

М. Е. КАПЛАН

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СТИЛОЛИТОВ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 9 IV 1974)

Из многочисленных гипотез происхождения стилолитов * свое значение сохранили лишь три: эрозионная, или растворения ⁽¹²⁾; растворения под давлением ⁽¹⁰⁾; давления ⁽¹³⁾. Согласно первой, стилолитовая поверхность — результат эрозии известкового ила, обусловленной кратковременным осушением или опреснением бассейновых вод; по второй гипотезе, стилолиты возникают в литифицированной породе при ее дифференциальном растворении под давлением веса покрывающих слоев или тектонической нагрузки; наконец, третья связывает образование стилолитов с контракцией еще пластичного осадка под воздействием незначительного горизонтального давления, возникающего при дегидратации ила и сминающего часть известкового осадка и глинистую прокладку между слоями. Таким образом, согласно первой гипотезе, стилолиты фиксируют кратковременный перерыв в осадконакоплении (диастему) и являются почти конседиментационным образованием, третья гипотеза приписывает стилолитам раннедиагенетическое происхождение, и только вторая связывает образование стилолитов со всеми стадиями формирования породы от позднего диагенеза до катагенеза и метаморфизма включительно.

Первое, что обращает на себя внимание, — это связь стилолитовых текстур с растворимостью породы. Как показывают наблюдения над верхнемеловыми известняками Северо-Восточного Кавказа и кембрийскими известняками Якутии, амплитуда стилолитового шва прямо зависит от растворимости известняка (рис. 1). Сильно зависит от высоты стилолитов и толщина покрывающего их глинистого колпачка, возникающего, очевидно, в результате концентрации нерастворимого остатка породы в процессе образования стилолитов.

Эти факты, как и приведенные ниже данные, несомненно говорят в пользу гипотез растворения и против гипотезы давления Шоба **.

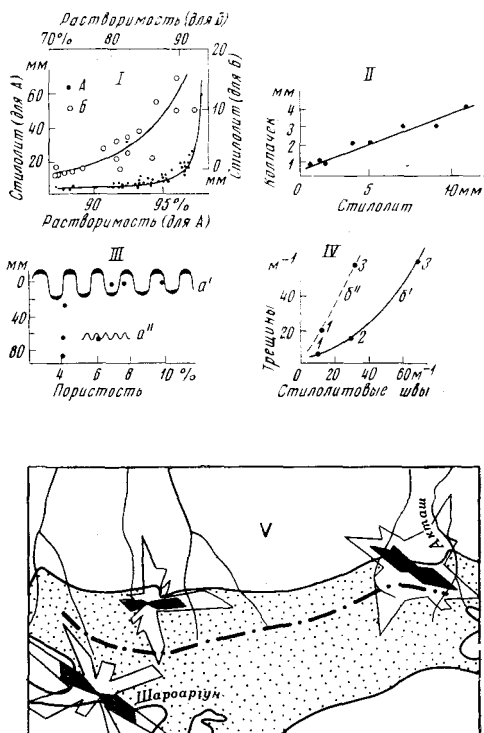
Уже тесная связь высоты глинистого колпачка и стилолитов свидетельствует в пользу лишь одной из гипотез растворения — гипотезы растворения под давлением. Наблюдаемые в верхнемеловых известняках Кавказа

* Во избежание терминологической путаницы следует решительно возражать против наметившейся в последние годы тенденции понимать под стилолитами не отдельные пиловидные выступы, а всю стилолитовую поверхность или пов. Ниже нами используются следующие термины: стилолиты — столбчатые, обычно продольно исстрихованные образования одинакового с вмещающей породой состава. Стилолитовая текстура — сложение породы, определяемое сочетанием стилолитов, в плане составляющих стилолитовую поверхность, в разрезе — стилолитовый пов. Сутура — мелкоамплитудный стилолитовый пов. Густота стилолитовых поверхностей (швов) — их количество, приходящееся на единицу длины перпендикуляра, восстановленного к аппроксимирующим их плоскостям (линиям). Удачная морфологическая классификация стилолитов, принятая и в этой статье, разработана Г. И. Бушневским (4).

** Одно из главных доказательств в пользу его гипотезы — наличие замковых сочленений, грибовидных и ительчатых стилолитов, а также различная амплитуда сдвига стилолитовых швов вдоль микросбросов — получено Шобом при изучении облицовок, т. е. в произвольных, а не перпендикулярных стилолитовой или сбросовой поверхности сечениях. Ясно, что в подобных сечениях могут наблюдаться любые (вплоть до изолированных овальных) искаженные формы стилолитов и разномасштабные микросмещения.

и в кембрийских известняках Якутии случаи ветвления стилолитовых швов, их взаимопересечения, рассекания стилолитами тектонических трещин, обломков призматического слоя иноцерамов и фораминифер с растворением частей органических осадков, расположенных по обе стороны шва, проникновение стилолитов в строматолиты, постоянная продольная штрихованность столбиков, большая амплитуда более древних стилолитовых швов.

Рис. 1. Связь некоторых характеристик стилолитовых текстур и вмещающих известняков верхнего мела Северо-Восточного Кавказа (IА, II—V) и кембрия Сибирской платформы (IБ). I — зависимость высоты стилолитов от растворимости известняков: А — р. Басс, маастрихт, Б — р. Мая, кембрий; II — зависимость толщины глинистого колпачка от высоты стилолита (р. Басс, маастрихт); III — изменение открытой пористости известняков вниз от стилолитовой поверхности (a') (a'' — сутура); IV — изменение густоты стилолитовых поверхностей в зависимости от густоты трещин в известняках (разрезы: I — р. Ярык-Су, 2 — р. Шаро-Аргун, 3 — р. Басс; b' — параллельные, b'' — наклонные к наслоению стилолитовых поверхности); V — розы азимуты простираний трещин и стилолитовых поверхностей (завивка) на крыльях Варандийской антиклинали (штрихпунктирная линия — ось складки (выделена точками), сплошная линия — ее контур)



ных швов по сравнению с более молодыми говорят о неоднократном и длительном формировании стилолитов за счет растворения литифицированных отложений. Близость состава глинистого и органического вещества стилолитов и известняков при меньшей окисленности глинистого и органического материала (по данным изучения форм Fe, S и битуминозных компонентов) в известняках, существенное обогащение глинистого вещества стилолитов, по сравнению с вмещающими породами, остатками фораминифер, особенно агглютинирующими (песчаными) формами, несущими следы интенсивной коррозии, свидетельствуют о возникновении характернейшего компонента стилолитовой текстуры — глинистых колпачков за счет концентрации нерастворимой части известняков в процессе их выщелачивания.

Весьма важно также отметить присутствие в рассматриваемых отложениях параллельных наслоению стилолитов по трещинам и их полную морфологическую идентичность стилолитам, перпендикулярным слоистости. Количество стилолитовых швов, ориентированных перпендикулярно и под углом к наслоению, велико в дислоцированных известняках Кавказа и крайне мало в известняках Сибирской платформы. Густота стилолитов в чистых микритовых известняках увеличивается с возрастанием густоты трещин.

Наклонные к наслоению стилолитовые поверхности субпараллельны осям складок (см. рис. 1), перпендикулярны или крутонаклонны к слоистости и нередко образуют две системы, пересекающиеся под острым (25°)

углом. Такое пространственное расположение стилолитовых швов, а также переход их в глинистых и песчаных разностях известняков, лишенных стилолитов, в трещины с гладкими стенками, позволяет связывать стилолитовые текстуры с системами трещин скалывания. Эти данные подчеркивают роль давления в формировании стилолитов. Близкие наблюдения над соотношениями стилолитов со слоистостью, трещинами, остатками фауны встречаются также в многочисленных публикациях, посвященных стилолитовым текстурам разновозрастных известняков районов (1-5, 7-10, 12-14). В них же отмечаются характерные случаи сочленения известняков различной текстуры и цвета по стилолитовой поверхности (взаимопроникновение косослоистых и параллельнослоистых, серых и красных известняков и т. д.), пересечение стилолитами оолитов и остатков разнообразной фауны с различным по масштабам растворением форменных элементов по обе стороны столбика, пересечение стилолитами позднего кристаллического выполнения органических остатков, появление сутурных сочленений между гальками в некоторых конгломератах («ямчатые» гальки — *impressed, pitted pebbles, Gerölleindrücke*), связь стилолитов с тектоническими структурами (увеличение количества стилолитов на участках дислокаций при параллельном положении осей столбиков направлению давления, возрастание числа стилолитов в синклинальных складках и уменьшение в сводах антиклиналей); наконец, приуроченность стилолитов не только к известнякам или таким легко растворимым породам, как гипсы, соли, доломиты, мергели и фосфориты, но также и к песчаникам, кварцитам и даже кислым эффузивам. Вся совокупность изложенных фактов бесспорно свидетельствует против эрозионной гипотезы субконседиментационного формирования стилолитов* и в пользу гипотезы растворения под давлением в уже литифицированных породах, которая, в связи с хорошим соответствием с реальной картиной, является теорией дифференциального растворения под давлением.

В соответствии с этой теорией, возникновение стилолитов представляется следующим образом. При некоторой минимальной, пороговой растворимости, зависящей от температуры, давления и характеристик вещества, в породе по поверхностям раздела в широком смысле слова (плоскость наслоения, трещина, межзерновой контакт и т. д.) начинается растворение, протекающее в силу первичной неоднородности материала (включения фауны, неравномерная концентрация глинистого вещества, дислокации в кристаллических зернах и т. д.) с различной интенсивностью даже в рядом расположенных точках. Формирующаяся при этом шероховатость поверхности обуславливает возникновение неравномерного давления. В соответствии с принципом Рике и законом Генри, областям большего давления соответствуют большие концентрации растворенного вещества, и наоборот. Поэтому растворение на концевых участках микровыступов происходит быстрее, чем на боковых. Так формируется микростилолитовый (сутурный) шов с характерной концентрацией остаточного вещества на окончаниях бугорков и с бороздами скольжения (продольной исптрихованностью) на их боковой поверхности. С развитием процесса размеры стилолитов увеличиваются; за счет объединения участков первичной неоднородности появляются сначала зубчатые (*Drucksuturen* немецких авторов), а затем столбчатые и барьерные формы; амплитуда стилолитового шва становится все более выдержанной, отражая суммарное воздействие температуры, давления, времени и среднюю растворимость вещества. Процессы растворения и переотложения материала нередко развиваются в замкнутой системе, в одном и том же объеме породы, в расположенных

* Важным элементом в системе доказательств в пользу этой гипотезы являются общие геологические наблюдения, интерпретация которых неоднозначна, — отсутствие связи стилолитов с тектоническими движениями, присутствие стилолитов в мелководных и лагунных комплексах, частая приуроченность стилолитов к поверхностям несогласий ((8, 11) и др.) и т. д.

рядом точках. Осаждение происходит на участках пониженного давления (боковые поверхности стилолитов, поры, каверны, трещины отрыва). Именно с этим явлением связано присутствие корок шестоватого кальцита вдоль боковой поверхности крупных стилолитов в верхнемеловых известняках Кавказа, обнаруженных нами при препаровке стилолитовых поверхностей и изучении шлифов. Этим же объясняется и постоянное заполнение кальцитом трещин отрыва, субортогональных по отношению к оси складки и наклонным к слоистости стилолитовым поверхностям. Близкие наблюдения приводятся и другими авторами (9).

Понимание происхождения стилолитов имеет принципиальное значение при решении ряда геологических задач — оценки сокращения мощности отложений (достигающей, в связи со стилолитообразованием, в верхнемеловых известняках Кавказа 7–8%), определения механической природы трещин и восстановления положения осей эллипсоида напряжений на тектонических структурах, полевого определения растворимости карбонатных пород по высоте стилолита, оценки степени катагенетической переработки отложений, изучения органического вещества, нерастворимых компонентов пород и микрофауны, представленных, по сравнению с вмещающими породами, в концентрированном виде в глинистом веществе стилолитов (с необходимыми коррективами на неполноту характеристики органического вещества и комплексов фораминифер, связанную с влиянием растворения и окисления). Представляя отражение универсального процесса выщелачивания, зоны со стилолитами являются зонами повышенной пористости, трещиноватости (см. рис. 1) и нередко кавернозности, и поэтому присутствие крупных и обильных стилолитовых пивов служит прямым поисковым признаком коллекторских горизонтов в карбонатных толщах.

Всесоюзный нефтяной
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
Ленинград

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. И. Бушинский, Изв. АН СССР, сер. геол., в. 8 (1961). ² К. К. Зеленов, ДАН, т. 103, № 1 (1955). ³ М. Е. Каплан, Тр. ВНИГРИ, в. 228 (1964). ⁴ М. Е. Каплан, Тр. ВНИГРИ, в. 227 (1964). ⁵ Ф. П. Кренделев, Геология и геофизика, № 10 (1968). ⁶ Г. И. Теодорович, Учение об осадочных породах, 1958. ⁷ В. А. Успенский, Тр. ВНИГРИ, в. 28 (1949). ⁸ В. П. Холодов, Изв. АН СССР, сер. геол., в. 2 (1955). ⁹ D. B. Blake, Ch. J. Roy, Am. J. Sci., v. 247, № 11 (1949). ¹⁰ T. Fuchs, Kaiserl. Akad. Wissensch. Wien Math.-Natur. Klasse, Sitzungsber., Abt. 1, B. 103, H. 1–10 (1894). ¹¹ N. Prokopovich, J. Sediment. Petrol., v. 22, № 4 (1952). ¹² P. B. Steckdale, Indians Univ. Studies, v. 9, № 35 (1922). ¹³ B. M. Shaub, J. Sediment. Petrol., v. 9, № 2 (1939). ¹⁴ A. Varlamoff, Ann. Soc. Geol. Belg., v. 60, № 8–9 (1936–1937).