

О.Ю. Мельничук
ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург

МИКРОТРЕЩИНЫ В ВЕРХЕДЕВОНСКИХ ПЕСЧАНЫХ ПОРОДАХ КОДИНСКОГО БЛОКА АЛАПАЕВСКО-ТЕЧЕНСКОЙ ЗОНЫ (СРЕДНИЙ СЕГМЕНТ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОЙ МЕГАЗОНЫ)

В работе рассмотрены микромасштабные (в шлифах) трещины в песчаниках верхнефранской кодинской и фаменской устькодинской свит. Установлено, что их генезис и генезис их выполнения связан с позднекатагенетическими и наложенными регрессивными литогенетическими преобразованиями. При этом для выполняющих их минералов кремнезёма в качестве источников флюидов предполагаются соединения, высвобождавшиеся при трансформации смектита в иллит, а для карбонатов в этой роли могли выступать они же или флюиды других формаций (подстилающей кодинскую свиту карбонатной толщи или толщ обрамления Кодинского блока) либо воды седиментосферы.

Ключевые слова: верхний девон, кодинская свита, устькодинская свита, песчаники, постседиментационные изменения, микротрещины.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2022.154

В соответствии с [2] Кодинский блок представляет собой вытянутую в направлении СВ–ЮЗ структуру, входящую в систему Каменско-Карабольских блоков Алапаевско-Теченской зоны. В строении блока принимают участие средне- (рудьянская толща) и позднедевонские (кодинская и устькодинская свиты) толщи, имеющие в основном СЗ, ССЗ либо СЗЗ нормальное, а в северо-восточной части блока – перевернутое залегание. Ближайшее обрамление блока слагают ниже–среднекаменноугольные вулканогенная бекленищевская, карбонатная исетская и терригенно-карбонатные щербаковская и кунарская свиты. Контакты между перечисленными стратонами тектонические, при этом предполагается, что в восточной части блока каменноугольные образования надвинуты на девонские.

Кодинская свита (мощность порядка 950 м) слагает большую часть Кодинского блока. В окрестностях г. Каменск-Уральский, на обоих берегах р. Исеть, на всем протяжении от окраины д. Кодинка до с. Щербаково и, частично, выше него, обнажается наиболее представительный разрез свиты, сложенный дельтовыми, продельтовыми и мелководно-морскими отложениями. Также она вскрыта в карьерах

юго-западнее с. Черемхово в северной части блока. Наиболее полно сохранившиеся разрезы глубоководной устькодинской свиты (общей мощностью порядка 1000 м) можно наблюдать в карьере на окраине д. Кодинка и на левом берегу р. Исеть выше с. Щербаково. Мощности этих разрезов не велики и не превышают 50–100 м. По находкам комплекса брахиопод кодинская свита относится к верхней части франского яруса (губинский горизонт), а устькодинская – к фаменскому ярусу в объёме шаймейского, чепчуговского и, предположительно, хвощевского горизонтов [6]. В составе каждой из указанных толщ преобладают песчаники и аргиллиты (в ассоциации с мелкозернистыми алевролитами), тогда как псефитолиты и карбонатные породы играют подчиненное значение.

Интрузивные образования для рассматриваемых толщ не характерны и встречаются в разрезах на р. Исеть относительно редко. В настоящее время изучена дайка из разреза кодинской свиты, выполненная интенсивно карбонатизированным и хлоритизированным лампрофиром [4], и дайки долеритов, секущие песчаники и аргиллиты устькодинской свиты [1]. Они сопоставляются с магматическими породами бекленищевской свиты и связаны с надсубдукционным вулканизмом.

Различные нарушения сплошности пород, в том числе смятия и дизъюнктивные дислокации, а также трещины встречаются в составе свит достаточно часто. Последние представляют особый интерес, так как нередко являются проводниками флюидов на внутри- и межформационном уровне и, соответственно, могут быть использованы в качестве индикаторов различных литогенетических процессов. Непосредственному изучению микротрещин и ассоциирующихся с ними сутурных швов в песчаниках породах кодинской и устькодинской посвящена настоящая работа.

По наличию тех или иных аутигенных минералов и их парагенезов среди песчаных пород выделяется три петротипа. *Первый* является наиболее распространенным и представляет собой полевошпатовые граувакки с преобладанием хлорита в цементе, с конформными и инкорпорационными межзерновыми контактами (МЗК). Содержание зёрен кварца в них составляет порядка 10–20% от суммы главных аллотигенных компонентов, полевых шпатов (кислые и средние плагиоклазы, калиевые разновидности редки) – 25–40%, обломков пород – до 65%. Последние представлены магматическими породами основного/среднего и кислого состава, кремнями, метаморфическими разновидностями (кварцитами, микрокварцитами, слюдяными сланцами и серпентинитами),

аргиллитами. Породы средней, реже в плохой и хорошей степени сортировки. Микротекстура слоистая, в основном горизонтальная.

По наличию трещин или их отсутствию первый петротип разделяется на два подтипа. В том и в другом основная масса сцементирована хлоритом, слагающим плёнки, в том числе крустификационные каёмки, и выполняющим поры. Среди других аутигенных минералов следует отметить кальцит, кварц и иллит (в составе плёнок и порового цемента?), а также каолинит. Два последних минерала диагностированы только по данным рентгеноструктурного анализа. Регенерация кварца не развита либо наблюдается для единичных зёрен в виде полных каёмок или неполных отростков. Карбонатные минералы слагают поровый, в том числе пойкилитовый цемент и могут выполнять порфиробласты в порах, заполненных хлоритом.

Трещины и микротрещины во втором петротипе единичные либо формируют системы, разной степени раскрытости и с разным заполнением. По отношению к залеганию слоев трещины поперечные и косые, в том числе разветвляющиеся. Как правило, чем шире раскрыта трещина, тем крупнее размер кристаллов в ней. Однако иногда она залечена кристаллами разного размера, что особенно характерно для кремнезёма. Нередким является и полиминеральное заполнение трещин, например, кремний и карбонат. Причем кремнистый минерал находится ближе к стенкам. Следовательно, можно предполагать, что он кристаллизовался раньше, чем кальцит или доломит.

Окремнение встречается и в поровом пространстве (моно- и поликристаллический цемент), вблизи трещин и на некотором удалении от них, а также вокруг зёрен кварца, обломков метаморфических, кремнёвых и, иногда, кислых вулканических пород, в форме регенерации или пойкилитового цемента. Карбонатные минералы также могут быть развиты возле трещин и в породе, корродируя основную массу, а также по мелким трещинам в зёрнах. Последовательность кристаллизации, наблюдаемая в трещинах, обнаруживается и в порах.

Существует ещё несколько особенностей, встречающихся в составе породы рассматриваемого подтипа: хрупкие деформации полевых шпатов (ПШ) – разделение на осколки с смещением, кремней – с полосами деформации, кварца – с полосками Бёма, а также трещинки в кварце примерно параллельные направлению трещин в породе. Имеют место также шиповидные врастания чешуек хлорита в зёрна кварца и ПШ, рекристаллизационно-бластическое замещение кварца кварцем, цемент проникновения. Представляется, что в составе данного подтипа чаще встречаются инкорпорационные МЗК, чем в аналогичных песчаниках, сцементированных хлоритом.

Второй петротип представляет собой песчаники с преобладанием карбонатных минералов в цементе и песчаные известняки – это разности с поровым и базальным в разной степени раскристаллизованным карбонатным цементом (кальцитом и доломитом), в основном тонко- и микрокристаллическим, а также скрытокристаллическим, более крупные кристаллы редки. Содержание цемента составляет от 10% до 40–50% и даже 70% от площади шлифа. Среди пород данного петротипа нами выделяется три подтипа: первый – с многочисленными (до 20 % от площади шлифа) окатанными и полуокатанными обломками хлоритизированного вулканического стекла; второй – интенсивно карбонатизированные песчаники и песчаные известняки, в которых карбонатный цемент (несколько генераций) корродирует аллотигенные компоненты, в том числе интенсивно; третий подтип – с трещинами. Отличается от других песчаников второго петротипа несколько лучшей степенью раскристаллизации цемента. Карбонатные минералы (кальцит, в редких образцах – вместе с доломитом), выполняющие трещины, иногда совместно с кремнезёмом, раскристаллизованы лучше, чем цемент. В основном это мелко- и тонкокристаллические, иногда среднекристаллические зёрна, в песчаниках устькодинской свиты встречаются также крупно- и даже гигантокристаллические индивиды. Как правило, в трещинках, пронизывающих карбонатизированные псаммитолиты устькодинской свиты, кристаллы кремнезёма тоже более крупные. К третьему подтипу следует отнести ещё и песчаники, которые, вероятно, изначально были граувакками с хлоритовым цементом, но в настоящее время у них пойкилитовый (как правило) карбонатный и кремневый цемент

Третий петротип – интенсивно ожелезненные песчаники – представляет собой фрагменты и реликты, реже целые зёрна, кварца, плагиоклазов, вулканитов, хлоритизированного вулканического стекла, корродированные, замещенные и цементированные микрокристаллическими и аморфными оксидами и оксигидроксидами железа.

Стадию постседиментационных преобразований изученных песчаников можно оценить как позднекатагенетическую. В первую очередь об этом свидетельствует массовое развитие хлоритового цемента в грауваках. Согласно [13], оно связано с растворением аксессуарных минералов, преобразованиями вулканических стекол, в том числе обломков основных и средних вулканитов, а также с трансформацией смектитов при нагреве более 120°С. Для позднего катагенеза также характерно [9 и ссылки в ней]: (1) широкое развитие конформных и инкорпорационных контактов, являющихся результатом гравитационного уплотнения

и коррозии зёрен, (2) пластические, гибкие и хрупкие деформации аллотигенных компонентов, в том числе трещины в породе, и (3) практически полная трансформация смектитов в ССО ряда иллит–смектит и хлорит–смектит, наиболее благоприятные условия для которой отвечают температурам начала позднего катагенеза, а также (4) наличие швов флюидоразрыва, источниками вещества для образования которых могут быть, в том числе флюиды, возникшие при трансформации смектитов в глинистых отложениях, переслаивающихся с песчаниками. При этом для аргиллитов и ассоциирующихся с ними мелкозернистых глинистых алевролитов кодинской и устькодиской характерно неравномерная (не во всех образцах оно полное) афациальная трансформация иллита в смектит [3, 5].

Можно предполагать, что трещины образовались после внутрислоевого растворения с выносом вещества, так как они иногда секут сутурные швы. Последние в таких образцах могли быть проводниками соединений Si, K, Al. Так, в одном из шлифов (обр. 3155-10-7) можно наблюдать как сутурный шов на определенных участках размыкается, становясь зоной стилолитизации, в осевой части которой раскристаллизован кремнезём, а в органическом веществе (ОВ) видны мелкие чешуйки с яркими интерференционными окрасками, характерными для мусковита. Параллельно этой зоне в образце развиты очень тонкие трещины, выполненные карбонатным и кремниевым материалом.

Однако трещины в породах и выполняющие их и поровое пространство, а также сутурные швы, минералы кремния, а тем более карбонатные, не обязательно имеют исключительно позднекатагенетическую природу. Их аутигенез, возможно, связан не только с фоновыми литогенетическими преобразованиями, протекающими при погружении отложений, но и со вторичными изменениями, имеющими наложенный характер. Так, аутигенные чужеродные (аутигенные аллогенетические по [8]) или наложенные минералы имеют ряд отличительных признаков [10, с. 45]. Во-первых, аутигенный минерал не имеет аналогов среди аллотигенных компонентов породы. Во-вторых, площадь таких минеральных новообразований в сечении шлифа значительно превышает суммарные размеры площади сечения его потенциальных доноров и размеры коррозионных полостей. В-третьих, для аутигенных чужеродных минералов может быть характерно несколько генераций (две и более) в породе. Четвертый отличительный признак – их афациальность. Всем этим критериям рассматриваемые новообразования кремниевых и

карбонатных минералов удовлетворяют. На их наложенный характер, по-видимому, указывает и парагенез с весьма редко встречающимися в песчаниках структурно-вещественными признаками (полоски Бёма, рекристаллизационно-бластическое замещение кварца кварцем и прочие), характерными для метагенеза согласно [7, 9 и ссылки в ней].

Неравномерная степень трансформации смектитов аргиллитов и глинистых алевролитов в разрезе может быть связана с прогревом в результате взаимодействия пород с дайками бекленищевской свиты, а также вдоль разломов в ходе воздымания и деформации толщ. Похожее явление описано, например, Д. Гелингом для третичных отложений юго-запада Рейнского грабена [11], а также Дж. Шунмейкером с соавторами для палеоген–неогеновых пород аккреционной призмь Барбадос [12].

Как уже упоминалось, источником кремнезёма в трещинах являются флюиды, высвобождающиеся при трансформации смектита в иллит. Однако, сложно сказать, что именно являлось источником соединений, из которых осаждались карбонаты. В этой роли могли выступать как флюиды, возникшие в результате трансформации смектитов, так и, например, флюиды других формаций (подстилающей кодинскую свиту карбонатной толщи или толщ обрамления Кодинского блока) либо воды седиментосферы.

Таким образом, микротрещины и их минеральное выполнение в глинистых и песчаных верхнедевонских породах Кодинского блока, очевидно, генетически связаны с позднекатагенетическими и регрессивными литогенетическими изменениями пород.

Исследования выполнены в рамках темы АААА-А18-118053090044-1 государственного задания ИГГ УрО РАН

Библиографический список

1. Волчек Е.Н., Червяковский В.С. Вещественный состав долеритов даек в верхнедевонских отложениях р. Исети // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 157. Екатеринбург, 2010. С. 113–115.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Среднеуральская. Лист О-41-XXXII / под ред. М. С. Рапопорта. – Верхняя Пышма: Комитет природных ресурсов по Свердловской области, 2000.
3. Мельничук О.Ю. Устькодинская свита фамена восточного склона Среднего Урала: фациально-генетические реконструкции. Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2018б. № 3 (269). С. 8–16.
4. Мельничук О.Ю., Волчек Е.Н. Вещественный состав дайки из разреза кодинской свиты на р. Исеть (восточный склон Среднего Урала) // Ежегодник-2017. Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 165. Екатеринбург, 2018. С. 131–135.
5. Мельничук О.Ю., Рянская А.Д. Особенности вещественного состава аргиллитов кодинской свиты (верхний девон, восток Среднего Урала) // Литосфера. 2017. Т. 17. № 3. С. 71–86.
6. Наседкина В.А., Зенкова Г.Г. Биостратиграфия верхнего девона на восточном

склоне Среднего и Северного Урала // Проблемы стратиграфии и палеонтологии Урала. Екатеринбург, 1999. С. 50–74.

7. *Симанович И.М.* Кварц песчаных пород (генетические типы и постседиментационные преобразования). М.: Наука, 1978. 152 с.

8. *Холодов В.Н.* О терминах, применяемых при изучении вторичных изменений осадочных пород // Литология и полез. ископаемые. 1970. № 6. С. 91–101.

9. *Янаскурт О.В.* Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов породо- и рудообразования. М.: ЭСЛАН, 2008. 356 с.

10. *Янаскурт О.В.* Новое о типизации постседиментационных преобразований терригенных отложений континентов и их окраин (с учетом влияния геодинамических факторов на литогенез // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2014. № 4. С. 42–49.

11. *Heling D.* Diagenetic alteration of smectite in argillaceous sediments of Rhinegraben (SW Germany) // Sedimentology. 1974. V. 21. P. 463–472.

12. *Schoonmaker J., Mackenzie F.T., Speed R.C.* Tectonic implications of illite/smectite diagenesis, Barbados accretionary prism // Clays Clay Miner. 1986. V. 34. P. 465–472.

13. *Worden R.H., Griffiths J., Wooldridge L.J., Utley J.E.P., Lawan A.Y., Muhammed D.D., Simon, N., Armitage P.J.* Chlorite in sandstones // Earth-Sci. Rev. 2020. V. 204. P. 1–38.

UPPER DEVONIAN SANDSTONE MICROFRACTURES
(KODINKA FAULT BLOCK, ALAPAYEVSK-TECHA ZONE,
MIDDLE URALS EASTERN SLOPE)

O.Yu. Melnichuk

o.u.melnichuk@gmail.com

Microscale fractures of Upper Frasnian Kodinka Formation and Famennian Ust'kodinka Formation sandstones are considered in this work. It's found that genesis of the microfractures and their mineral filling is associated with late and uplift diagenetic alterations. Moreover we suppose that illite/smectite transformation fluids were the main source of silica. For the carbonate mineral filling it was both noted fluids and other formations fluids. Example of the last-named may be underlying carbonate formation and Kodinka fault block adjacent carboniferous formations.

Keywords: Upper Devonian, Kodinka Formation, Ust'kodinka Formation, sandstones, diagenesis, microfractures.