

ГЕОЛОГИЯ

УДК 552.54

*К. Ю. Васильева¹, В. Б. Ершова¹, Р. Р. Хуснитдинов², С. А. Соловьева²***ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ КУЮМБИНСКОЙ ПЛОЩАДИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ***

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

² ООО «Газпромнефть НТЦ», Российская Федерация, 190000, Санкт-Петербург, наб. Мойки, 75–79

Рифейские и вендские осадочные комплексы Куюмбинской группы месторождений (юго-запад Сибирской платформы) проходили диагенез в разных условиях: наиболее интенсивным вторичным преобразованиям карбонаты рифейского комплекса подверглись при формировании складчатой структуры, тогда как преобразования вендского комплекса происходили в условиях постепенного прогибания земной коры при относительно стабильном тектоническом режиме. Наибольшее влияние на коллекторские свойства рифейских пород оказали процессы кавернообразования в предвендское время. Первичное пустотное пространство было заполнено доломитом или халцедоном в результате перекристаллизации карбонатов и перераспределения кремнезема в довендское время. Библиогр. 14 назв. Ил. 5.

Ключевые слова: рифей, доломиты, вторичные изменения, Куюмбинская группа месторождений.

K. Yu. Vasilieva¹, V. B. Ershova¹, R. R. Khusnitdinov², S. A. Soloveva²

DIAGENETIC ALTERATION OF CARBONATE RESERVOIRS OF KUYUMBA OIL FIELD (SIBERIAN PLATFORM)

¹ St. Petersburg State University, 7/9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

² Gazprom Neft Scientific and Technical Center, 75–79, nab. Moiky, 190000, Russian Federation

The features of diagenetic environments of Riphean and Vendian rocks of Kuyumba oil-field group are discussed in this paper. It was established that Riphean and Vendian sections underwent diagenesis in different environments: secondary alterations of carbonates of Riphean strata were mostly subjected to folding, Vendian strata diagenesis underwent burial diagenesis in stable tectonic regimen. Dissolution and caving formation in pre-Vendian times are in charge of collector features forming, whilst earlier (even primary) pores were filled with dolomite and chalcedony before Vendian rocks were formed. Refs 14. Figs 5.

Keywords: Riphean, dolomites, secondary alterations, Kuyumba oil-field group

Введение

Объектом настоящего исследования являются карбонатные породы рифея-венда Куюмбинской группы месторождений нефти и газа (юго-запад Сибирской платформы, Байкитская антеклиз). Куюмбинско-Юрчубено-Тохомский ареал

* Исследования частично поддержаны грантом СПбГУ 3.38.137.2014.

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2016

нефтегазонакопления, в который входит исследуемая группа месторождений, является в своем роде уникальным: рифейские породы долгое время считались бесперспективными на нефть и газ, и скопления углеводородов были открыты только в 1970-х гг. [1].

Притоки нефти и газа в пределах Куюмбинской группы месторождений получены из различных стратиграфических уровней рифейского комплекса [2]. Исследуемые карбонатные отложения претерпели значительные постседиментационные преобразования, влияющие на свойства коллекторов. Целью представляемой работы был анализ интенсивности диагенетических изменений карбонатных коллекторов, основанный на детальном петрографическом и катодолюминесцентном исследовании.

Стратиграфия и геологическая обстановка

Куюмбинская группа месторождений расположена в центральной части Байкинской антеклизы (рис. 1). В структурном плане в ее пределах выделяют два этажа — рифейский и вендский. Рифейский этаж характеризуется блоковым строением, границы блоков контролируются разрывными нарушениями разных порядков [3]; залегание пород в основном субгоризонтальное, но в приразломных участках угол наклона достигает 30–40°, доходя до 90° [4]. В результате деформаций на предвендскую эрозионную поверхность были выведены рифейские толщи различных стратиграфических уровней [2]. Породы венда залегают на рифейских отложениях субгоризонтально.

Стратиграфическое расчленение и строение рифейского разреза во многом является дискуссионным из-за многочисленных разрывных нарушений и отсутствия полного разреза, вскрытого скважинами хотя бы в одном пересечении. Согласно стратиграфической схеме, предложенной специалистами Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья, разрез преимуще-

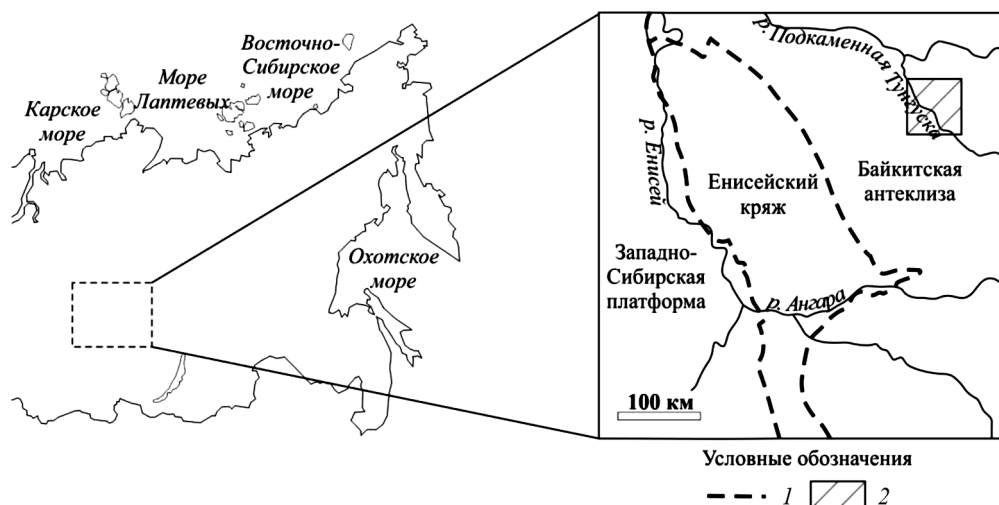


Рис. 1. Схема расположения исследуемого района: 1 — границы тектонических структур; 2 — район исследования

ственно карбонатных отложений рифея расчленяется на 12 свит (рис. 2). Все они, за исключением зелендуконской, объединены в камовскую серию, мощность которой достигает 4 км [5]. Зелендуконская, вздрэшевская и мадринская свиты отнесены к нижнему рифею, свиты с юрубченской по ирэмэкэнскую — к среднему рифею; схема корреляции рифейских пород составлена исходя из результатов хемотратиграфических исследований Е. М. Хабарова [2].

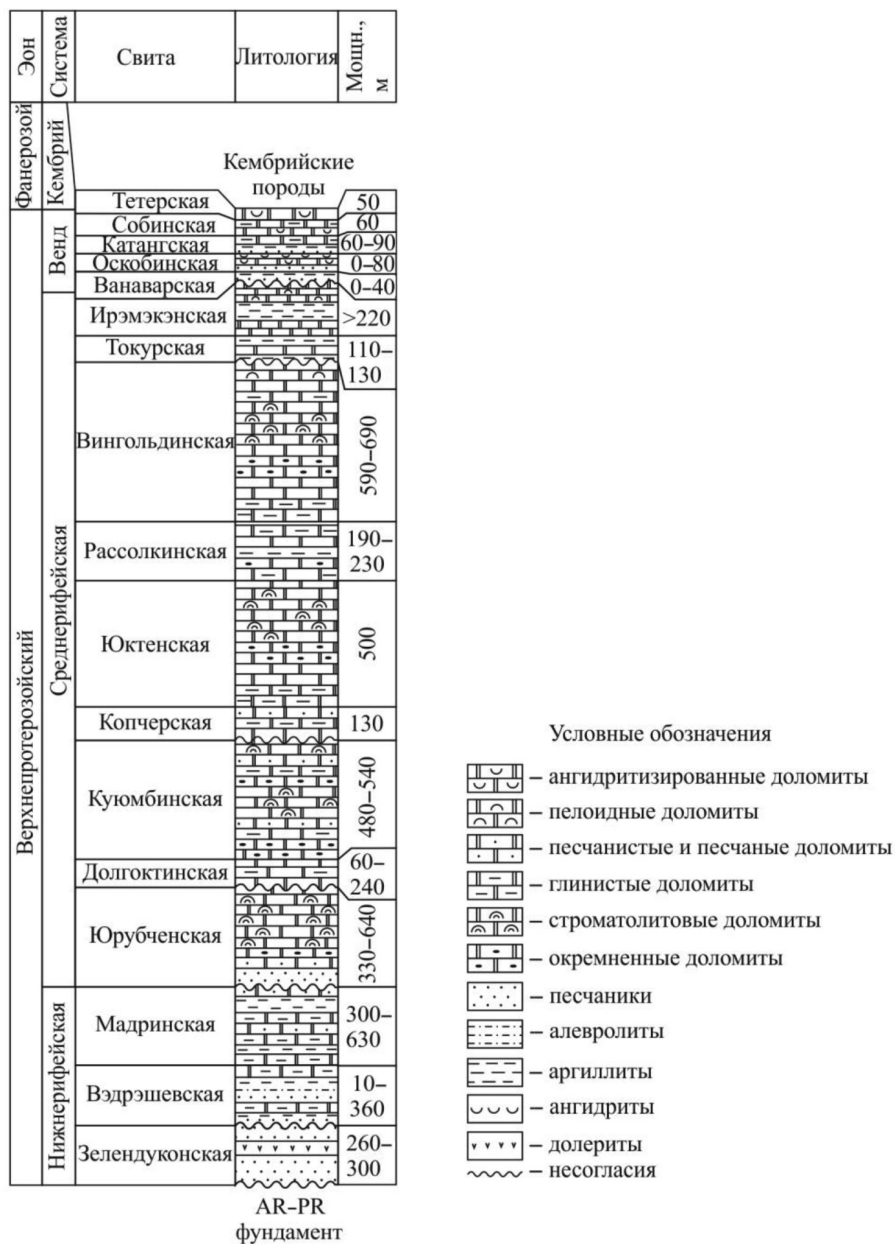


Рис. 2. Обобщенная стратиграфическая колонка рифейских и вендских отложений Куюмбинской группы месторождений по [2]

Считается [2], что породы рифея накапливались в пределах широкой мелко-водной шельфовой области, рельеф дна был слаборасчлененный, на положительных формах рельефа формировались рифоподобные строматолитовые постройки, отрицательные формы рельефа представляли внутришельфовые депрессии.

Венд-нижнекембрийские соленосно-карбонатные отложения, залегающие на рифейских с угловым несогласием, подразделяются на ванаварскую, оскобинскую, катангскую, собинскую и тэтэрскую свиты [6]. Отнесение свит к тому или иному отделу венда приводится вскользь в работе Н. В. Мельникова [5]: так, в ней ванаварская и оскобинская свиты относятся к нижнему венду, однако ссылок на авторов корреляции не приводится.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования петрографических и катодолюминесцентных характеристик пород послужили 110 непокрытых прозрачно-полированных шлифов доломитов, песчаников и ангидритов, отобранных из 11 скважин. Коллекция шлифов характеризует все свиты рифея (кроме ирэмэкэнской) и венда в пределах изучаемой группы месторождений. Петрографические типы доломита описаны в соответствии с классификацией Грегга и Сибли [7], классификация кристаллических доломитов в зависимости от размера приводится в соответствии со схемой Фолка 1962 года [8].

Катодолюминесцентные исследования проводились на микроскопе Olympus BX-53 с приставкой для холодной катодолюминесценции CИTL-5 (на базе кафедры региональной геологии Института наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет). Данные исследования позволяют выделять генерации карбонатных минералов по одинаковому катодолюминесцентному свечению (по петрографическим исследованиям генерации доломита неотличимы друг от друга) и более точно определять последовательность диагенетических преобразований.

Термин «диагенез» в данной работе применяется в значении всех изменений, которые происходят с породой за время литификации и последующих вещественных преобразований, т. е. включает все физические, химические и биологические процессы [9, 10].

Характеристики рифейского комплекса

Петрография вмещающих пород

Исследованные породы рифея представлены скрыто-тонкокристаллическими доломитами субгедрального или ангедрального (единично) типа, часто с примесью обломочных зерен кварца песчаной или алевритовой размерности. Доломиты, слагающие матрикс пород, имеют неоднородное катодолюминесцентное свечение красного цвета, катодолюминесцентная зональность для кристаллов матрикса не характерна. Содержание обломочных кварцевых зерен колеблется до 60–70%; катодолюминесцентное свечение зерен кварца голубое (чаще у зерен алевритовой

размерности) или отсутствует (чаще у зерен песчаной размерности). Редко в породах встречаются водорослевые сгустки и интракласты; два образца представлены строматолитовыми доломитами.

Диагенетические изменения

Детальные петрографические и катодолюминесцентные исследования позволили выявить следующие постседиментационные изменения рифейских карбонатов в пределах Куюмбинской площади:

1. При *перекристаллизации и уплотнении* происходило увеличение размерности кристаллов доломита с образованием искривленных границ зерен (характерных для субгедрального типа доломита), что вело к снижению пористости. Перекристаллизованные зерна обладают незональным катодолюминесцентным свечением. При уплотнении образовались стилолитовые швы, которые секут зоны внутри кристаллов доломита, т. е. их образование происходило после вторичной доломитизации. В образце из вингольдинской свиты вблизи трещины отмечены микростилолитовые швы между зернами кварца.

2. *Образование доломитового цемента в интракластовых и сгустковых доломитах.* Кристаллы доломита в цементе обладают (в отличие от перекристаллизованных разновидностей доломита) зональным катодолюминесцентным свечением от темно-бордового до красного цвета (обычно в кристаллах доломита наблюдаются 3–5 зон).

3. *Вторичная доломитизация пород по трещинам* отмечена во всех свитах среднего-верхнего рифея. Кристаллы вторичного доломита обладают желтым до почти черного катодолюминесцентным свечением, преобладают кристаллы доло-



Рис. 3. Фотография трещинного доломита (вингольдинская свита) при катодолюминесцентном свечении. Белые стрелки указывают на участки растворения отдельных зон в кристаллах доломита

мита с отчетливой тонкой зональностью. Отмечаются поверхности растворения и вторичного обрастания в пределах отдельных кристаллов, указывающие на неоднократный процесс перераспределения карбонатного вещества в трещинах (рис. 3). В отраженном свете были отмечены тонкодисперсные примазки гематита как в самих кристаллах доломита, так и на их границах.

4. *Окремнение* отмечено для образцов из вингольдинской и куюмбинской свит. Окремнение, вероятно, происходило в два этапа. На первом этапе оно развивалось по строматолитовым доломитам и, вероятно, происходило на стадии раннего диагенеза [3]. Второй этап окремнения происходил на более поздней стадии постседиментационного изменения карбонатов, после образования трещинного доломита, видимо, при локальном перераспределении кремнезема. Халцедон во всех образцах не обладает катодолюминесцентным свечением.

5. *Выщелачивание и образование вторичного пустотного пространства* отмечено для одного образца юрубченской свиты.

Характеристика вендского комплекса

Петрография вмещающих пород

Исследованные карбонатные породы венда представлены скрыто-тонкозернистыми идиоморфными эвгедральными или субгедральными доломитами, часто с примесью зерен кварца алевритовой размерности (до 5–10%, катодолюминесцентное свечение кварца голубое или зеленое). Скрытокристаллические доломиты венд-кембрийских отложений характеризуются оранжевым катодолюминесцентным свечением — почти однородным; в тонкокристаллических разностях отмечается зональность кристаллов доломита: красное ядро и оранжевая окантовка.

Диагенетические изменения

Вендские осадочные породы изучаемого региона были подвержены следующим постседиментационным преобразованиям:

1. *Перекристаллизация и уплотнение пород* происходили менее интенсивно, чем в породах рифея. Д. К. Патрунов [11] отмечал, что пелитоморфные и мелкокристаллические доломиты (размер кристаллов до первых десятков микрон) образуются либо в условиях раннего диагенеза, либо являются первичными. Уплотнение пород сопровождалось образованием стилолитовых швов и переходом гипса в ангидрит при дегидротации.

2. *Вторичная доломитизация* выражается в заполнении небольших пустот (до 200 мкм) кристаллами цементного доломита, катодолюминесцентные характеристики которого близки к доломитам вмещающей породы; видимо, заполнение пустот доломитом происходило на ранних этапах диагенеза породы.

Анализ последовательности диагенетических преобразований пород рифея-венда

Петрографические и катодолюминесцентные исследования рифейского и вендского осадочного разреза показали, что слагающие его породы несут следы различных постседиментационных процессов: в рифейских породах широко развиты процессы перекристаллизации, образования и заполнения трещин, окремнения, в то время как вендские породы претерпели менее значительные постседиментационные изменения.

Диагенез рифейского комплекса

Процессы диагенеза в рифейском комплексе происходили на разных этапах преобразования пород. На этапах седиментогенеза и раннего диагенеза происходило образование доломитового цемента в ступчатых и интракластовых доломитах и окремнение, отмеченное в строматолитовых доломитах [3].

На этапе погружения и глубокого погружения (*burial and deep burial diagenesis* в западной литературе [10]) породы уплотнялись, перекристаллизовывались, происходило заполнение вторичным доломитом первичного порового пространства. Наиболее развитыми диагенетическими процессами в породах рифея являются уплотнение и последующее образование вторичного доломита (рис. 4, жирная линия на диаграмме). Завершающей стадией вторичных преобразований, относимой нами к этому этапу, является заполнение кристаллами доломита многочисленных трещин, пронизывающих рифейскую толщу. Трещинный доломит, встреченный

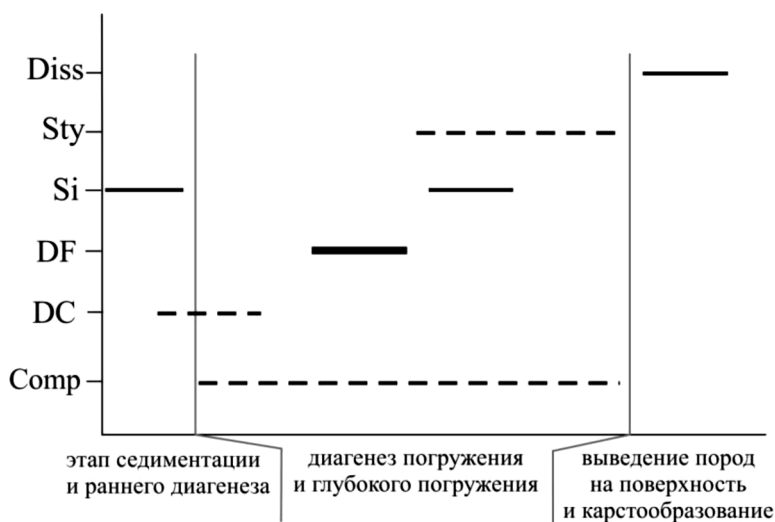


Рис. 4. Последовательность преобразований пород рифея Куymbинской площади месторождений на основании петрографического и катодолюминесцентного анализа: Comp — уплотнение; DC — доломит, заполняющий пустоты в пеллоидных доломитах; DF — вторичный трещинный доломит; Si — окремнение, Sty — образование стилолитовых швов; Diss — выщелачивание; жирные линии показывают наиболее распространенные вторичные процессы и уплотнение

в образцах всех уровней среднего-верхнего рифея, имеет сходные катодолюминесцентные характеристики, и поэтому его образование связывается нами с процессами, происходившими с породами после накопления всей толщи рифея, т.е. в предвендское время. Второй этап окремнения, согласно нашим исследованиям, происходил после образования трещинного доломита и связан, по-видимому, с локальным перераспределением кремнезема. Стилолитовые швы образовывались после доломитизации пород, но соотношение процессов стилолитизации и окремнения определить невозможно (рис. 4, пунктирная линия на диаграмме).

Определению условий образования вторичного доломита по данным катодолюминесцентного анализа посвящено немного работ, например [10, 12–14]. По-видимому, образование исследованных вторичных доломитов связано с высокотемпературными процессами, о чем говорят катодолюминесцентные характеристики — многочисленные тонкие зоны, коррозия отдельных зон, включения в кристаллы доломита гематита. Подобные характеристики описаны для вторичных доломитов из нижнеордовикских известняков, обнажающихся в северных и южных Аппалачах [10]. Образование отдельных доломитовых зон происходило в несколько этапов, при разных температурах (80–200 °С), на различных этапах совместно с доломитом появлялись сульфидные минералы и углеводороды. Диагенез пород ордовика Аппалачей связывают с аллеганским/уошитским орогенезом. Вероятно, вторичное доломитообразование, широко представленное в рифейских толщах Куюмбинской группы месторождений, было связано с миграцией флюидов при тектонических событиях, приведших к формированию складчатой структуры данного комплекса.

Завершающим этапом преобразования пород рифея Куюмбинской площади явилось выщелачивание доломитов и образование каверн, происходившее во время предвендской экспозиции пород рифея. Вероятно, именно с этим процессом было связано формирование коллекторских свойств рифейских карбонатов, так как именно к этой зоне приурочены основные скопления углеводородов [1].

Диагенез вендского комплекса

Отложения венда Куюмбинской площади претерпели следующие постседиментационные изменения: уплотнение с образованием стилолитовых швов с амплитудой более 1 см, образование тонких жил, заполненных глинистым веществом. Подобные вторичные изменения относят к диагенезу глубокого погружения в условиях постепенного прогибания земной коры при относительно стабильном тектоническом режиме [10]. Временные соотношения отмеченных диагенетических изменений установить сложно.

Заключение

Проведенные петрографические и катодолюминесцентные исследования рифейских и вендских отложений Куюмбинской площади позволили выявить взаимоотношения дигенетических минералов и последовательность постседиментационных изменений и выделить четыре основных этапа преобразования пород рифея и венда Куюмбинской площади (рис. 5):

1) этап раннего диагенеза рифейских толщ, во время которого происходили окремнение доломитов и образование цемента;

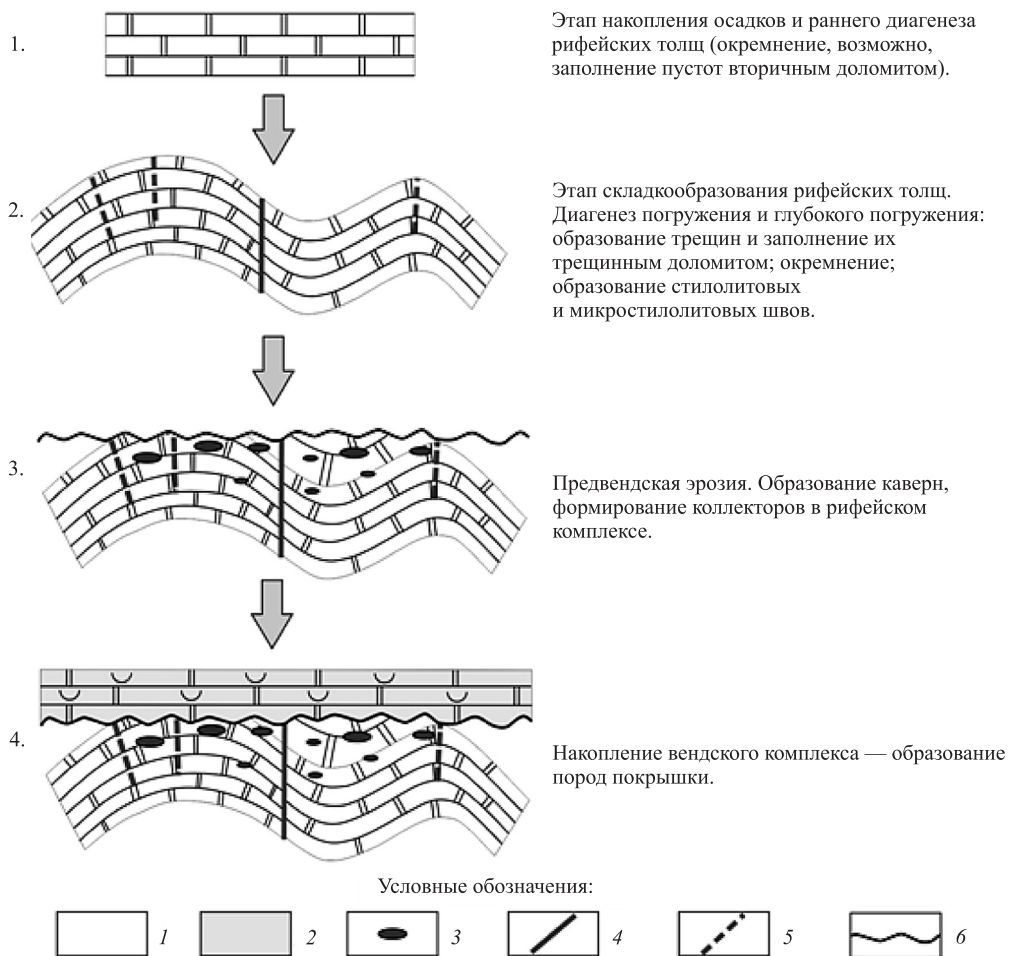


Рис. 5. Модель постседиментационных преобразований исследуемых карбонатов рифея-венда Курумбинской площади: 1 — породы рифея; 2 — породы венда; 3 — каверны; 4 — трещины, не заполненные доломитом; 5 — трещины, заполненные доломитом; 6 — поверхность предвендского перерыва

2) этап смятия, на котором породы рифея были разбиты системой разломов и трещин. Трещины частично заполнены доломитом, который характеризуется ярким катодолюминесцентным свечением с многочисленными тонкими зонами;

3) предвендская эрозия, в результате которой произошло выщелачивание карбонатов в близповерхностных условиях с формированием вторичного пористого и кавернозного пространства в рифейских породах;

4) последняя стадия, с накоплением вендских соленосно-карбонатных отложений, залегающих с угловым несогласием на выветрелой и кавернозной толще рифейских карбонатов. К этой стадии нами также отнесены диагенетические преобразования вендских пород — доломитизация, перекристаллизация.

Первичное поровое пространство в рифейских отложениях Курумбинской группы месторождений было заполнено на стадии перекристаллизации и вторич-

ной доломитизации. Распределение пустотного пространства в рифейских отложениях в первую очередь контролируется процессами выщелачивания и кавернообразования, связанными с экспозицией и эрозией рифейского комплекса в предвендское время.

* * *

Приведенные в статье материалы публикуются с разрешения ООО «Газпромнефть НТЦ».

Литература

1. Харахинов В. В., Шленкин С. И., Зеренинов В. А., Рябченко В. Н., Зощенко Н. А. Нефтегазоносность докембрийских толщ Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазонакопления // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6. № 1. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/12_2011.pdf (дата обращения: 20.12.2015)
2. Харахинов В. В., Шленкин С. И. Нефтегазоносность докембрийских толщ Восточной Сибири на примере Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазонакопления. М.: Научный мир, 2011. 420 с.
3. Вараксина И. В., Хабаров Е. М. Микроструктуры, литологические ассоциации и условия образования рифейских строматолитов Байкитской антеклизы (запад Сибирской платформы) // Литосфера. 2007. № 4. С. 59–72.
4. Хабаров Е. М., Вараксина И. В. Строение и обстановки формирования мезопротерозойских нефтегазоносных карбонатных комплексов запада Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 8. С. 1173–1198.
5. Мельников Н. В. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири: В 9 кн. Кн. 1: Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Новосибирск: Гео, 2005. 428 с.
6. Конторович А. Э., Изосимова А. Н., Конторович А. А. Геологическое строение и условия формирования гигантской Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления в верхнем протерозое Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1996. Т. 37, № 8. С. 166–195.
7. Gregg, J. M., Sibley, D. F. Epigenetic dolomitization and the origin of xenotopic dolomite texture // Journal of Sedimentary Petrology. 1984. Vol. 53. P. 908–931.
8. Scholle P. A., Ulmer-Scholle D. S. A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, porosity, diagenesis // AAPG Memoir. Vol. 77. 2003. 474 p.
9. Flugel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 996 p.
10. Moore C. H. Carbonate reservoirs. Porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphy framework. Elsevier, 2001. 461 p.
11. Патрунов Д. К. Доломиты и доломитизация // Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. Общая геология. М., 1983. Т. 17. 113 с.
12. Richter D. K., Gotte Th., Gotze J., Neuser R. D. Progress in application of cathodoluminescence (CL) in sedimentary petrology // Mineralogy and Petrology. 2003. Vol. 79. P. 127–166.
13. Boggs S. Jr., Krinsley D. Application of Cathodoluminescence Imaging to the study of Sedimentary rocks. Cambridge University Press, 2006. 178 p.
14. Gillhaus A., Richter D. K., Götte Th., Neuser R. D. From tabular to rhombohedral dolomite crystals in Zechstein 2 dolostones from Scharzfeld (SW Harz/Germany): A case study with combined CL and EBSD investigations // Sedimentary geology. 2010. Vol. 228. P. 284–291.

References

1. Kharakhinov V. V., Shlenkin S. I., Zereninov V. A., Riabchenko V. N., Zoshchenko N. A. Neftegazonosnost' dokembriiskikh tolshch Kuiuimbinsko-Iurubcheno-Tokhomskogo areala neftegazonakopleniia [перевод]. Neftegazovaia geologiia. Teoriia i praktika [Petroleum geology. Theory and practice]. 2011, vol. 6, no. 1. Available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/12_2011.pdf (accessed)
2. Kharakhinov V. V., Shlenkin S. I. Neftegazonosnost' dokembriiskikh tolshch Vostochnoi Sibiri na primere Kuiuimbinsko-Iurubcheno-Tokhomskogo areala neftegazonakopleniia [Hydrocarbon potential of Precambrian

strata of West Siberia in terms of Kuyumba-Jurubchen-Tohomsk area of oil and gas depositing]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2011. 420 p. (In Russian)

3. Varaksina I. V., Khabarov E. M. Mikrostruktury, litologicheskie assotsiatsii i usloviia obrazovaniia ri-feiskikh stromatolitov Baikitskoi anteklizy (zapad Sibirskoi platformy) [Microstructures, lithological associations and genesis of Riphean Stromatolites of the Baikit antecline (Western Siberian platform)]. *Litosfera* [Lithosphere], 2007, vol. 4, pp. 59–72. (In Russian)

4. Khabarov E. M., Varaksina I. V. Stroenie i obstanovki formirovaniia mezoproterozoiskikh neftegazonosnykh karbonatnykh kompleksov zapada Sibirskogo kratona [The structure and depositional environments of Mesoproterozoic petroliferous carbonate complexes in the Western Siberian platform]. *Geologiya i geofizika* [Geology and geophysics], 2011, vol. 52, no. 8, pp. 1173–1198. (In Russian)

5. Mel'nikov N. V. *Stratigrafiia neftegazonosnykh basseinov Sibiri. V 9 kn. 1: Rifei i vend Sibirskoi platformy i ee skladchatogo obramleniia* [Stratigraphy of petroliferous basins of Siberia. Book 1: Riphean and Vendian of Siberian platform and its folded edges. Novosibirsk]. Novosibirsk, Geo Publ., 2005. 428 p. (In Russian)

6. Kontorovich A. E., Izosimova A. N., Kontorovich A. A. Geologicheskoe stroenie i usloviia formirovaniia gigantskoi lurubcheno-Tokhomskoi zony neftegazonakopleniia v verkhnem proterozoe Sibirskoi platformy [Geological structure and conditions of the formation of the giant Yurubcheno-Tokhoma zone of oil and gas accumulation in the Upper Proterozoic of the Siberian Platform]. *Geologiya i geofizika* [Geology and geophysics], 1996, vol. 37, no. 8, pp. 166–195. (In Russian)

7. Gregg, J. M., Sibley, D. F. Epigenetic dolomitization and the origin of xenotopic dolomite texture. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1984, vol. 53, pp. 908–931.

8. Scholle P. A., Ulmer-Scholle D. S. A *Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, porosity, diagenesis*. AAPG Memoir Volume 77. 2003. 474 p.

9. Flugel E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. 996 p.

10. Moore C. H. *Carbonate reservoirs. Porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphy framework*. Elsevier, 2001. 461 p.

11. Patrunov D. K. Dolomity i dolomitizatsiia [Dolomites and dolomitization]. *Itogi nauki i tekhniki VINITI. Ser. Obshchaia geologiya. T. 17* [Totals of Science and technics, VINITI. Ser. General Geology, Vol. 17]. Moscow, 1983. 113 p. (In Russian)

12. Richter D. K., Gotte Th., Gotze J., Neuser R. D. Progress in application of cathodoluminescence (CL) in sedimentary petrology. *Mineralogy and Petrology*, 2003, vol. 79, pp. 127–166.

13. Boggs S., Jr., Krinsley D. *Application of Cathodoluminescence Imaging to the study of Sedimentary rocks*. Cambridge University Press, 2006. 178 p.

14. Gillhaus A., Richter D. K., Götte Th., Neuser R. D. From tabular to rhombohedral dolomite crystals in Zechstein 2 dolostones from Scharzfeld (SW Harz/Germany): A case study with combined CL and EBSD investigations. *Sedimentary geology*, 2010, vol. 228, pp. 284–291.

Статья поступила в редакцию 22 декабря 2015 г.

Контактная информация:

Васильева Ксения Юрьевна — магистр, инженер; k.vasilyeva@spbu.ru

Ершова Виктория Бэртровна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент; v.ershova@spbu.ru

Хуснитдинов Рустам Рафаилович — магистр, главный специалист; Khusnitdinov.RR@gazpromneft-ntc.ru

Соловьева Светлана Александровна — магистр, специалист; Soloveva.SA@gazpromneft-ntc.ru

Vasilyeva Kseniia Yu. — master, engineer; k.vasilyeva@spbu.ru

Ershova Victoria B. — PhD, associated professor; e-mail: v.ershova@spbu.ru

Khusnitdinov Rustam R. — master, head specialist; Khusnitdinov.RR@gazpromneft-ntc.ru

Soloveva Svetlana A. — master, specialist; Soloveva.SA@gazpromneft-ntc.ru