

УДК 553.98

ГЕНЕЗИС СТИЛОЛИТОВЫХ И СУТУРОВЫХ ШВОВ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ВЕРХНЕГО КАРБОНА И НИЖНЕЙ ПЕРМИ

© 2018 г. | Г.А. Петров

ЗАО «Нефтеконсорциум», Альметьевск, Республика Татарстан, Россия; geol.nk@tatais.ru

STYLOLITE AND SUTURE SEAMS IN UPPER CARBON AND LOWER PERMIAN CARBONATE ROCKS

© 2018 | G.A. Petrov

ZAO "Neftekonorsortium", Almetjevsk, Republic of Tatarstan, Russia; geol.nk@tatais.ru

Поступила 15.05.2017 г.

Принята к печати 19.12.2017 г.

Ключевые слова: карбонатные породы; стилолитовые и сутуровые швы; рентгеноструктурные исследования; сепиолит; волокнообразные кристаллы; гипергенные процессы; водогазонефтяные коллекторы; поисковые критерии.

В статье приведены материалы, определяющие генезис широко распространенных в карбонатных породах палеозоя стилолитовых и сутуровых швов. Их происхождение оставалось непонятным, что привело многих исследователей к выдвиганию различных гипотез. Для определения генезиса швов автор статьи провел рентгеноструктурные исследования волокнообразного вещества, заключенного между стенками швов. По результатам анализов установлено, что это вещество представляет собой гидросиликат магния — сепиолит — член группы глинистых минералов. Высокая концентрация глинистого минерала (сепиолита) в карбонатной породе обеспечивает формирование стилолитовых швов, а низкая — предопределяет формирование сутуровых швов. Силолитовые и сутуровые швы, в которых произошли гипергенные воздействия на сепиолит и вынос преобразованного глинистого вещества, служат хорошими проводящими путями и коллекторами для нефти, газа и воды. Наличие стилолитовых швов в карбонатных породах может быть поисковым критерием для выявления месторождений ценного глинистого минерала, гидросиликата магния — сепиолита.

Received 15.05.2017

Accepted for publication: 19.12.2017

Key words: carbonate rocks; stylolite and suture seams; XRD study; sepiolite; fiber-like crystals; supergene processes; water-gas-oil reservoir; exploration criteria.

The paper presents the materials that define genesis of stylolite and suture seams common for Palaeozoic carbonate rocks. Their origin remained an enigma and led many researchers to suggest various hypotheses of their formation. In order to determine the seams genesis, the author used X-ray Diffraction Analysis to study a fiber-like material sandwiched between the seam walls. As a result of the analyses, it was found that this material is a magnesium silicate hydrate — sepiolite — member of clay mineral group. Thin fiber-like aggregates — “echelons” in the form of vertically sinuous seams develop resulting from its crystallization in carbonate rock. High concentration of clay mineral (sepiolite) in carbonate rock provides formation of stylolite seams, while the low one predetermines formation of suture seams. Stylolite and suture seams within which sepiolite was affected by supergene processes and eluviation (of transformed clay material) occurred may serve as migration paths and reservoirs for oil, gas, and water. Presence of stylolite seams in carbonate rocks can be exploration criterion for identification of valuable clay mineral accumulations, magnesium silicate hydrate — sepiolite.

Происхождение стилолитовых и сутуровых швов в карбонатных породах привлекало внимание многих ученых еще с XVIII в. Впервые эти образования описаны в 1751 г. В дальнейшем извилистые (в профиле) швы упоминались в литературе под различными названиями: «лигниты», «эпсомиты», «кристаллиты», «ногти на пальцах», «вороньи лапы», «зубовидные структуры флотцевого известняка». Попытка объяснить генезис этого явления привела исследователей к выдвиганию ряда гипотез:

- органическая (Клёден Ф., 1827);
- кристаллизационная (Бонникэстл С., 1831);
- эрозионная (Теодорович Г.И., 1945, 1950);
- давления (Шауб Б.М., 1939);
- газовая (Цельгер Г., 1870);
- растворения (Фукс Т., 1874; Пустовалов А.В., 1940; Швецов М.С., 1948; Прокопович Н., 1952; Рухин Л.Б., 1953; Холодов В.Н., 1955);
- гидроразрыва, растворения и сжатия (Сонин Г.В., 2015).

Перечисленные гипотезы не дают полного и ясного объяснения генезиса стилолитовых и сутуровых швов.

В.П. Морозов и другие исследователи, изучавшие стилолитовые швы из отложений карбона Татарстана, отмечают, что «механизм образования стилолитов еще нельзя считать окончательно понятым» [4].

Автором настоящей статьи был изучен большой фактический керновый материал структурных скважин, пластов карбонатных пород верхнего карбона (гжельский ярус) и нижней перми (ассельский, сакмарский, артинский и кунгурский ярусы) на территории Южного купола Татарского свода и восточного борта Мелекесской впадины Республики Татарстан. Гжельский ярус здесь слагают органогенные и хемогенные известняки и доломиты, нижнепермские породы в основном представлены доломитами и известняками с включениями и прослоями ангидрита или чередующимися пачками доломитов, известняков, ангидритов и гипсов.

По керновому материалу в отдельных пластах карбонатных пород наблюдались удивительные по форме швы, фигурно рассекающие по вертикали с разной амплитудой и плотностью породу (рис. 1 А, В), а иногда в тонконаслоенных пластах они прослеживаются по напластованию, охватывая при этом и смежные прослойки.

В основном наблюдаются швы различных размеров и конфигураций, но вполне справедливо Л.Б. Рухин выделяет два вида: микро- (сутуровые) и макро-стилолитовые (стилолитовые) [7].

Сутуровые швы в профиле имеют вид тонких полосок с амплитудой вертикального колебания от долей миллиметра до 5 мм, местами до 1 см. В плане это шагреновая поверхность с налетом коричневого и темно-коричневого вещества с многочисленными бугорками и впадинами, матрично отображающаяся на обеих половинах карбонатной породы. Порода часто раскалывается по сутуровому шву.

Стилолитовые швы в профиле имеют вид более сложной линии, которая обладает значительной амплитудой колебания — от 1 до 10–15 см, вплоть до 1 м. Последнее автор статьи наблюдал на Урале в бортовых уступах карьера карбонатных пород девона, разрабатываемых для производства цемента.

В карбонатных породах верхнего карбона и перми в пределах общей линии шва амплитуда его колебания на отдельных участках в вертикальном положении изменяется от 1 до 8–15 см (см. рис. 1 В). В плане стилолитовый шов представляет собой поверхность с конусообразными и депрессионными выступами и углублениями, ступенчато погружающаяся в различном направлении. Ступени большей частью вертикальные или несколько изогнуты. Искривление пик или депрессий (узких) хорошо наблю-

дается в профильных срезах или на сколах породы (см. рис. 1 А). На искривление отдельных пик также указывает Г.И. Бушинский [1], который называет их косыми стилолитами [13, 14].

При ударе по керну порода раскалывается по стилолитовому шву, но не всегда полностью, что зависит от состава, сохранности вмещающих пород и его амплитуды.

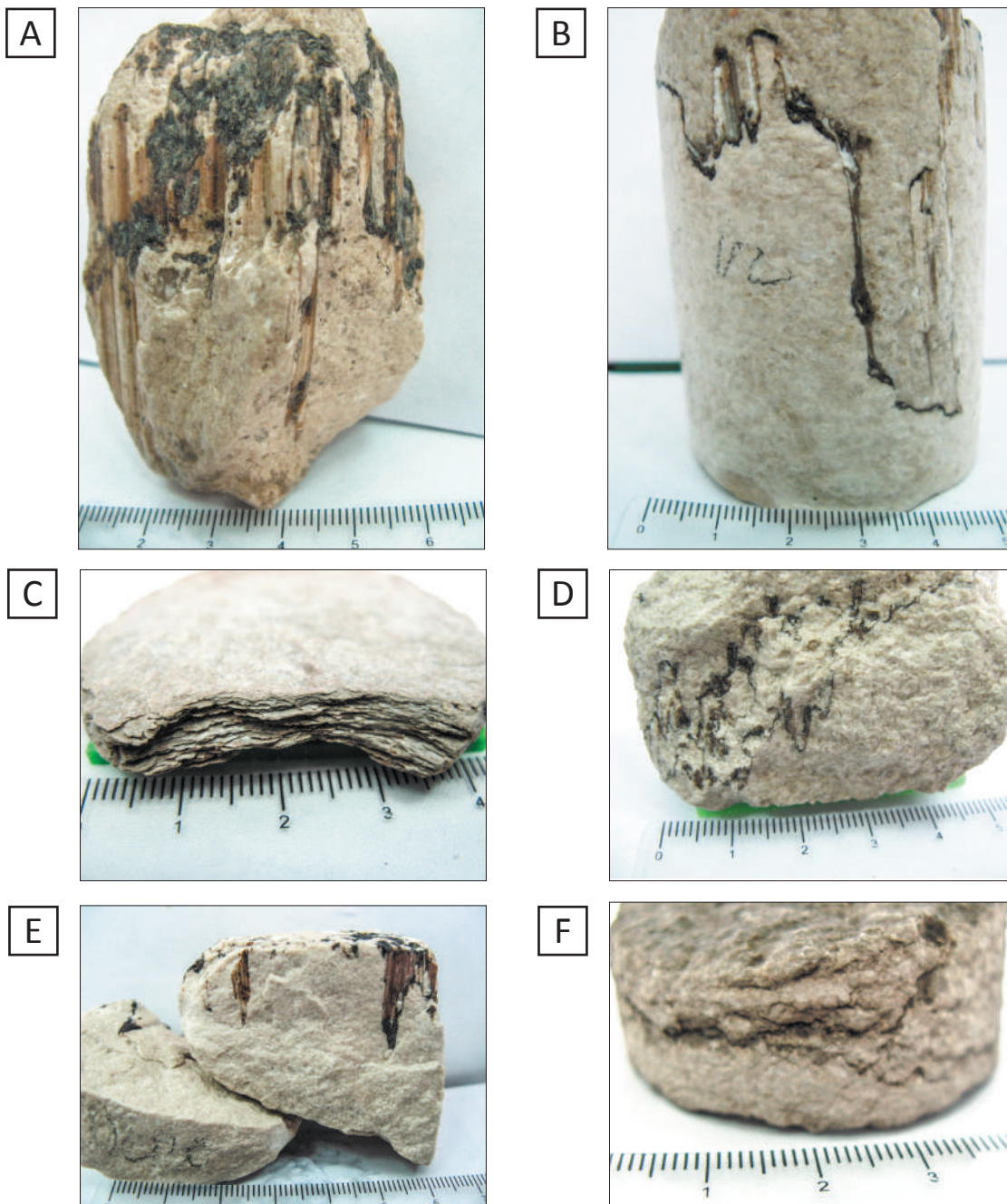
Конфигурация швов представляет собой несколько вариантов сочетаний: 1) различных по амплитуде пик; 2) прямоугольных депрессий; 3) пик и депрессий; 4) депрессий и сутуровых линий.

Сутуровые и стилолитовые швы распределяются в толще карбонатных пород верхнего карбона и нижней перми весьма неравномерно. Стилолитовые швы наиболее интенсивно развиты в известняках и доломитах позднего карбона и значительно реже встречаются в нижних слоях ассельского яруса. В сакмарском и кровле ассельского ярусов также наблюдаются сутуровые швы, но здесь они развиты реже. В позднем карбоне встречаются одиночные и групповые стилолитовые швы, которые часто пересекаются и не связаны с контактами напластований. В керне отдельных скважин в одном и том же слое (толщиной 10–12 см) можно встретить около 10 сутуровых швов или полное отсутствие в пластах толщиной до 10 м и более. Однако не исключено развитие сутуровых швов и по напластованию. Например, в прослое тонкозернистого и тонкослоистого известняка скв. 1738 Кулмаксинской площади в интервале 350–350,06 м наблюдается 7 сутуровых швов. Они расположены по контактам напластований с незначительным внедрением в смежные слои. Сутуровые и стилолитовые швы расположены как внутри пласта, так и по контактам напластований.

Следует отметить, что сутуровые и стилолитовые швы в толще разновозрастных пластов карбонатных пород палеозоя распространены неравномерно. Здесь прослеживается определенная зависимость между особенностями распространения рассматриваемых швов и литологическим составом вмещающих пород. Там, где встречается наибольшее число стилолитовых швов, вмещающая порода насыщена глинистым желтовато-коричневым веществом, а там, где в породе имеются сутуровые швы, она пропитана этим веществом крайне слабо. Данное вещество прослеживается в пластах известняков, особенно органогенных, в меньшей степени — в доломитах. Карбонатная порода пропитана этим веществом неравномерно, стущаясь в отдельных участках. Иногда в образцах керна в карбонатной породе наблюдаются тонконаслоенные желтовато-коричневые с перламутровым оттенком прослои этого вещества, толщина которых достигает 1–6 см. Эти прослойки во влажном состоянии набухают и рассыпаются на

Рис. 1. Образцы карбонатных пород позднего карбона в пределах Западного склона Южного купола Татарского свода и восточного борта Мелекесской впадины

Fig. 1. Upper Carboniferous carbonate rock samples taken from the Western slope of Tatarsky Anticline, Southern Dome, and Eastern Shoulder, Melekessky Depression



A — отпечатки стилолитового шва в породе, скв. 1712 Кулмаксинской площади, глубина 350 м; B — стилолитовый шов, скв. 1701 Кулмаксинской площади, глубина 262 м; C — сепиолит пластинчатый, скв. 1301 Галактионовской площади, глубина 355 м; D — фузулиновые раковины рассечены стилолитовым швом, скв. 1974 Федоровской площади, глубина 310 м; E — сутуровый шов с «шапочкой» на конце, скв. 2400 Володарской площади, глубина 420 м; F — разрушенные сутуровые швы, скв. 1974 Федоровской площади, глубина 370 м

A — stylolite seam casts in the rock, Well 1712, Kulmaksinsky area, depth 350 m; B — stylolite seam, Well 1701, Kulmaksinsky area, depth 262 m; C — lamellar sepiolite, Well 1301, Galaktionovsky area, depth 355 m; D — fuzuline shells are dissected by stylolite seam, Well 1974, Fedorovsky area, depth 310 m; E — suture seam with the "cap" at its end, Well 2400, Volodarsky area, depth 420 m; F — broken suture seams, Well 1974, Fedorovsky area, depth 370 m

Таблица. Результаты рентгенограммы волокнистого вещества, отобранного из стилолитового шва яруса верхнекаменноугольного отдела скв. 1696 Кулмаксинской площади

Table. XRD results of fibrous material taken from stylolite seam of core (Upper Carboniferous Gzelian carbonate rocks), well 1696, Kulmaksinsky area

Образец 15											
J	10	4	5	7	8	2	4	4	2	2	2
d, n Å	12,0	4,32	3,76	3,35	3,09	2,85	2,59	2,26	1,550	1,520	1,300
Минерал	Сепиолит										

очень тонкие пластинки (см. рис. 1 С). М.А. Ратеев [6] и М.С. Кавеев [3] относят вещество этих прослоев к глинистому минералу — сепиолиту. Такое же вещество обнаружил автор статьи в стилолитовых и сутуровых швах в виде волокнистых столбиков по шву и налетов коричневатого и серебристого цвета по горизонтальной плоскости (см. рис. 1 А, D).

Проведенные рентгеноструктурные исследования волокнистого вещества показывают, что оно также представляет собой гидросиликат магния — сепиолит (таблица).

Таким образом, установлено, что волокнистое вещество сутуростилолитовых швов состоит из волокнистых кристаллов глинистого минерала — сепиолита. Его кристаллы обычно имеют небольшие размеры, иногда в некоторых образцах «горной кожи» и «горной пробки» встречаются макроскопические кристаллы. В первом приближении состав сепиолита может быть выражен формулой $2\text{MgO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Твердость минерала по шкале Маоса колеблется от 2 до 2,5, плотность насыщенного водой минерала составляет $2,06 \text{ г/см}^3$, показатель преломления — от 1,52 до 1,506. Кристаллическая ячейка моноклиальная, псевдоромбическая [15].

В рассматриваемых автором статьи карбонатных породах позднего карбона и ранней перми в стилолитовых швах контакт кристаллов сепиолита с вмещающей породой весьма четкий. После удаления волокон на породе остаются их отпечатки в виде тонких бороздок. Верхние и нижние границы волокон переходят в тонкую сплошную по горизонтали сепиолитовую темно-коричневую пленку, или, как называют в литературе, шапочку [1, 7] (см. рис. 1 Е).

В подстигмаревых михайловских известняках среднего карбона М.С. Швецов отмечает наличие грандиозных стилолитов длиной до 80–90 см. Глинистая «шапочка» на обращенном вниз острие может достигать 5 см. Проявление стилолитизации здесь настолько значительно, как указывает автор, что местами от всего однометрового слоя не остается ничего, кроме внедряющихся в подстилающий слой огромных почти цилиндрических «стаканов» стилолитов [13]. Содержание сепиолита здесь велико и может представлять практический интерес.

Наличие гидросиликата магния в карбонатных породах в виде прослоек, волокнистых кристаллов и неравномерной пропитки свидетельствует о сингенетичности сепиолитов с вмещающей породой. В благоприятных условиях они осаждались из соленых морских и лагунных вод вместе с карбонатным илом. Однако по всей толще карбонатного палеозоя сепиолит накапливался неравномерно, поэтому на отдельных стратиграфических уровнях наблюдается преобладание стилолитовых или сутуровых швов, редко — относительно тонкие прослойки (см. рис. 1 С) или полное их отсутствие в отдельных толщах. Вероятно, в процессе обезвоживания карбонатных осадков с высоким содержанием гидросиликата магния — сепиолита последний выкристаллизовался в виде волокнистых агрегатов. Шестоватые столбики много раз описывались в литературе, но их происхождение не выяснено. Так, Д.В. Наливкин [5] пишет, что грани, образующиеся на поверхности стилолитов, напоминают грани на колониях сотовых кораллов — фавозитов и других табулят. При их переопределении в джеспилитовой толще Малого Хингана колонии *Favosites* оказалось, что это не что иное, как стилолиты.

Г.И. Теодорович объясняет штриховку стилолитов растворением вышележащего известняка и его медленным оседанием [9, 10].

М.С. Швецов отмечает, что в белых чистых известняках протвинских слоев среднего карбона нередко встречаются типичные классические стилолиты. Однако вследствие обилия глинистых прослоев, резкой неоднородности текстуры или усиленного растворения во время предверейского континентального перерыва местами протвинская известняковая толща превратилась в скопление заштрихованных кусков известняка неправильной зазубренной формы, перемешанных с кусками и личками цветных глин [13].

Гидросиликаты магния (сепиолиты) востока Русской платформы исследовались М.А. Ратеевым (1964), в частности он указывает на то, что сепиолиты образовались хемогенным путем и сформировались в стадию диагенеза. Обстановка с высокой соленостью водоема, обилием магния и свободного кремнезема, высокощелочной средой (pH=10), пересечением геохимических циклов магния и кремне-

зема, достижением точки насыщения силикатного соединения $MgSiO_3$ была весьма благоприятной для аутигенного образования сепиолитов. Далее он отмечает, что при наличии некоторого количества растворенного кремнезема в морской воде гидросиликат магния сепиолитового состава $2MgO \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$ мог непосредственно осаждаться хемогенным путем в стадию седиментогенеза или сначала осаждалась основная соль магния — $Mg(OH)_2$. Последняя в зоне диагенеза при нехватке CO_2 реагировала непосредственно с аутигенной SiO_2 иловых растворов, образуя сепиолитовое вещество, которое в стадию диагенеза перераспределялось, формируя желваки, скорлуповатые стяжения и отдельные лепешковидные образования [6]. К этому следует добавить и образование кристаллов сепиолита, которые в породе имеют вид извилистых швов. Там, где гидросиликата магния больше, видны крупные волокнистые кристаллы, которые соответствуют стилолитовым швам, а там, где его концентрация небольшая, образовались мелкие кристаллы сепиолита, что соответствует сутуровым швам.

В литературе упоминается рассечение стилолитовыми швами органических остатков в карбонатной породе [8, 12]. Это явление автор статьи наблюдал в фузулинидовом известняке, где стилолитовые швы пересекали раковины фузулинид (см. рис. 1 D). Следует отметить, что органические остатки, насыщенные гидросиликатом магния, при кристаллизации его волокна внедрялись в раковины и растительные остатки. В толстоносных пластах в результате избирательной концентрации сепиолита образовывались сложные цепи пересекающихся волокнистых кристаллов — «кулис» (ветвистых стилолитов).

Стилолитовые швы с волокнистыми кристаллами в карбонатных породах позднего карбона залегают на значительной глубине — от 250 до 400 м и более. Исследуемые швы за геологическую историю не подвергались значительным гипергенным процессам, так как стратиграфически горизонты верхнего карбона и ассельского яруса имеют плавный переход без следов континентального перерыва. Эта толща на территории восточного борта Мелекесской впадины и частично западного склона Южного купола Татарского свода осталась в сравнительно сохранном виде, и незначительные вторичные изменения (сульфатредукция, кальцитизация и частичная доломитизация) не оказали существенных изменений на волокнистые агрегаты сепиолита.

Как уже отмечалось, сутуростилолитовые швы наблюдаются и в сакмарском ярусе ранней перми, но сохранность в них сепиолита здесь совершенно иная. Отложения сакмарского яруса на протяжении артинского и кунгурского времени интенсивно подвергались гипергенным процессам, связанным с

континентальным перерывом в осадконакоплении. В частности, сакмарские сульфатно-карбонатные породы испытали интенсивную денудацию и карстование. После гипергенных изменений сепиолит в стилолитовых швах не сохранился, поэтому в них отмечается лишь налет зеленовато-серой глины. Контуры швов несут заметные следы растворения стенок водными растворами. Сутуростилолитовые швы, попавшие в зону активного водообмена и выветривания, претерпели сложный процесс преобразования, выщелачивания и выноса сепиолитового вещества. Вследствие этого они становились ослабленными зонами в карбонатных породах, по которым происходит циркуляция вод, кольматация глинистым веществом, а иногда являлись нефтяными коллекторами в нижнем и среднем карбоне Волго-Уральской газонефтяной провинции [7, 11]. Подобная ситуация описана М.С. Швецовым (1948) в протвинских слоях, где во время предверейского континентального перерыва известняковая толща превратилась в обломки и от волокнистых кристаллов осталась лишь штриховка. Также он указывает на присутствие листочков цветных глин, что может оказаться реликтами от растворения и разрушения сепиолита, который в прослоях имеет тонколистоватую текстуру (см. рис. 1 С).

В сакмарском ярусе отсутствуют значительные скопления сепиолита. Поэтому здесь значительно реже отмечаются стилолитовые швы, но и это не объясняет сохранность сепиолитового вещества, хотя данная толща пород находилась в зоне активного водообмена и карстообразования. Сутуростилолитовые швы в зоне гипергенеза несут вторичные следы изменений: растворения стенок стилолитовых швов, растворения и выноса сепиолитового вещества из швов и кольматации их глинистым веществом, гипсом или кристаллами кальцита (см. рис. 1 F).

Выводы

Из приведенного следует, что наблюдается прямая связь образования стилолитовых и сутуровых швов с наличием в карбонатной породе гидросиликата магния — сепиолита.

В разрезах карбонатных пород наблюдаются волокнистые агрегаты сепиолита, а в зонах гипергенных преобразований в стилолитовых и сутуровых швах на стенках породы остаются лишь следы волокнистых кристаллов сепиолита в виде бороздок или глинистое вещество, возникшее при преобразовании сепиолита и растворении стенок породы, включающей кристаллы сепиолита, а также осаднения кристаллов гипса или кальцита.

Из всех перечисленных гипотез наиболее верной представляется кристаллизационная теория, предложенная С. Бонникэстлом и его последователями, которые считали, что описываемые швы в породе

OIL AND GAS RESERVOIRS

являются результатом кристаллизации $MgCO_3$, $CaSO_4$, $SrSO_4$ и $CaCl_2$. Однако проведенные автором статьи исследования указывают на то, что причиной образования стилолитовых и сутуровых швов в карбонатной породе является кристаллизация сепиолита (гидросиликата магния) — $2MgO \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Познание генезиса стилолитовых и сутуровых швов имеет практическую значимость: их приуроченность к определенным горизонтам карбонатной толщи палеозоя может являться важным стратиграфическим признаком, помогающим геологу при разбивке и корреляции вскрываемых разрезов; в толщах карбонатных пород, претерпевших гипергенные воздействия, сутуровые и стилолитовые швы являются одной из разновидностей водогазонефтяных коллекторов; связь стилолитовых и сутуровых швов

с сепиолитом — ценным глинистым минералом — при наличии текстурных швов в карбонатной породе может служить поисковым критерием на выявление залежей хемогенно-седиментационного типа гидросиликата магния — сепиолита.

В.П. Петров отмечает, что в пределах Российской Федерации не были открыты промышленные месторождения этого минерала (сепиолита). Возможно, это связано с тем, что в нашей стране до сих пор не ставились поисковые работы на сепиолит, который даже не рассматривался как полезное ископаемое [2].

Однако следует отметить, что в зарубежных странах этот минерал имеет широкое применение в промышленности (в качестве адсорбента, в буровых растворах и эмалях).

Литература / References

1. Бушинский Г.И. О стилолитах // Изв. АН СССР, Сер. геол. — 1961. — № 8. — С. 127–136.
Bushinskiy G.I. Stylolites. Izv. AN SSSR, Ser. geologicheskaya. 1961;(8):127–136.
2. Вопросы минералогии глин / Под ред. В.П. Петрова. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. — С. 16.
Problems of clay mineralogy. In: V.P. Petrov, ed. Moscow: Izdatelstvo inostrannoy literatury; 1962. P. 16.
3. Кавеев М.С. Находка сепиолита в нижнепермских отложениях Казанского Поволжья // Записки Всесоюзного минералогического общества. — 1960. — Ч. 89. — Вып. 3. — С. 364–366.
Kaseev M.S. Sepiolite find in Lower Permian formations of the Kazan Volga. Zapiski Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva. 1960;89(3):364–366.
4. Морозов В.П., Королев Э.А., Кольчугин А.Н. Атлас пород основных нефтеносных горизонтов палеозоя Республики Татарстан. Карбонатные породы визейского, серпуховского и башкирского ярусов нижнего и среднего карбона. — Казань: Геос, 2008. — С. 73.
Morozov V.P., Korolev E.A., Kolchugin A.N. Atlas of rocks of main Palaeozoic oil-bearing horizons, Republic of Tatarstan. Carbonate rocks of the Visean, Serpukhovian, and Bashkirian stages (Lower and Middle Carboniferous). Kazan: Geos; 2008. P. 73.
5. Наливкин Д.В. Учение о фациях. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. — С. 134–138.
Nalivkin D.V. Theory of facies. Moscow; Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR; 1956. P. 134–138.
6. Ратеев М.А. Закономерности размещения и генезис глинистых минералов в современных и древних морских бассейнах // Труды АН СССР. — Вып. 112. — М.: Наука, 1964. — С. 203–211.
Rateev M.A. Common distribution factors and genesis of clay minerals in modern and ancient offshore basins. Trudy AN SSSR. Issue 112. Moscow: Nauka, 1964. P. 203–211.
7. Рухин Л.Б. Основы литологии. — Л.: Гостоптехиздат, 1953. — 671 с.
Rukhin L.B. Basic concepts of lithology. Leningrad: Gostoptekhizdat, 1953. 671 p.
8. Сонин Г.В. Лавинная седиментация и механизм образования стилолитовых структур // Евразийский союз ученых. — 2015. — № 9-5 (18). — С. 27–31.
Sonin G.V. Avalanche sedimentation and mechanism of stylolite structures formation. Evraziyskiy soyuz uchenykh. 2015;9-5(18):27–31.
9. Теодорович Г.И. О происхождении сутуро-стилолитовых поверхностей // Докл. АН СССР. — 1945. — Т. 50. — С. 459–461.
Teodorovich G.I. On the origin of suture-stylolite interfaces. Doklad AN SSSR. 1945;50:459–461.
10. Теодорович Г.И. Литология карбонатных пород палеозоя Урало-Волжской области. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. — С. 166–172.
Teodorovich G.I. Lithology of Palaeozoic carbonate rocks, Ural-Volga region. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR; 1950. P. 166–172.
11. Фролова Е.К. Литология карбонатных продуктивных горизонтов нижнего и среднего карбона Куйбышевской области // Труды совещания Межобластного координационного Совета. — Вып. 2. — Бугульма, 1963. — С. 78–81.
Frolova E.K. Lithology of carbonate reservoir horizons in Lower and Middle Carboniferous formations, Kuibyshev Oblast. Trudy soveshchaniya Mezoblastnogo koordinatsionnogo Soveta. Issue 2. Bugulma; 1963. P. 78–81.
12. Холодов В.Н. К вопросу о происхождении сутуро-стилолитовых швов // Изв. АН СССР, Сер. геол. — 1955. — № 2. — С. 91–99.
Kholodov V.N. Origin of suture-stylolite seams revisited. Izv. AN SSSR, Ser. geologicheskaya. 1955;(2):91–99.
13. Швецов М.С. Петрография осадочных пород. — М.: Госгеолиздат, 1948. — 388 с.
Shvetsov M.S. Petrography of sedimentary rocks. Moscow: Gosgeolizdat; 1948. 388 p.
14. Яшунский Ю.В. Искривленные стилолиты в каменноугольных известняках Подмосковья // Геология и разведка. — 1971. — № 2. — С. 122–131.
Yashunskiy Yu.V. Distorted stylolites in Carboniferous limestone, Moscow Oblast. Geologiya i razvedka. 1971;(2):122–131.
15. Migeon G. Contribution à l'étude de la définition des sepiolites. *Bul. Soc. Fr. Min.* 1936;59:6–134.