наряду с разрезами, где отмечаются лишь единичные линзы карбонатов, резко выделяются разрезы, в которых карбонатизация развивается во всех толщах от фундамента. Такие карбонатные «столбы» установлены по многим скважинам, пробуренным на юге Западно-Сибирской плиты, в Томской области. Так, на Мыльджинском поднятии карбонатизация интенсивно развита в песчаниках и аргиллитах тюменской и васюганской свит, в баженовских аргиллитах, а также выше по разрезу в нижнемеловых отложениях. Объяснить образование карбонатных «столбов» иначе, чем наложенным эпигенезом, невозможно, поскольку карбонатизация развивается по породам, образованным в совершенно различных фациальных обстановках и имеющим разный вещественный состав.

Можно предположить, что такой характер наложенных изменений указывает на наличие неистощенной мантии в районе Обь-Иртышского междуречья. Теперь рассмотрим особенности гипогенного эпигенеза, обусловленного масштабным влиянием деплетированной мантии на севере Западно-Сибирского рифтогенного осадочного бассейна, где палеотемпературы в период структурной перестройки были заметно выше.

Гипогенный наложенный эпигенез северной части Западно-Сибирской плиты

Преобразования неокотских пород чехла Большехетской впадины и Мессояхского пояса мегантегисов

Анализ опубликованных материалов (Азаматов В.И. и др., 1993; Титов Ю.В., 2013; Вакуленко Л.Г. и др., 2018; [10, 12–14, 16]) и изучение шлифов, изготовленных из пород валанжинского яруса, которые были вскрыты скважинами 300 (Восточно-Уренгойская площадь), 2020-Р (Пякяхинское газоконденсатное месторождение), 2042 (Хальмерпаютинское газоконденсатное месторождение) и 2051 (Северо-Хальмер-

паютинское газоконденсатное месторождение), показали, что песчаные алевролиты и песчаники испытывали главным образом низкотемпературную пропилитизацию (200–290 °С). Среди последней авторы статьи, в соответствии с теоретическими представлениями Д.С. Коржинского (1953, 1961), М.А. Ратеева и др. (1972) и В.И. Гугушвили (1980), различают широко развитую цеолитовую и ограниченно представленную трансильванскую фаации. Продукты среднетемпературной пропилитизации (290–380 °С) выражены слабо, но отмечаются во всех исследованных образцах. Рассмотрим подробнее низкотемпературные пропилиты.

Низкотемпературная цеолитовая пропилитизация проявлена наиболее широко на глубине 3189,4–3192,4 и 3195,3 м. Она выражается в ломонтитизации пород и нередко накладывается на участки, ранее испытавшие хлоритизацию, окварцевание, карбонатизацию, эпидотизацию, пиритизацию и лейкоксенизацию, т. е. среднетемпературную пропилитизацию.

Ломонтит — индикаторный минерал цеолитовых пропилитов — тесно ассоциирует с хлоритом, гидрослюдой (рис. 2) и продуктами их более позднего низкотемпературного изменения. По данным рентгенофазовых исследований¹, в составе терригенных пород, как правило, присутствуют хлорит-цеолитовые (хлорит + смешанослойный хлорит – монтмориллонит + ломонтит) микроагрегаты. При этом практически невозможно отличить реликты предшествующей хлоритизации сопутствующей цеолитовой пропилитизации. Ломонтит образует пойкилобласты — крупные пластинчатые призматические кристаллы с совершенной спайностью в одном, редко двух направлениях, в которые погружен обломочный материал. Пойкилобластическая ломонтитизация — характерная черта зон интенсивной цеолитовой пропилитизации.

Обломки пород и минералов в различной степени изменены. Полевые шпаты ломонтитизированы, пелитизированы, эпидотизированы, серицитизированы, хлоритизированы, редко сосюритизированы. Биотит значительно преобразован, причем в несколько этапов. Сначала он был эпидотизирован, лейкоксенизирован, а в самую позднюю (низкотемпературную) стадию — гидрослюдизирован, вермикулитизирован, гидратирован, смектитизирован.

Новообразованный пирит встречается в виде редких гнезд и рассеянных глобул. Он развит по биотиту, хлориту, обломкам эффузивных пород.

Еще одной характерной особенностью цеолитовых пропилитов является растущая по сравнению с исходной породой проницаемость. Так, в пласте БУ₁₅ Мессояхской группы месторождений (юг Гыданского полуострова) на цеолиты приходится около 9 %

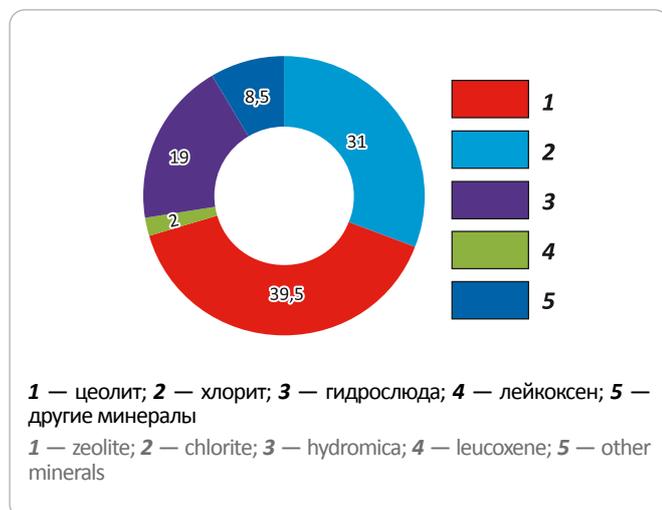
¹ Рентгенофазовые исследования проводились во ФГУП «ВИМС» Г.К. Кривоконовой.



OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 2. Средний минеральный состав пород-коллекторов пластов БУ₁₃₋₁₅ Мессояхской группы месторождений, % [14]

Fig. 2. Average mineral composition of reservoir rocks, БУ₁₃₋₁₅ beds, Messoyakhsky group of fields, % [14]



общего количества цемента, а для пласта БУ₁₃ — почти 70 %. Такой характер распределения ломонтита четко коррелируется с пористостью пород-коллекторов. Если для пласта БУ₁₅ средняя пористость составляет около 14 %, то для пласта БУ₁₃ она увеличивается до 18 % [12, 14].

Низкотемпературная трансильванская пропилитизация выражена ограниченно и выявлена авторами статьи лишь на глубине 3193,9 м (скв. 2020, Пякахинское газоконденсатное месторождение). Наиболее ярко она проявилась в кальцитизации различных ингредиентов терригенных пород.

Кальцит ассоциирует с хлоритом, гидрослюдой и продуктами их низкотемпературного преобразования. Максимально активно процесс проявился в цементирующей массе пород, где кристаллизовался кальцит разных габитусов и возникали пойкилобласты этого минерала. Межзерновые интерстиции редко заполнены ломонтитом, и это наблюдается только в том случае, если карбонатизация ослабевает. На участках же активной кальцитизации ломонтит отсутствует.

В карбонатный цемент, часто представленный пойкилобластами кальцита, погружен обломочный материал. Обломки полевых шпатов и эффузивов, ранее в различной степени эпидотизированные, хлоритизированные, лейкоксенизированные, могут быть значительно корродированными поздним карбонатом кальция или даже полностью замещены кальцитом. На участках шлифа, где процесс проявлен наиболее активно, видны обломки кварца, корродированные кальцитом. Еще одной особенностью трансильванских пропилитов является их слабая проницаемость. В шлифе не обнаружены какие-либо поры или каверны. Поэтому песчаник выглядит достаточно плотным и массивным.

Важно отметить, что характер карбонатизации терригенных пород удивительно напоминает особенности их цеолитизации. Находясь одновременно в активной фазе, эти две ветви низкотемпературной пропилитизации вместе с тем пространственно не пересекаются. На эту любопытную деталь в свое время обратили внимание Б.А. Лебедев и др. [15], изучая эпигенетическую ломонтитизацию нижнемеловых песчаников Тазовского (глубина 2540–2840 м) и Заполярного (глубина 2680–2830 м) поднятий.

Гидротермальная аргиллизация фиксируется в шлифах как самый поздний (низкотемпературный) процесс (80–200 °С). Он затрагивает прежде всего слюды и хлорит. Биотит при этом гидратируется, гидрослюдизируется, вермикулитизируется, смектитизируется. Хлорит, согласно рентгенофазовым исследованиям¹, замещается смешанослойными хлорит-смектитовыми образованиями вплоть до формирования самостоятельного смектита (монтмориллонита). Более ранний гидротермальный ломонтит (леонгардит) здесь сохраняется неизменным. Аналогичные явления зафиксированы в Тазовском районе [15]. Там в нижнемеловых песчаных породах с пойкилитовым ломонтитом обнаружены смешанослойные образования с аномально высоким содержанием набухающих смектитовых пакетов (70–80 %). Плагиоклазы в таких случаях пелитизируются, мутнеют за счет развития глинистых минералов.

По данным Р.С. Сахибгареева (1989), В.И. Азаматова и др. (1993), А.Д. Коробова и Л.А. Коробовой (2008), В.Н. Труфанова и др. (2011), Ю.В. Титова (2013), [16] и других геологов, установлено, что цеолиты распределяются по площади отдельных структур неравномерно. Иногда прослеживаются спорадические скопления цеолитов в разрезах. Однако известны случаи, когда цеолитизация развивается от фундамента (переходного комплекса) до неокосских отложений осадочного чехла, а возможно, и выше в виде вертикальных зон, очень напоминающих своеобразные «столбы» (подобные карбонатным и каолинитовым «столбам»), контролируемых разрывными нарушениями [3].

Рассмотрим глубинный эпигенез доюрских образований — ниже-среднетриасовых базальтов погребенного рифта. Эти базальты были вскрыты скв. Тюменская-СГ-6, заложенной в осевой зоне Колтогорско-Уренгойского грабена (Сурков В.С и др., 1993).

Преобразования рифтогенных базальтов

Анализ литературных материалов (Ехлаков Ю.А. и др., 2001; Казанский Ю.П. и др., 1995, 1996; Угрюмов А.Н., 1996) и изучение шлифов из коллекции В.В. Липатовой и Т.Ф. Букиной показали, что ниже-среднетриасовые базальты и их пирокластические аналоги, вскрытые скв. Тюменская-СГ-6, испытали интенсивную средне- и низкотемпературную

пропилитизацию. Надо особо подчеркнуть, что эти процессы достигли своего максимума на доплитном (доюрском) этапе развития территории, когда был проявлен континентальный рифтогенез. После формирования осадочного чехла в периоды тектоногидротермальной активизации эти процессы неоднократно возобновлялись (Казаков А.М. и др., 2000).

Среднетемпературная пропилитизация наиболее масштабно развита на глубине 6983,7–7206,5; 6691,1–6704,4 и 6625,9–6646,9 м. Она приурочена к миндалекаменным базальтам, зонам разуплотнения (повышенной трещиноватости) и характеризуется присутствием эпидота, кварца, альбита, хлорита, в меньшей степени кальцита и слюд. В отдельных случаях формируются эпидозиты.

Низкотемпературная пропилитизация представлена двумя фациями: широко развитой цеолитовой и ограничено проявленной трансильванской.

Низкотемпературная цеолитовая пропилитизация наиболее активно проявилась в интервалах 6858,4–6904; 6795–6834 и 6579,1–6619,4 м, где возникают типичные цеолиты. Эпизодически пропилитизация отмечается на глубине 6681,6–6704,4; 6623,9–6635,8 и 6555,7–6565,7 м. Она также приурочена к миндалекаменным базальтам и проницаемым трещиноватым вулканитам. Типоморфными минералами являются ломонтит, хлорит, кварц, гематит (не всегда), слюды (редко). В силу того, что среднетемпературная и цеолитовая фации низкотемпературных пропилитов развиваются в зонах повышенной проницаемости, часто наблюдается наложение (телескопирование) второй на первую как результат остывания гидротермальных растворов. В итоге появляется парастерезис (пространственное сонахождение разновременных (разнотемпературных) минералов) эпидота, альбита, ломонтита в измененных базальтах и туфах основного состава.

Низкотемпературная трансильванская пропилитизация отмечается на глубине 7261–7310 м, где развивается по эффузивам и вулканокластическим породам. Фрагментарно встречается в миндалекаменных базальтах в интервалах 7055,4–7067,1; 6847–6854; 6565,7–6579,1; 6533–6546 м. Процесс характеризуется появлением кальцита, хлорита, кварца, слюд. Иногда происходит наложение трансильванских пропилитов на среднетемпературные аналоги как отражение регрессивной направленности гидротермального процесса. Важно подчеркнуть, что в измененных базальтах и туфах скв. Тюменская-СГ-6 ломонтит и кальцит совместно, как правило, не встречаются. Это прекрасно подтверждается результатами детальных рентгеноструктурных исследований, которые были проведены Ю.П. Казанским и др. (1995). Следовательно, две фации низкотемпературных пропилитов (трансильванская и цеолитовая) в гидротермальном процессе были пространственно разобщены. Авторы статьи установили аналогичную

закономерность в измененных терригенных породах пласта БУ₁₆⁰ Пякяхинского месторождения. То же самое отмечают Б.А. Лебедев и др. [15] в нижнемеловых песчаниках Тазовского и Заполярного поднятий. Все это свидетельствует о единстве эпигенетических преобразований в породах фундамента (переходного комплекса) и осадочного чехла Западно-Сибирской плиты, захваченных тектоногидротермальной активизацией.

Установленная для терригенных пород связь вторичных процессов с фильтрационными характеристиками в полной мере справедлива и для изверженных образований — ниже-среднетриасовых базальтов Колтогорско-Уренгойского мегапрогиба. Так, по данным Т.В. Карасевой (Белоконь) и др. (1996, 2004) и Ю.А. Ехлакова и др. (2001), из метасоматически измененных (эпидотизированных и ломонтитизированных) базальтов скв. Тюменская-СГ-6 в интервале 6622–6654 м получен приток низкоминерализованной воды с газом (метан до 98 %) с высокой газонасыщенностью. Пропилитизированные базальты-коллекторы обладают пористостью до 15 % и проницаемостью до $7 \cdot 10^{-3}$ мкм². Авторы статьи предполагают, что в качестве флюидоупора в этом случае могут выступать хлоритизированные и карбонатизированные базальты, залегающие на глубине 6520–6579 м (Ехлаков Ю.А. и др., 2001), которые авторы статьи относят к трансильванским пропилитам. Важно подчеркнуть, что это первый случай, когда рифтогенные базальты нижнего – среднего триаса Западной Сибири выступают в роли коллекторов. Второй случай, когда гидротермально измененные ниже-среднетриасовые базальты являются продуктивными коллекторами, описывают Л.В. Сиротенко и В.И. Горбачев (2008) на примере параметрической скв. Ен-Яхинская-СГ-7, пробуренной на севере Западной Сибири. В результате испытаний этой скважины в интервале 7124–7163 м было получено 48 м³/сут УВ-газа с водой, что еще раз свидетельствует о возможной локализации газа в ломонтитизированных (пропилитизированных) рифтовых базальтах на большой глубине.

Необходимо акцентировать внимание на том, что в последнем случае возможно активное накопление абиогенного УВ-газа (Гаврилов В.П., 2013). Это доказывается локализацией газопроявлений ниже вскрытых нефтегазоматеринских свит, а также обогащением метана в отложениях глубже 6 км тяжелыми изотопами углерода (Титова Ю.В., Фрик М.Г., 2009).

Обсуждение результатов

Приведенные материалы свидетельствуют, что на севере (Большехетская впадина, Гыданский полуостров) и юге (Обь-Иртышское междуречье) Западно-Сибирской плиты существуют две контрастные обстановки гипогенного эпигенеза. Они, вероятно, обусловлены разной степенью истощенности

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

различных частей погребенных континентальных рифтов седиментационного бассейна, вовлеченного в структурную перестройку. На севере тектоногидротермально активизированные рифты обусловили широкомасштабную низкотемпературную пропилизацию с небольшими проявлениями среднетемпературной пропилизации. Процессы протекали в условиях повышенных температур и дефицита CO_2 .

В Обь-Иртышском междуречье (зоне выклинивания рифтов) на участках аномально высоких концентраций глубинного CO_2 и более низких температур структурная перестройка вызвала возникновение пространственно разобщенных каолиновых и карбонатных (главным образом кальцитовых) «столбов». Проанализируем обстановку смены каолинизации кальцитизацией при тектонической перестройке региона.

Обязательным условием каолинизации является растворение значительной минеральной части алевритово-песчаных пород. Подвижные компоненты должны выноситься на заметные расстояния, иначе реакция прекратится. Описанный процесс сопровождается образованием вторичной пористости. В рассматриваемых районах Обь-Иртышского междуречья это происходило следующим образом. В период тектоногидротермальной активизации в открытых трещинах и вмещающих их породах существовал режим малоамплитудных колебаний (без стресса). Он создавал проточную систему с постоянно обновляемыми под действием глубинного CO_2 кислотными водами. Принципиально важным является то, что режим этих колебаний не должен был нарушать герметичность пласта. В этом случае могла осуществляться гидротермально-метасоматическая каолинизация пород, интенсивно развитая в различных частях мезозойского разреза с образованием каолиновых «столбов».

При появлении в подобных толщах разломов, особенно выходящих на поверхность, или при перемещении самих вод в более высокие горизонты давление в них падает, что приводит к выделению CO_2 из растворов и возрастанию значений их pH. Рост pH тем больше, чем выше $p\text{CO}_2$ перед открытием гидрoгеохимических систем, а также чем интенсивнее открытие и удаление углекислого газа. Разгерметизация системы в таких условиях вызывала карбонатный метасоматоз (кальцитонакопление), который был сопряжен с привнесением вещества и заполнением пор и трещин хемогенным цементом нередко с потерей терригенными породами коллекторских свойств. В целом перераспределение масс вещества в ходе гипогенного эпигенеза приводит к возникновению афациальной метасоматической зональности. Быстрому переходу от кислых условий к щелочным способствовало высокое содержание CO_2 в проницаемых пластах в период тектоногидротермальной активизации. Косвенным свидетельством этого яв-

ляются современные аномальные концентрации глубинной углекислоты в юрских отложениях рассматриваемой территории (Розин А.А., 1977; Розин А.А., Сердюк З.Я., 1970; Сердюк З.Я., Эренбург Б.Г., 1972).

Рассмотрим подробнее вопросы, касающиеся пропицитов севера Западно-Сибирской плиты.

Поскольку среди вторичных продуктов, рассмотренных авторами статьи, присутствует две пространственно разобщенные фации низкотемпературных пропицитов, проанализируем условия смены ломонтита (типоморфного минерала цеолитовых пропицитов) кальцитом (типичный карбонат трансильванских пропицитов). На важную роль режима углекислоты в формировании ломонтита указывает ряд исследователей. Так, Л. Капдекомм (1953), А.Л. Олби и Е-Ан-Зен (1969), опираясь на термодинамические расчеты, пришли к выводу, что формирование ломонтита контролируется не только температурой и давлением, но и соотношением активностей H_2O и CO_2 в жидкой фазе. Э.Э. Сендеров [17], М.В. Мироненко и Г.Б. Наумов (1982) на основании термодинамических расчетов показали, что для образования ломонтита необходимы весьма низкие концентрации CO_2 в жидкой фазе, что обычно происходит на фоне ее снижения от более высоких значений к оптимальным. При наличии в горячих растворах, наряду с Ca^{+2} , также Si^{+4} и Al^{+3} это геохимически оправдано, поскольку допускается возможность образования ломонтита не только в породах, богатых алюмосиликатами, но и в разностях (средах), которые лишены их. Можно полагать, что в условиях ничтожного содержания ионов $(\text{HCO}_3)^-$ в гидротермах при наложенном эпигенезе, протекавшем в интервале температур 200–300 °С, кальций осаждается не в форме кальцита, а в форме ломонтита. Это, в частности, доказывается предельной температурой устойчивости ломонтита ~ 300 °С (Сендеров Э.Э., Хитаров Н.И., 1970).

Установлено, что различия гипогенного эпигенеза исследуемых территорий обусловлены разбросами температур и количеством CO_2 во флюиде, участвующего в преобразовании пород. В направлении с юга на север Западно-Сибирской плиты в условиях нарастающих температур и дефицита углекислого газа в растворах контрастность обстановок минералообразования ослабевает. Если на юге она выражена резким переходом от кислых условий к щелочным (каолиновые «столбы» → карбонатные «столбы»), то на севере эпигенез по-прежнему протекает в щелочном диапазоне с преимущественным возникновением зон ломонитовых метасоматитов. Карбонатные (кальцитовые) «столбы» как таковые там практически отсутствуют по указанной причине. Территории развития таких «столбов» гидротермально-метасоматической природы при благоприятных обстановках могут быть очень большими. Между разломами, локализованными в изолированных впадинах и рифтовых долинах, возникает последовательный

Таблица. Минеральные ассоциации, возникшие при глубинном эпигенезе пород фундамента и чехла в структурах активизации Западной Сибири, и фазовая зональность УВ (принципиальная схема)
Table. Mineral associations originated from the deep epigenesis of the basement and sedimentary cover rocks in activation structures of Western Siberia, and HC phase zoning (schematic diagram)

Минеральные ассоциации	Эпидот, кварц, карбонаты, альбит, пирит, лейкоксен, хлорит, слюды	Ломонтит, кварц, хлорит, слюды	Кальцит, кварц, хлорит, слюды	Ломонтит, леонгардит, кальцит, хлорит-смектит, иллит-смектит	Клиноптилолит, гейландит, морденит, смектит, иллит-смектит	Смектит	Каолинит, диккит	Кварц, опал, каолинит, диккит	Карбонаты (кальцит), каолинит
Фации	Среднетемпературные пропилиты	Циолитовая, «столбы» ломонтиновые	Трансильванская	Аргиллизированные пропилиты	Цеолитовая	Смектитовая	Диккит-каолинитовая	Кварц-опал-каолинит-диккитовая	«Столбы» карбонатные и каолинитовые
		Низкотемпературные пропилиты				Гидротермальные глины			
Формации	Пропилиты			Гидротермальные аргиллизиты				Вторичные кварциты	
Структуры активизации	Зона разлома						Зона разлома		
	Рифты и надрифтовые желоба			Изолированные впадины и перекрывающие их породы чехла					
Температура эпигенеза, °С	290–380	200–290	150–200	120–150 (160)	80–150	120–150	150–200		
Фазы УВ	Газ	Газоконденсат	Газо конденсат + нефть	Нефть				Газо-конденсат + нефть	

латеральный ряд гидротермально преобразованных пород фундамента и осадочного чехла (таблица). Напомним, что в Западной Сибири даже современные пластовые температуры часто контролируются не столько глубиной залегания, сколько удаленностью от погребенных континентальных рифтов (Дучков А.Д. и др., 1974; Сурков В.С. и др., 1989), не говоря уже о периодах тектоногидротермальной активизации. Из таблицы следует, что различная степень прогрева, в том числе и одновозрастных материнских толщ, может определять фазовую зональность нефтегазоносности Западной Сибири.

По мнению большинства геологов, ломонтит в нижнемеловых песчаниках на севере Западной Сибири ассоциирует либо с хлоритом, либо с хлоритом и гидрослюдой. Не отрицая этого, в работе Б.А. Лебедева и др. [15] отмечен в ряде случаев парагенезис ломонтита с каолинитом. При этом обращается внимание на то, что цеолит является более поздним по сравнению с глинистым минералом. Авторы статьи рассматривали такие участки как пограничные (с подвижными рубежами) между территориями с повышенным содержанием CO₂ в растворах и местами, где наблюдается острый дефицит углекислоты. Резорбция каолинита ломонтитом свидетельствует о резком падении роли (HCO₃)⁻ в гидротермальном

процессе и смещении минерагенеза в щелочную область. Но и в такой ситуации концентрация CO₂ во флюиде может меняться. Это приводит к сложным взаимоотношениям уже ломонтита и кальцита в нижнемеловых алевритово-песчаных и песчаных отложениях. Так, факты резорбции одного минерала другим и их пространственное сонахождение отмечают Б.А. Лебедев и др. [15], А.Д. Коробов, Л.А. Коробова (2008), В.Н. Труфанов и др. (2011), А.В. Поднебесных и В.П. Овчинников [14], изучавшие заполярную и суходудинскую свиты Большехетской впадины и Мессояхского пояса мегавалов, а также Л.Г. Вакуленко и др. (2018), исследовавшие танопчинскую свиту (Гыданская нефтегазоносная область).

Установлено, что парциальное давление углекислоты в недрах функционирующих гидротермальных систем зависит от фильтрационных особенностей пород (Коробов А.Д. и др., 1993). В толщах с повышенными фильтрационными свойствами, а также в зонах разломов (проницаемых каналов) обеспечивается высокая скорость перемещения флюида. При этом достигается самое низкое парциальное давление CO₂, что благоприятствует формированию ломонтита. Кроме того, на участках с низкими фильтрационными характеристиками активно развивается кальцит. Следовательно, при низкотемпературной

пропилитизации ломонтит является минералом-индикатором коллекторов или каналов высокой газогидродинамической активности флюидов. Напомним, это характеризует специфическую обстановку в развитии рифтогенного осадочного бассейна, когда он испытывал тектоногидротермальную активизацию и сопряженный нафтидогенез (см. таблицу). В таких случаях по разрывным нарушениям (проницаемым каналам) происходила субвертикальная сквозьрезервуарная миграция своеобразного «поршня» УВ-смеси — «нижнего высокотемпературного газа» [18], образованного процессами пропилитизации (Коробов А.Д., Коробова Л.А., 2008). Миграция осуществлялась по ломонитизированным зонам разломов (цеолитовым «столбам») до уровня покровных в верхней части чехла, где формировались промышленные залежи. Это соответствует представлениям о том, что крупнейшие газовые скопления приурочены к внутренним срединным частям крупнорифтогенных арктических нафтидных бассейнов [18]. В зонах уникального газонакопления, по мнению этих ученых [18], нижняя часть чехла, в которой сосредоточены основные материнские породы, глубоко погружена и интенсивно апокатагенетически преобразована. В свете предлагаемой авторами статьи модели «апокатагенез» по [18], скорее всего, соответствует средне-низкотемпературной пропилитизации (200–380 °С), охватившей арктический рифтогенный бассейн Западной Сибири в поздне мел-раннепалеогеновый периоды тектоногидротермальной активизации (Коробов А.Д., Коробова Л.А., 2011).

В этой связи надо подчеркнуть, что ломонитизированные породы на севере Западной Сибири, как правило, являются продуктивными, т. е. содержащими преимущественно газоконденсат и (или) природный газ. Достаточно вспомнить, что только отложения заполярной свиты Большехетской впадины аккумулируют до трети УВ ресурсной базы региона [10].

Развитие ломонитовой минерализации в тектонически нарушенных осадочных толщах, включая крупные региональные разломы, подтверждает термодинамическую открытость гидрогеохимических систем (Крайнов С.Р. и др., 2004) и ее важную роль в формировании ломонтита. Каналами движения растворов служат как крупные региональные разломы, так и сеть более мелких, возникающих при тектоногидротермальной активизации. В результате образуются значительные площади развития в осадочных толщах зон ломонитовой минерализации [16]. Учитывая изложенное и основываясь на собственных наблюдениях и материалах Ю.В. Титова (2013), а также [10, 12–14], можно утверждать, что цеолитизация на севере Западно-Сибирской плиты носит региональный характер. Район ломонитизации нижнемеловых пластов протягивается полосой 15–30 км с юга на север. Он приурочен главным образом к зо-

нам региональных разломов, от Хальмерпаютинского месторождения через Береговое, Пякяхинское и Южно-Мессояхское до Восточно-Мессояхского, которое расположено на северо-востоке. Помимо этого, процесс ломонитизации охватывает территорию, которая простирается от Восточно-Уренгойского месторождения через Яро-Яхинское до Заполярного.

Формы пространственного распространения наложенной низкотемпературной пропилитизации могут быть достаточно сложными и фиксироваться в виде вертикальных зон, своего рода «столбов», связанных системами сквозной вертикальной трещиноватости и горизонтальными зонами. Важно подчеркнуть, что конфигурация зон, прежде всего цеолитовой пропилитизации, имеет афациальный характер и определяется линейной конфигурацией тектонически раздробленных проницаемых зон и системой циркулирующих по ним нагретых растворов. На некоторых участках в осадочном чехле и породах переходного комплекса (фундамента) зоны региональной ломонитизации исчезают, но вновь появляются в виде отдельных «пятен» в других местах. Во всех случаях породы разреза интенсивно и однотипно преобразованы. Характер этих изменений является повсеместным исчезновением нестойких компонентов и активным метасоматическим развитием ломонтита, а также появлением в значительно меньшем количестве часто пространственно разобщенного с цеолитом кальцита. Эти ломонитовые «столбы» расположены непосредственно над зонами глубинных разломов и поблизости от них. Они связаны с поступлением гипогенных флюидов, обуславливающих наложенную низкотемпературную пропилитизацию в породах всего разреза от нижнего мела вплоть до фундамента, включая переходный комплекс вулканитов Колтогорско-Уренгойского и ему подобных рифтов.

Заключение

Рассмотренные в работе материалы позволяют сделать следующие выводы.

1. Для территории Западной Сибири типичен гипогенный наложенный эпигенез, вызванный периодами структурной перестройки региона. На особенности глубинного эпигенеза большое влияние оказывали погребенные континентальные рифты. В южном и северных районах наложенные процессы существенно различаются.

2. На севере Западно-Сибирская плита наиболее осложнена рифтогенезом (Газовская губа, Гыданский полуостров и т. д.). В условиях повышенных температур и дефицита CO₂ (за счет деплетирования мантии) вдоль глубинных разломов, рассекающих породы фундамента (переходного комплекса) и чехла, широко развита цеолитовая фация (минерал-индикатор ломонтит) и спорадически — трансильванская (характерный минерал кальцит). Обе фации, как пра-

вило, пространственно разобщены и входят в состав низкотемпературных пропилитов.

3. Обь-Иртышское междуречье (юг Западно-Сибирской плиты) — территория, которая наименее всего осложнена рифтогенезом. В обстановке более низких температур и аномально высоких концентраций глубинного CO₂ (признак неистощенной мантии) вдоль разломов, секущих чехол и фундамент, масштабно проявлены взаимообусловленные и пространственно разобщенные процессы каолинизации и карбонатизации.

4. Контроль наложенного эпигенеза глубинными разломами и оперяющей трещиноватостью привел к тому, что возникли вертикальные афациальные зоны минерализации в виде своего рода «столбов»: ломонитовых — на севере, каолинитовых и карбонатных (преимущественно кальцитовых) — на юге. Отсутствие при этом вертикальной метасоматической зо-

нальности является характерной чертой рифтогенных седиментационных бассейнов, вовлеченных в тектоногидротермальную активизацию.

5. Цеолитовые пропилиты, имеющие региональное распространение, как правило, продуктивны. Поэтому ломонитовые «столбы» необходимо рассматривать в первую очередь как вместилища газоконденсата и (или) природного газа. Перспективными на них являются ниже-среднетриасовые вулканы Колтогорско-Уренгойского, Ямальского, Худосейского и других аналогичных рифтов. Но прежде всего следует отметить нижнемеловые и более древние осадочные толщи (песчаники, алевропесчаники), образующие антиклинальные структуры и надрифтовые инверсионные валы, которые контактируют с региональными разломами района Уренгоя, полуостровов Ямал и Гыданский, Обской и Тазовской губ, шельфа Карского моря.

Литература

1. Тимофеев П.П., Коссовская А.Г., Шутов В.Д., Боголюбова Л.И., Дриц В.А. Новое в учении о стадиях осадочного породообразования // Литология и полезные ископаемые. — 1974. — № 3. — С. 58–82.
2. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Конвективный теплоперенос и формирование нефтегазоносных коллекторов пород переходного комплекса и чехла // Отечественная геология. — 2012. — № 6. — С. 3–12.
3. Коробов А.Д., Коробова Л.А., Колотухин А.Т., Мухин В.М., Логинова М.П. Глубинный эпигенез рифтогенно-осадочного комплекса Арктической части Западной Сибири — ключ к прогнозу газовых и газоконденсатных месторождений // Литология осадочных комплексов Евразии и шельфовых областей : мат-лы IX Всероссийского литологического совещания (с международным участием). — Казань : Изд-во Казанского университета, 2019. — С. 203–204.
4. Аглонов С.В. Геодинамика раннемезозойского Обского палеоокеана. — М. : ИОАН, 1987. — 98 с.
5. Сорохтин О.Г. Происхождение земной коры // Геофизика океана. — Т. 2. Геодинамика. — М. : Наука, 1979. — С. 223–257.
6. Аглонов С.В., Шмелев Г.Б., Краснов Д.К. Геодинамика Баренцево-Карского шельфа (по геофизическим данным) // Геотектоника. — 1996. — № 4. — С. 58–76.
7. Шенгер А.М.С., Натальин Б.А. Рифты мира. — М. : Геокарт-ГЕОС, 2009. — 188 с.
8. Лутц Б.Г. Дегазация Земли и магматические процессы, формирующие континентальную и океаническую кору // Дегазация Земли и геотектоника. Тезисы докладов 3-го Всероссийского совещания. — М. : Наука, 1991. — С. 10–11.
9. Трошин Ю.П. Геохимия летучих компонентов в магматических породах и магмах различных геодинамических обстановок фанерозойских подвижных поясов Земли // Геохимия магматических пород океана и зон сочленения океан — континент. — Новосибирск : Наука, 1984. — С. 34–41.
10. Бородина Е.А. Цеолитизация коллекторов: анализ влияния, прогнозы и результаты на примере месторождений севера Западной Сибири // Эволюция осадочных процессов в истории Земли : мат-лы 8-го Всероссийского литологического совещания. — Т. 1. — М. : Изд-во РГУ нефти и газа, 2015. — С. 216–221.
11. Найденов Л.Ф., Агалаков С.Е., Бакуев О.В. О геологическом строении и перспективах нефтегазоносности неокомских отложений Большехетской впадины и Мессояхского пояса мегавалов // Нефтяное хозяйство. — 2010. — № 12. — С. 83–85.
12. Поднебесных А.В. Особенности формирования цеолитов в нижнемеловых отложениях юга Гыданского полуострова // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории : мат-лы 7-го Всероссийского литологического совещания. — Т. 2. — Новосибирск : Изд-во ИНГГ СО РАН, 2013. — С. 382–386.
13. Коровина Т.А., Кропотова Е.П. Вторичные процессы в терригенных коллекторах Западно-Сибирского нефтегазоносного комплекса // Минеральные индикаторы литогенеза : мат-лы Российского совещания с международным участием. — Сыктывкар : Геопринт, 2011. — С. 271–273.
14. Поднебесных А.В., Овчинников В.П. Проблемы диагностики цеолитов и влияние их наличия на разработку продуктивных отложений Мессояхской группы месторождений // Известия Томского политехнического университета. — 2014. — Т. 324. — № 1. — С. 137–145.
15. Лебедев Б.А., Аристов Г.Б., Бро Е.Г., Кузьмина Г.С., Лебедева Г.В., Сахибгареев Р.С., Скубелина Л.С. Влияние эпигенетических процессов на параметры коллекторов и покрышек в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности // Труды ВНИГРИ. Вып. 361. — Л. : Недра, 1976. — 132 с.
16. Копорулин В.И. О формировании ломонита в осадочных отложениях (на примере осадочных толщ России) // Литология и полезные ископаемые. — 2013. — № 2. — С. 128–144.
17. Сендеров Э.Э. Влияние CO₂ на устойчивость ломонита // Геохимия. — 1973. — № 2. — С. 190–200.

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

18. Кравченко К.Н., Иванова О.В., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А. Нафтидное районирование арктических акваторий России и Аляски в связи с размещением и поисками уникальных месторождений нефти и газа // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 2000. – № 11. – С. 2–10.

References

1. Timofeev P.P., Kossovskaya A.G., Shutov V.D., Bogolyubova L.I., Drits V.A. Novoe v uchenii o stadiyakh osadochnogo porodooobrazovaniya [New in the theory of sedimentary rock formation stages]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*. 1974;(3):58–82. In Russ.
2. Korobov A.D., Korobova L.A. Convective heat and mass transfer and the formation of oil and gas reservoirs in the rocks from the transitional complex and mantle. *Otechestvennaya geologiya*. 2012;(6):3–12. In Russ.
3. Korobov A.D., Korobova L.A., Kolotukhin A.T., Mukhin V.M., Loginova M.P. Glubinniye epigenez riftogenno-osadochnogo kompleksa Arkticheskoi chasti Zapadnoi Sibiri — klyuch k prognozu gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii [Deep epigenesis of rifting-sedimentary series: key to gas and gas condensate fields prediction in the Arctic part of Western Siberia]. In: *Litologiya osadochnykh kompleksov Evrazii i shel'fovykh oblastei: Materialy IX Vserossiiskogo litologicheskogo soveshchaniya (s mezhdunarodnym uchastiem)*. Kazan': Izd-vo Kazanskogo universiteta; 2019. pp. 203–204. In Russ.
4. Aplonov S.V. Geodinamika rannemezozoisikogo Obskogo paleookeana [Geodynamics of the Early Mesozoic Ob Paleo-ocean]. Moscow: IOAN; 1987. 98 p. In Russ.
5. Sorokhtin O.G. Proiskhozhdenie zemnoi kory [Origin of the Earth's crust]. *Geofizika okeana*. V. 2. Geodinamika. Moscow: Nauka; 1979. pp. 223–257. In Russ.
6. Aplonov S.V., Shmelev G.B., Krasnov D.K. Geodinamika Barentsovo-Karskogo shel'fa (po geofizicheskim dannym) [Geodynamics of the Barents-Kara Shelf (according to geophysical data)]. *Geotektonika = Geotectonics*. 1996;(4):58–76. In Russ.
7. Shenger A.M.S., Natal'in B.A. Rifty mira [Rifts of the world]. Moscow: Geokart-GEOS; 2009. 188 p. In Russ.
8. Lutts B.G. Degazatsiya Zemli i magmatische protsessy, formiruyushchie kontinental'nyuyu i okeanicheskuyu kory [Earth degassing and igneous processes forming continental and oceanic crust]. In: *Degazatsiya Zemli i geotektonika: Tezisy dokladov 3-go Vserossiiskogo soveshchaniya*. Moscow: Nauka; 1991. pp. 10–11. In Russ.
9. Troshin Yu.P. Geokhimiya letuchikh komponentov v magmatischekh porodakh i magmakh razlichnykh geodinamicheskikh obstanovok fanerozoiskikh podvizhnykh pojasov Zemli [Geochemistry of volatile constituents in igneous rocks and magma of different geodynamic settings in the Earth's Phanerozoic mobile belts]. In: *Geokhimiya magmatischekh porod okeana i zon sochleneniya okean – kontinent*. Novosibirsk: Nauka; 1984. pp. 34–41. In Russ.
10. Borodina E.A. Tseolitizatsiya kollektorov: analiz vliyaniya, prognozy i rezul'taty na primere mestorozhdenii severa Zapadnoi Sibiri [Reservoir zeolitization: analysis of influence, forecasts, and results by the example of the northern West Siberian fields]. In: *Evolutsiya osadochnykh protsessov v istorii Zemli: Materialy 8-go Vserossiiskogo litologicheskogo soveshchaniya*. V. 1. Moscow: Izd-vo RGU nefti i gaza; 2015. pp. 216–221. In Russ.
11. Naidenov L.F., Agalakov S.E., Bakuev O.V. New data on geology and oil-and-gas content prospects of Neocomian deposits of Bolshekhetskaya depression and Messoyakhskiy belt of megaswells. *Neftyanoe khozyaistvo=Oil industry*. 2010;(12):83–85. In Russ.
12. Podnebesnykh A.V. Osobennosti formirovaniya tseolitov v nizhnemelovykh otlozheniyakh yuga Gydanskogo poluostrova [Features of zeolite formation in the Lower Cretaceous deposits of the southern Gyda Peninsula]. In: *Osadochnye basseiny, sedimentatsionnye i postsedimentatsionnye protsessy v geologicheskoi istorii: Materialy 7-go Vserossiiskogo litologicheskogo soveshchaniya*. V. 2. Novosibirsk: Izd-vo INGG SO RAN; 2013. pp. 382–386. In Russ.
13. Korovina T.A., Kropotova E.P. Vtorichnye protsessy v terrigenykh kollektorakh Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo kompleksa [Secondary processes in terrigenous reservoirs of the West Siberian play]. In: *Mineral'nye indikatory litogeneza: Materialy Rossiiskogo soveshchaniya s mezhdunarodnym uchastiem*. Syktyvkar: Geoprint; 2011. p. 271–273. In Russ.
14. Podnebesnykh A.V., Ovchinnikov V.P. The Problems of zeolites detection and their influence on development of the productive reservoirs in the Messoyakhka group of fields. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2014;324(1):137–145. In Russ.
15. Lebedev B.A., Aristova G.B., Bro E.G., Kuz'mina G.S., Lebedeva G.V., Sakhibgareev R.S., Skubelina L.S. Vliyanie epigeneticheskikh protsessov na parametry kollektorov i pokryshek v mezozoiskikh otlozheniyakh Zapadno-Sibirskoi nizmennosti [Influence of epigenetic processes on reservoir and seal properties in Mesozoic deposits of the West Siberian Lowland]. In: *Trudy VNIGRI*. Issue 361. Leningrad: Nedra; 1976. 132 p. In Russ.
16. Koporulin V.I. Formation of laumontite in sedimentary rocks: A case study of sedimentary sequences in Russia. *Lithology and Mineral Resources*. 2013;48(2):128–144.
17. Senderov E.E. Vliyanie CO₂ na ustoychivost' lomontita [Effect of CO₂ on laumontite stability]. *Geokhimiya*. 1973;(2):190–200. In Russ.
18. Kravchenko K.N., Ivanova O.V., Burlin Yu.K., Sokolov B.A. Naftidnoe raionirovanie arkticheskikh akvatorii Rossii i Alyaski v svyazi s razmeshcheniem i poiskami unikal'nykh mestorozhdenii nefti i gaza [Naphtide-based zoning of the Russian Arctic waters and Alaska in the context of distribution and exploration of super giant oil and gas fields]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh mestorozhdenii*. 2000;(11):2–10. In russ.

Информация об авторах

Коробов Александр Дмитриевич

Доктор геолого-минералогических наук, профессор,
заведующий кафедрой
Саратовский национальный исследовательский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского,
410012 Саратов, ул. Астраханская, д. 83
e-mail: korobad@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-9497-5030

Коробова Людмила Александровна

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Саратовский национальный исследовательский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского,
410012 Саратов, ул. Астраханская, д. 83
e-mail: korob@info.sgu.ru
ORCID ID: 0000-0001-5900-7010

Information about authors

Aleksandr D. Korobov

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Professor, Head of a Department
Saratov National Research State University
named after N.G. Chernyshevsky,
83, ul. Astrakhanskaya, Saratov, 410012, Russia
e-mail: korobad@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-9497-5030

Lyudmila A. Korobova

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor
Saratov National Research State University
named after N.G. Chernyshevsky,
83, ul. Astrakhanskaya, Saratov, 410012, Russia
e-mail: korob@info.sgu.ru
ORCID ID: 0000-0001-5900-7010