

УДК 551.73:553

А.В. Краснова¹, Ю.В. Ростовцева², А.Е. Гаврилов³

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛЫХ ВУЛКАНИТОВ КРОВЛИ ДОЮРСКОГО КОМПЛЕКСА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», геологический факультет. 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1

ООО «Газпромнефть НТЦ». 190000, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 75-79, литер Д

Moscow State University, Faculty of Geology. 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

LLC «Gazpromneft CTC». 190000, St. Petersburg, nab. River Moika, d. 75-79, letter D

Изучены вторичные изменения кислых вулканитов кровли доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты (Томская область). Литолого-петрографические и минералогические особенности пород свидетельствуют об их проработке низкотемпературными гидротермальными растворами, в то время как продукты кор выветривания, широко развитые на предъюрской поверхности, не были однозначно установлены. Коллекторские свойства изучаемых пород обусловлены наличием трещиноватости и проявлением выщелачивания.

Ключевые слова: вулканиты, эпигенетические изменения, гидротермальные процессы, вторичные коллекторы, доюрский комплекс, Западная Сибирь.

The study of secondary changes of acidic effusives with reservoir properties from the top of the Western Siberia pre-Jurassic complex (Tomsk Region) was produced. Lithological, petrographic and mineralogical features of these rocks indicate their change by low-temperature hydrothermal solutions, while weathering products, which are widely spread at the top of the basement, have not been clearly defined. Reservoir properties of studied rocks were formed probably due to fracturing and leaching.

Key words: volcanic rocks, epigenetic alteration, hydrothermal processes, secondary reservoirs, Pre-Jurassic complex, Western Siberia.

Введение. В настоящее время большой интерес вызывает изучение пород кровли доюрского комплекса Западной Сибири, в которых выявлено более 50 месторождений углеводородов и более 50 нефтепроявлений [Шустер, Пуланова, 2016]. Одна из особенностей этих толщ — наличие в них вторично измененных вулканитов, обладающих коллекторскими свойствами. Традиционно считается, что эпигенетическая преобразованность этих пород во многом обусловлена действием гипергенеза в перми—триасе (?) [Исаев, 2010; Ковешников, Недоливко, 2012]. Однако, существуют и другие представления, связывающие развитие в них вторичных изменений с проявлением гидротермальной проработки [Коровов, Коровова, 2004; Коровов и др., 2008, 2011].

В ходе исследований изучены эпигенетические изменения эффузивов кровли доюрского комплекса одной из разведочных скважин, расположенной в юго-восточной части Западной Сибири. Установление природы вторичных изменений чрезвычайно важно для понимания механизма формирования

коллекторских свойств пород и оценки их нефтегазоносности.

Объект и методы исследования. Объектом исследования послужили кислые эффузивные породы пласта М1 в кровельной части доюрского комплекса Западно-Сибирской плиты, вскрытые одной из разведочных скважин в Томской области. В пределах изучаемого района, относящегося к Сильгинской структурно-фациальной зоне, в верхах доюрского основания Западно-Сибирской плиты выделяется самлатская толща каменноугольно-пермского возраста (C_2-P_1), сложенная вулканитами кислого состава. По Г.Д. Исаеву [2009], предполагается, что изучаемые эффузивы, скорее всего, сопоставимы с этой толщей, а не с породами осадочно-траппового комплекса триаса (T_{1-3}), по сочетанию ряда признаков: положению в разрезе, высокой степени вторичной преобразованности и вещественной принадлежности к магматическим породам с высоким содержанием кремнезема.

Район исследования сопряжен с зонами простиражения южной части Колтогорско-Уренгойского

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, аспирантка; e-mail: boxannak@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, заведующая кафедрой, докт. геол.-минер. н.; e-mail: rostovtseva@list.ru

³ ООО «Газпромнефть НТЦ», гл. специалист отдела ОПР; e-mail: Gavrilov.AE@gazpromneft-ntc.ru

грабен-рифта и замыкания Усть-Тымского грабен-рифта, что обуславливает возможность неоднократных проявлений тектонической активности. В рассматриваемой структурно-фациальной зоне присутствуют гранитные батолиты каменноугольно-пермского возраста [Запывалов, Исаев, 2010].

В ходе исследования изучено 14 м керн из кровли доюрского комплекса, отобранного с глубины 2950–2964 м. Породы анализировались с помощью оптической и электронной микроскопии, а также рентгенофазовым и геохимическим методами в лабораториях геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (использован сканирующий электронный микроскоп «Jeol JSM 6480LV»).

При обсуждении результатов учитывались данные, полученные ранее при детальном геолого-геофизическом исследовании рассматриваемой разведочной скважины. Эффузивы характеризуются пористостью от 4,6 до 13,1% (в среднем 10,8%) и проницаемостью от 0,04 до 21,52 мД (в среднем 0,11 мД), что позволяет сопоставлять их с коллекторами с пониженными фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС).

Общая характеристика вулканитов. Изучаемые кислые эффузивы претерпели вторичные изменения, проявленные с различной степенью интенсивности и неравномерно, в связи с чем содержание основных петрогенных оксидов в них варьирует в широких пределах (%): SiO_2 30,3–75,1; Al_2O_3 11,3–29,7; CaO 0,1–11,4; K_2O 2,2–7,9; Na_2O 0,4–6,9. По содержанию щелочей породы отвечают образованиям калиево-натриевой и натриевой серий ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,06\div 3,08$). Согласно классификации [Winchester, Floyd, 1977] для измененных вулканических пород, учитывающей содержание малоподвижных рассеянных микроэлементов Ni, Y, Zr и Ti, изучаемые породы относятся к риолитам.

По данным рентгенофазового анализа валовых проб в составе пород отмечены (%) кварц (28–44), плагиоклаз (9–38), калиевый полевой шпат (0–8), гидрослюда⁴ (13–27), кальцит (4–12), сидерит (8–10), смешанослойные минералы типа слюда-сметит (1–5), смектит (1–3), лизардит (1–2), роговая обманка (0–1), цеолит (0–1), пирит (0–1). В тонкодисперсной глинистой фракции преобладает гидрослюда (68–92%), в меньшей степени развиты смешанослойные минералы типа слюда-сметит (до 32%) и смектит (до 3% в отдельных пробах). Наличие в породах каолинита и хлорита не выявлено.

Следы значительных вторичных преобразований изучаемых вулканитов отражены в пятнистости и обелении окраски пород, потере прочности. На фоне серовато-белой основной массы, местами с рыжеватым оттенком, наблюдаются светлые порфиновые выделения.

В эффузивах выявлены реликты гломеропорфировой, сферолитовой и пилотакситовой структур, отмечены разности с развитием флюидальной текстуры и перлитовой отдельности. В разрезе на отдельных интервалах выделяются сильно измененные породы со следами наличия вулканокластиков.

Структура основной массы эффузивов неравномерная, в пределах шлифа может меняться от микрофельзитовой до микропойкилитовой, где микропойкилитовые вроски полевого шпата сцементированы мезостазисом кварца. Минералы-вкрапленники представлены плагиоклазом и калиевым полевым шпатом, измененными с различной степенью интенсивности.

Возникновение вторичных пустот в рассматриваемых породах в основном связано с развитием трещиноватости и выщелачиванием, включающим растворение фенокристаллов полевых шпатов (ПШ).

Особенности трещиноватости пород. При изучении вулканитов выявлено несколько генераций трещин с разной морфологией и минеральным заполнением. К наиболее ранней генерации относятся сингенетические трещины перлитовой отдельности, заполненные вторичным глинистым веществом. К более поздним генерациям относятся трещины, залеченные кварцем и карбонатными минералами, встречающимися как по отдельности, так и совместно. В единичном случае в таких трещинах обнаружено микробрекчирование (рис. 1, б). В ряде трещин, выполненных первоначально минералами кремнезема, происходило более позднее осаждение карбонатов (мелкокристаллического кальцита и сидерита, осложненного местами выделениями редкоземельных фосфатов) с коррозией кремневого вещества (рис. 1, а; 2, в). Наблюдаются также открытые протяженные трещины (толщиной до 1 мм). Для некоторых из них характерно увеличение пустотного пространства за счет выщелачивания основной массы пород.

На отдельных интервалах разреза обнаружена четкая однонаправленная ориентировка микро-трещин.

Основные типы вторичных изменений вещественного состава. К числу основных типов вторичных изменений вещественного состава в изучаемых породах относятся глинизация, окварцевание и карбонатизация, протекающие на фоне действия выщелачивания. Наличие вторичных преобразований отмечено как в крупных порфиновых вкрапленниках, так и в основной массе пород.

Фенокристаллы представлены полевыми шпатами (в основном плагиоклазами) с разной степенью вторичной преобразованности. Менее измененные вкрапленники несут следы преобразований, типичных для фоновых процессов литоген-

⁴ Под гидрослюдами мы понимаем гидратированные слюды, содержащие менее 90% катионов, заполняющих межслой структуры [Шлыков, 2006].

неза. В них наблюдаются выделения «шахматного» альбита и кварца, разрозненные скопления чешуек серицита при сохранении контуров зерна.

Сильноизмененные вкрапленники полностью или частично слюдизированы, их глинизация часто сочетается с локальным окварцеванием и карбонатизацией (рис. 1, *г*; 2, *а*, *б*). При этом очертания отдельных фенокристаллов становятся нечеткими и слабо различимыми. Встречаются крупные вкрапленники, полностью замещенные карбонатными минералами (кальцитом или сидеритом) либо окварцованные. В изучаемых вулканитах также присутствуют фенокристаллы ПШ со следами растворения, в щелевидных пустотах которых местами наблюдаются примазки битумного вещества.

В основной массе пород в верхней части разреза наблюдаются участки сплошной глинизации с полной потерей первичных структур вулканитов, местами осложненной карбонатизацией и наличием выпотов битума. Глинизация выражается в гидрослюдизации. Среди глинистых минералов в меньшей степени выявлено присутствие смешанослойных минералов типа слюда-сметит и сметитов.

В рассматриваемых образованиях выявлено широкое развитие зубчатых швов (контактов), подчеркнутых глинистым веществом слюдистого состава. Эти швы по зазубренности линий во многом сходны с микростилолитами. На пересечениях швов и отдельных фенокристаллов видны следы значительной коррозии, местами затрагивающей участки вторичного окварцевания полевых шпатов (рис. 1, *е*, *ж*). Наблюдаемые в последнем случае взаимоотношения минеральных новообразований указывают на более позднее формирование зубчатых швов по сравнению с вторичным окварцеванием. В глинистых примазках зубчатых швов могут присутствовать вторичные выделения сидерита, идиоморфных кристаллов кварца, оксидов титана и фосфатов редкоземельных элементов (РЗЭ) (рис. 1, *з*). Иногда вдоль швов наблюдаются примазки бурого битуминозного вещества и развитие параллельных им открытых трещин.

В зонах сгущения зубчатых швов местами присутствуют скопления отдельных вторичных идиоморфных кристаллов кварца (рис. 1, *в*).

Карбонатизация с образованием кальцита и сидерита также установлена в основной массе пород. Кальцит встречается в виде пойкилобластов (до $1,8 \times 1$ мм), замещающих крупные участки вулканитов (рис. 1, *д*). Кальцит часто присутствует вместе с сидеритом, который также может встречаться в виде отдельных самостоятельных выделений. Сидерит представлен разными генерациями, включающими как мелкокристаллические и сферолитовые образования, в некоторых местах содержащие битумные примазки, так и крупные шестоватые кристаллы (длина кристаллов до 1,2 мм) (рис. 1, *д*). По характеру взаимоотношений

вторичных минералов выявлено, что при совместном нахождении карбонатов сидерит выделялся позднее кальцита. По данным анализа микроэлементов сидерит содержит Mg и Mn в разной концентрации. Содержание Mg в сидерите может достигать до 7,3%, Mn — до 1,7%.

С наиболее поздними стадиями преобразования изучаемых пород связано формирование кристаллов диоксида титана и фосфатов редкоземельных элементов (РЗЭ) (рис. 2, *г*, *е*). Кристаллы диоксида титана (возможно, анатаза) присутствуют в виде отдельных идиоморфных зерен и образуют мелкие скопления. Среди фосфатов РЗЭ преобладают разновидности легких РЗЭ, в ассоциации с диоксидом титана встречаются фосфаты тяжелых РЗЭ. Выявлено наиболее заметное развитие кристаллов фосфатов РЗЭ совместно с карбонатными минералами, а также вдоль отдельных зубчатых швов (рис. 2, *в*, *д*).

Результаты исследований и их обсуждение. Вопросы определения генезиса вторичных изменений вещества, отмечаемых в доюрских вулканитах-коллекторах Западной Сибири, до сих пор остаются во многом дискуссионными. Наблюдаемые вещественные преобразования одни исследователи объясняют развитием древней коры выветривания, фиксируемой на предъюрской поверхности [Тугарева и др., 2017], другие — считают их продуктами гидротермально-метасоматической переработки [Коробов, Коробова, 2004]. При наличии таких интерпретаций также можно рассмотреть наложенное действие флюидогенеза на породы, подвергшиеся гипергенезу. Особую сложность составляет определение происхождения новообразованного глинистого вещества вулканитов, возникновение которого возможно как при гипергенных, так и при гипогенных процессах. Определение типа вторичных процессов, обеспечивающих формирование коллекторов, представляет важную задачу прогнозно-поисковых геологических работ.

В результате исследований в изучаемых вулканитах выявлено наличие вторичных преобразований, сопоставимых с гидротермальными изменениями.

Установлено, что глинизация в породах развита неравномерно — от избирательного замещения вкрапленников полевых шпатов и миндалин до заполнения трещин, а также замещения участков основной массы пород. Глинизация выражена в интенсивной гидрослюдизации (68–92%), в меньшей степени развиты смешанослойные минералы и сметиты.

Отсутствие каолинита, типичного минерала кор выветривания, состав и высокая степень однородности глинистого вещества, формирующегося по разным компонентам вулканитов (по основной массе и фенокристаллам, в трещинах), скорее всего, свидетельствуют в пользу действия флюидогенеза, а не гипергенеза. Выявлено, что по

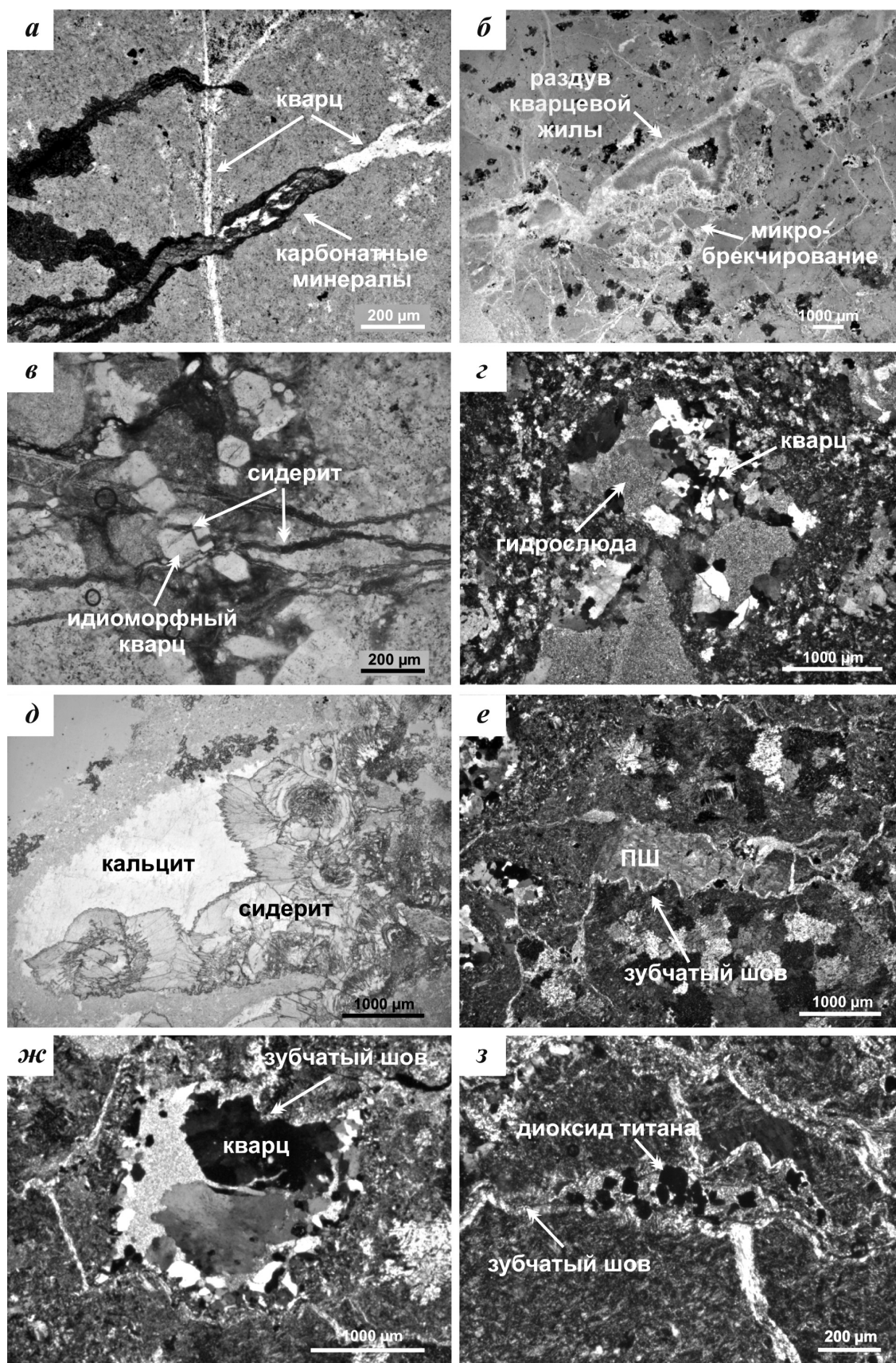


Рис. 1. Микрофото вторичных преобразований в изучаемых вулканитах, фото *г*, *е*, *ж*, *з* выполнены с анализатором: *а* — трещины, залеченные кремневым веществом с последующим развитием в них карбонатных минералов; *б* — микробрекчирование в раздвиге кварцевой жилы; *в* — трещины, залеченные сидеритом и секущие идиоморфные зерна кварца; *г* — замещение фенокристалла полевого шпата гидрослюдистыми минералами и кварцем; *д* — замещение основной массы эффузива пойкилобластами кальцита и шестоватыми кристаллами сидерита; *е* — коррозия фенокристалла полевого шпата на контакте с зубчатым швом; *ж* — коррозия вторичного кварца на контакте с зубчатым швом; *з* — идиоморфные кристаллы диоксида титана в пределах зубчатых швов

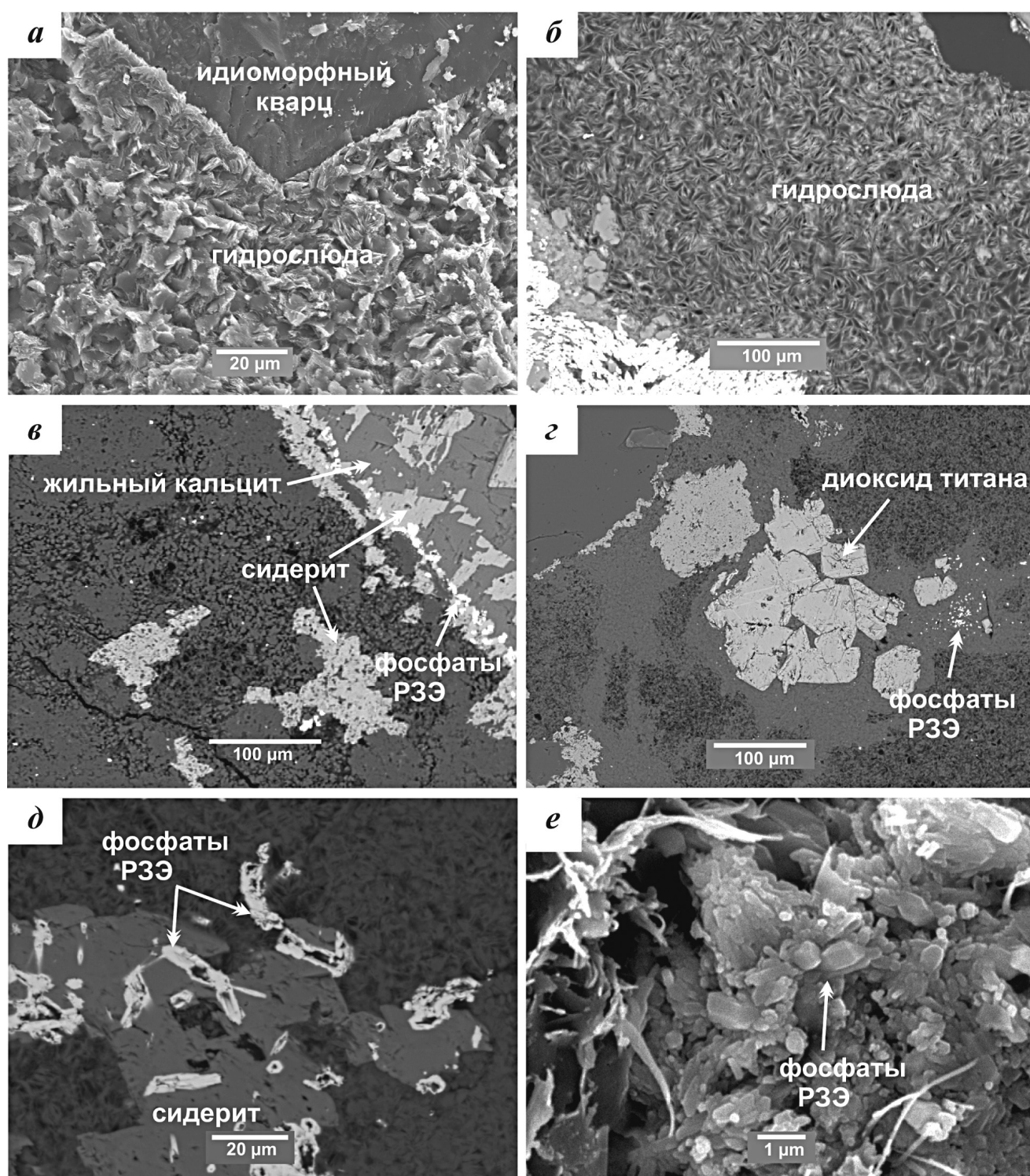


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки вторичных изменений изучаемых вулканитов, фото б, в, г, д, е выполнены в режиме наблюдения высококонтрастного изображения в отраженных электронах: а — тонкочешуйчатые новообразованные гидрослюдистые минералы и идиоморфный кристалл кварца; б — тонкочешуйчатые гидрослюдистые минералы, замещающее фенокристалл полевого шпата; в — кальцитовая жила с более поздней генерацией сидерита и фосфатов РЗЭ; г — новообразованные кристаллы диоксида титана и фосфатов РЗЭ поверх гидрослюдистых минералов; д — новообразованные кристаллы фосфатов РЗЭ в ассоциации с сидеритом и гидрослюдистыми минералами; е — идиоморфные кристаллы фосфатов РЗЭ

разрезу состав глинистого вещества не меняется, и участки с полной глинизацией пород перемежаются с вулканитами, отличающимися меньшей степенью вторичной измененности.

Глинистое вещество слюдяного состава присутствует в зубчатых швах и подчеркива-

ет зазубренность их очертаний. Вдоль границ швов видны следы растворения фенокристаллов полевых шпатов и окварцованных вкрапленников, микросмещение участков породы. По морфологии зубчатые швы похожи на микростилолиты, характерные для карбонатных пород. Подобные тексту-

ры известны в образованиях силикатного состава [Логвиненко, Орлова, 1987]. Есть их описания и в кислых вулканитах [Golding, Conolly, 1962; Bloss, 1954]. Формирование стилолитовых швов связывают с растворением под давлением, протекающим на контакте твердая фаза–флюид–твердая фаза [Bonnetier et al., 2009]. Коррозия новообразованных выделений кварца, наблюдаемая вдоль одного из зубчатых швов в рассматриваемых вулканитах, свидетельствует о высокой температуре флюида мигрировавшего в породе, а также о воздействии этого процесса на более поздней стадии после формирования ряда вторичных минералов. По экспериментальным данным установлено, что образование микростилолитов между зернами кварца может происходить в течение нескольких месяцев при температуре 350 °C и давлении 50 МПа в присутствии раствора, насыщенного кремнеземом [Gratier et al., 2005].

В изучаемых вулканитах на действие кислых растворов, циркулирующих под давлением, также указывает присутствие участков микробрекчирования, отмеченного в раздувах отдельных трещин, залеченных кварцем. На этих участках видны остроугольные обломки основной массы породы размером до 2 мм, не соприкасающиеся между собой и скрепленные оторочками жильного кварца. Залечивание остроугольных обломков раз-

дробленной породы *in situ* — характерный признак брекчирования, связанного с внедрением флюидов по ослабленным зонам породы. Известно, что дробление пород при тектоническом напряжении протекает с образованием более крупных обломков (в основном >2 мм) и имеет большие масштабы проявления [Jébrak, 1997].

Изучение стадийности наложенных изменений указывает на последовательное осаждение минералов кремнезема (в основном кварца), а затем карбонатов. В расширениях зубчатых швов, выполненных глинистым веществом, часто присутствуют идиоморфные выделения новообразованных кристаллов кварца. Эти кристаллы кварца местами пересечены тонкими протяженными трещинами, выполненными сидеритом (рис. 1, в). Очевидно, что осаждение карбонатных минералов происходило позднее формирования описываемых кристаллов кварца и при действии других более щелочных флюидов. Аналогичная последовательность вторичных выделений прослеживается на примере минерального заполнения трещин, включая и те их разновидности, которые сначала были закрыты кремневым веществом, а затем повторно залечены карбонатными минералами.

Наличие пойкилобластов кальцита, а также крупнокристаллического шестоватого сидерита свидетельствует, скорее всего, о влиянии глубин-



Рис. 3. Последовательность гидротермальной переработки изучаемых вулканитов.

Q — кварц, CaCO₃ — кальцит, FeCO₃ — сидерит

ных щелочных растворов на формирование рассматриваемых вторичных карбонатов. Замещение кальцитом фенокристаллов и основной массы пород типично для гидротермально измененных вулканитов на глубине [Zou, 2013].

Присутствие вторичных идиоморфных кристаллов оксида титана и фосфатов РЗЭ также указывает на проявления флюидогенеза. Эти минералы, образующиеся за счет выноса титана и РЗЭ из вмещающих пород, могут встречаться как в коре выветривания [Milnes, Fitzpatrick, 1989; Пилюгин, 2012], так и в метасоматитах [Сазонов и др., 2006; Коробов, Коробова, 2013]. В изучаемых породах они кристаллизовались на самых последних стадиях образования вторичных минералов и развивались по жильным карбонатам, что исключает возможность их образования при гипергенезе. Их скопления также приурочены к зубчатому глинистому швам, слюдизированным и карбонатизированным участкам породы.

В целом по наблюдаемым вторичным изменениям можно выделить две стадии метасоматоза (рис. 3). Сначала вулканиты испытали кислотное выщелачивание нагретыми кислыми растворами. Вынос компонентов выражался в избирательном выщелачивании вкрапленников и основной массы породы с последующей глинизацией, включающей частичную или полную слюдизацию фенокристаллов полевых шпатов, и осаждением кварца. Привнос кремнезема обусловил развитие по вкрапленникам и в трещинах кварца. Парагенез глинистого вещества гидрослюдистого состава с кварцем соответствует верхней границе фации аргиллизитов с параметрами гидротермального раствора, по данным разных авторов, в диапазоне температуры от 200 до 250 °С и рН от 4 до 6 [Граменицкий, 2012; Reyes, 1990]. По данным [Reyes, 1990], при гидротермальных процессах кварц осаждается при температуре выше 180 °С. К этой стадии приурочено, по-видимому, формирование зубчатых швов.

Позднее проявился щелочной метасоматоз, обусловивший кальцитизацию, сидеритизацию, осаждение оксидов титана и фосфатов редких земель. Согласно работе [Reyes, 1990], карбонаты могут образовываться из гидротермальных растворов при разной температуре. Осаждение кальцита в гидротермальных системах контролируется в основном парциальным давлением углекислоты в растворе, поэтому оно возможно при «разгерметизации» породных систем и вскипании глубинных растворов, что приводит к повышению рН среды за счет потери части CO_2 [Reed, 1985; Zheng, Hoefs, 1993]. Отмечена интересная особенность изучаемых пород — совместное нахождение кальцита и сидерита, формирующихся последовательно с осаждением в конце процесса железистого карбоната, менее растворимого по сравнению с CaCO_3 . Осаждение сидерита позднее, чем кальцита, при их

совместном формировании указывает на подкисление среды минералообразования. По-видимому, при остывании гидротерм концентрация CO_2 несколько возрастала и возникали условия для формирования сидерита. Диоксиды титана и фосфаты РЗЭ образовывались позднее карбонатов на заключительном этапе щелочного метасоматоза. Вероятно, процессы кислотного выщелачивания приводили к высвобождению титана и РЗЭ из вулканитов, а щелочной метасоматоз способствовал их дальнейшему осаждению в виде минеральных фаз. Согласно Б.Б. Польшову [1934], окиснотитановые минералы образуются в слабощелочной среде ($\text{pH} > 7$).

Весьма неравномерная по разрезу степень измененности пород и комбинированный эффект кислотного выщелачивания и щелочного метасоматоза с развитием жил и подводящих трещин позволяют отличить наблюдаемые вторичные новообразования от продуктов фоновой литогенеза и метаморфизма вулканических пород [Граменицкий, 2012].

Присутствие в изучаемых вулканитах битумных примазок свидетельствует о дополнительном воздействии углеводородсодержащих флюидов на породы.

Коллекторские свойства рассматриваемых кислых эффузивов во многом обусловлены развитием трещиноватости. Многообразие трещин разной морфологии и минерального заполнения затрудняет восстановление последовательности их образования. Тем не менее сочетание кварцевых и карбонатных жил, зубчатых швов, сидеритизированных трещин, секущих новообразований идиоморфный кварц, и открытых трещин с разной степенью выщелачивания свидетельствует о многостадийности трещинообразования. На влияние горячих растворов под давлением при образовании ряда трещин указывают следы микробрекчирования пород, зубчатые швы, повторное залечивание жил карбонатными минералами с коррозией кремневого вещества. Четкая однонаправленная ориентировка ряда трещин может свидетельствовать об участии тектонического фактора в трещинообразовании.

Согласно А.Д. Коробову и А.Л. Коробовой [2004], в течение мезозоя происходила неоднократная тектоно-магматическая активизация Западно-Сибирской плиты, при которой погребенные рифтовые системы служили эпицентрами гидротермальной активности. Структуры фундамента, приуроченные к юго-западной оконечности Усть-Тымского грабен-рифта, могли испытывать гидротермальное воздействие со стороны этой рифтовой зоны.

Полученные данные позволяют предположить, что формирование кавернозно-трещинных коллекторов в изучаемом комплексе эффузивов обусловлено возобновляемой тектонической тре-

щиноватостью и гипогенным выщелачиванием стенок трещин, вкрапленников и основной массы пород. При этом интенсивные окварцевание и карбонатизация способствовали ухудшению ФЕС.

Выводы. 1. В изучаемых породах выявлено наличие низкотемпературных гидротермально-метасоматических изменений, а также установлено развитие трещин разных генераций, в том числе связанных с повторной активизацией тектонических процессов. Продукты выветривания в рассматриваемых эффузивах, в отличие от новообразований гидротермальной проработки, не были однозначно определены.

2. Установлено, что гидротермальная проработка вулканитов протекала в два этапа: сначала действовало кислотное выщелачивание со слюдизацией и окварцеванием, затем проявилось влияние щелочного метасоматоза с карбонатизацией, выделением диоксида титана и фосфатов РЗЭ. Наблюдаемые гидротермальные изменения

в большей степени отвечают продуктам низкотемпературной аргиллизации.

3. Эффузивы относятся к каверно-трещинному типу коллекторов. Вторичные трещины образовались в результате погружения пород на значительную глубину (до 3 км), а также возникали под влиянием гипогенного растворения, активизации действия тектонических процессов, проявляющихся в приразломных зонах. Кавернозность пород обусловлена в основном кислотным выщелачиванием вкрапленников полевых шпатов.

4. Изучаемый район характеризовался дополнительным прогревом толщ и подъемом минерализованного теплового потока, что должно было сказаться на нефтегазогенерирующем потенциале осадочного бассейна и свойствах пород.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю признательность за предоставленные первичные материалы ООО «Газпромнефть-Восток».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Граменицкий Е.Н. Петрология метасоматических пород. М.: ИНФРА-М, 2012. 219 с.

Запивалов Н.П., Исаев Г.Д. Критерии оценки нефтегазоносности палеозойских отложений Западной Сибири // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2010. № 341. С. 226–232.

Исаев Г.Д. Стратиграфия и геологическая модель палеозоя Томь-Колыванской структурно-фациальной зоны Западно-Сибирской плиты // Учен. зап. Казан. гос. ун-та. Сер. Естественные науки. 2009. Т. 151, № 3. С. 192–204.

Исаев Г.Д. Стратификация и состав пород зоны контакта мезозой-палеозой // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2010. №. 331. С. 203–209.

Ковешников А.Е., Недоливко Н.М. Коры выветривания доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2012. Т. 320, № 1. С. 77–81.

Коробов А.Д., Коробова Л.А. Гидротермальные титанистые минералы в терригенных коллекторах — показатель бесперспективности их нефтегазоносности (Западная Сибирь) // Мат-лы VII Всеросс. литологического совещ. «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории». Новосибирск, 2013. Т. 2. С. 58–62.

Коробов А.Д., Коробова Л.А. Кислые экстрезивные купола — новый поисковый объект залежей углеводородов в палеорифтовых системах Западно-Сибирской плиты // Изв. Саратов. ун-та. 2004. Т. 4, №. 1–2. С. 93–100.

Коробов А.Д., Коробова Л.А., Ахлестина Е.Ф. Минеральные ассоциации продуктов гидротермального изменения ключ к пониманию возникновения зон разуплотнения и фазовой зональности углеводородов (на примере Западной Сибири) // Изв. Саратов. ун-та. 2008. Т. 8, №. 1. С. 42–50.

Коробов А.Д., Коробова Л.А., Колотухин А.Т. и др. Рифтогенно-осадочный нефтегазоносный комплекс платформ как порождение гидротермально-метасоматических процессов в породах переходного комплекса и чехла // Учен. зап. Казан. гос. ун-та. Сер. Естественные науки. 2011. Т. 153, № 4. С. 183–198.

Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане. Л.: Недра, 1987. 237 с.

Пилюгин А.Г., Таловина И.В., Воронцова Н.И. и др. Характер распределения редкоземельных элементов в рудах Еловского и Бурукталяского гипергенных никелевых месторождений // Зап. Горн. ин-та. 2011. Т. 196. С. 31–35.

Полынов Б.Б. Кора выветривания. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 240 с.

Сазонов В.Н., Викентьева О.В., Огородников В.Н. и др. Редкоземельные элементы в колонках пропилитизации, альбитизации, эйситизации и березитизации-лиственитизации пород различной кремнекислотности: эволюция распределения, причины и практическое значение // Литосфера. 2006. № 3. С. 108–124.

Тугарева А.В., Чернова Г.А., Яковлева Н.П., Мороз М.Л. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности доюрских отложений центральной части Западно-Сибирской плиты // Изв. вузов. Нефть и газ. 2017. № 5. С. 58–66.

Шлыков В.Г. Рентгеновский анализ минерального состава дисперсных грунтов. М.: ГЕОС, 2006. 176 с.

Шустер В.Л., Пуланова С.А. Обоснование перспектив нефтегазоносности юрско-палеозойских отложений и образований фундамента Западной Сибири // Георесурсы. 2016. Т. 18, № 4. С. 338–346.

Bloss F.D. Microstylolites in a rhyolite porphyry // Sediment. Petrol. 1954. Vol. 24. P. 252–254.

Bonnetier E., Misbah C., Renard F. et al. Does roughening of rock-fluid-rock interfaces emerge from a stress-induced instability? // Europ. Phys. J. B. 2009. Vol. 67, N 1. P. 121–131.

Golding H.G., Conolly J.R. Stylolites in volcanic rocks // J. Sediment. Res. 1962. Vol. 32, N 3. P. 534–538.

Gratier, J.P., Muquet, L., Hassani, R., Renard, F. Experimental microstylolites in quartz and modeled application to natural stylolitic structures // Struct. Geol. 2005. Vol. 27, N 1. P. 89–100.

Jébrak M. Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: a review of mechanisms, morphology and size distribution // Ore Geol. Rev. 1997. Vol. 12, N 3. P. 111–134.

Milnes A.R., Fitzpatrick R.W. Titanium and zirconium minerals // Minerals in Soil Environments. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wis., 1989. P. 1131–1205.

Reed M. Boiling, cooling, and oxidation in epithermal system: a numerical modelling approach // Rev. Econ. Geol. 1985. Vol. 2. P. 249–261.

Reyes A.G. Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment // Volcan. and Geotherm. Res. 1990. Vol. 43, N 1–4. P. 279–309.

Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements // Chemical geology. 1977. Vol. 20. P. 325–343.

Zheng Y.F., Hoefs J. Carbon and oxygen isotopic covariations in hydrothermal calcites // Mineral. Deposita. 1993. Vol. 28, N 2. P. 79–89.

Zou C. Volcanic reservoirs in petroleum exploration // Newnes. 2013. 204 p.

Поступила в редакцию 22.10.2018

Поступила с доработки 30.10.2018

Принята к публикации 11.12.2018