

УДК 552.541.542:551.763.3

**В. Т. Фролов, С. Джайкришнан**

### **ЦИКЛИТЫ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ ГОРНОГО КРЫМА И ИХ ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА**

Внешне однообразные неслоистые светло-серые верхнемеловые известняки Горного Крыма, казалось бы, не оставляют никакой надежды расчленить их литологически и анатомировать на циклиты, особенно на самые тонкие, элементарные, и заставляют рассчитывать только на макро- и микробиос. Однако при более внимательном рассмотрении свежих обвальных стенок, на которых еще не успела развиться маскирующая все белесая известковая корка, обнаруживается циклитовость разных порядков, причем самая мелкая (если не считать миллиметровую слоистость — текстуру пород) дециметровая оказывается наиболее ясной и четкой. Смачивание водой или пропитывание маслами (наподобие проявления фотографий); усиливает четкость циклитов, элементы которых отличаются прежде всего по цвету — белому и серому (рис. 1).

Толщина циклитов составляет в среднем 10—20 см. Эта элементарная цикличность, точнее циклитовость, свойственна практически всему разрезу верхнего мела, за исключением базальных и апикальных, сильно опесчаненных горизонтов (низы сеномана и верхи маастрихта) с более крупной (0,5—1 м) циклитовостью, и кровельных коньякско-туронских известняков, в которых мелкие циклиты сильнее замаскированы сингенетичным подводным элювированием.

В отложениях нижнего сеномана, верхнего сантона и кампана четче выражены (например, «резаностью склона» на поверхности даже при непродолжительном выветривании) несколько более крупные — дециметровые (в среднем по 30—40 см) циклиты, вероятно, также остающиеся элементарными (рис. 2). Для выявления более крупных — метровых и декаметровых — циклитов чаще всего требуется выделение специфических литологических типов слоев, или литотипов (ЛТ), за которыми стоят породившие их события, например выпадение вулканических туфов или седиментационные перерывы определенных типов и разной длительности. В последнем случае циклиты порождаются сменой фаз седиментации ее перерывами, т. е. седиментационно-элювиальными циклами. Можно считать ранг этих циклов и циклитов мезоциклитовыми (МзЦЛТ). К ним относятся циклиты (0,5—1,5 м) средней и верхней части маастрихта, выраженные губковыми горизонтами и сопровождаемые окремнением, а вверху — линзами и прослоями ракушняков — устричников, часто сконденсированных. Что касается вулканотуфовых прослоев (мощностью от нескольких миллиметров до 80 см в кампане у пос. Украинка), то по ним можно наметить вулканоседиментационные циклы чаще всего ранга МзЦ и отвечающие им МзЦЛТ, если такие пачки слоев можно называть циклитами.

В ранге макроциклитов (МкЦЛТ) выступают уже толщи слоев (и циклитов) в объеме яруса или объединяющие два—три яруса (рис. 3 а, б). Это уже региональные, а потому и индивидуальные стратиграфические единицы, отвечающие самостоятельным этапам развития бассейна седиментации или региона. Нижний МкЦЛТ отвечает сеноману (мощность до 70 м), второй — турону и коньяку (до 50 м), третий (верхний) — среднему сантону, кампану и маастрихту (свыше 350 м). Эти циклиты регионально распространены и выделяются как регсвиты, особенно если объединить первый и второй циклиты в один супермакроциклит (СМкЦЛТ, сеноман—коньяк), историко-геологически соизмеримый с третьим, сантон-маастрихтским. В целом же единая верхнемеловая толща (свыше 500 м) — четкий мегациклит (МгЦЛТ), который входит в более крупный супермегациклит (СМгЦЛТ), начинающийся верхнеальбскими песчано-глинистыми базальными ингрессивными слоями и заканчивающийся известняками и известковыми глинами нижнего олигоцена и прослеживающийся от Альп до Каспия и от Волгограда, Курска и Киева до Южной Грузии и Азербайджана.

Под циклами (Ц) мы понимаем законченные круги явлений, аналогичные, например, жизненным циклам живых организмов и не предполагающие обязательного повторения начальных состояний и фаз в их конце. Строго говоря, в понятие цикла не входит и повторение циклов, циклы (и циклиты) могут быть и единичными. Циклы явлений порождают слои или многослои, т. е. геологические тела — циклиты (ЦЛ). Геологические Ц и ЦЛ вообще, осадочные в частности, различаются по рангам, отражающим сложность строения. Наиболее простые Ц и ЦЛ, сложенные одним монопородным слоем или несколькими такими слоями, считаются элементарными (ЭЦ и ЭЦЛ). Они, как правило, и наименее толстые (сантиметры-дециметры на платформах и 1—30 м — в подвижных зонах с обильным питанием осадочным материалом, т. е. с большой скоростью осадконакопления). Более мелкие «циклиты» считаются уже текстурой осадка и горной породы — миллиметровой слоистостью и микрослоистостью, ее часто называют ритмичной, а само свойство — ритмичностью. ЭЦ и ЭЦЛ могут быть разных порядков, или субрангов: суб-, мезо- и суперэлементарными.

Элементарный циклит — это слой или пачка слоев, связанных, как правило, постепенными переходами и отделенных от смежных циклитов более резкими границами, часто не несущими признаков перехода. Чаще всего ЭЦЛ асимметричны, что выражается их гранулометрическим составом: их нижние, базальные циклитовые элементы (ЦЭ) более грубозернисты, чем верхние, апикальные. Они обычно отвечают не всему циклу, а только его второй половине, например не начальной фазе нарастания волнения или ветра (она чаще всего выражается размывом или перерывом седиментации), а второй, конечной, когда при затухании движения начинают откладываться крупные, затем все более мелкие зерна и в заключение — глинистые осадки. Мезо-Ц и ЦЛ слагаются из элементарных Ц и ЦЛ, и в них бывают развиты обе фазы. Еще более сложные МкЦ и МкЦЛ, как и МгЦ и МгЦЛ, обычно состоящие из Ц и ЦЛ всех более низких рангов (как бы вложенных друг в друга), симметричны и асимметричны. Повторяемость циклов — цикличность, например цикличность седиментации, а повторяемость циклитов — циклитовость разреза или толщи, формации. Она может быть довольно правильной, монотонной, почти ритмичной, как во флише, и в разной степени неправильной, аритмичной.

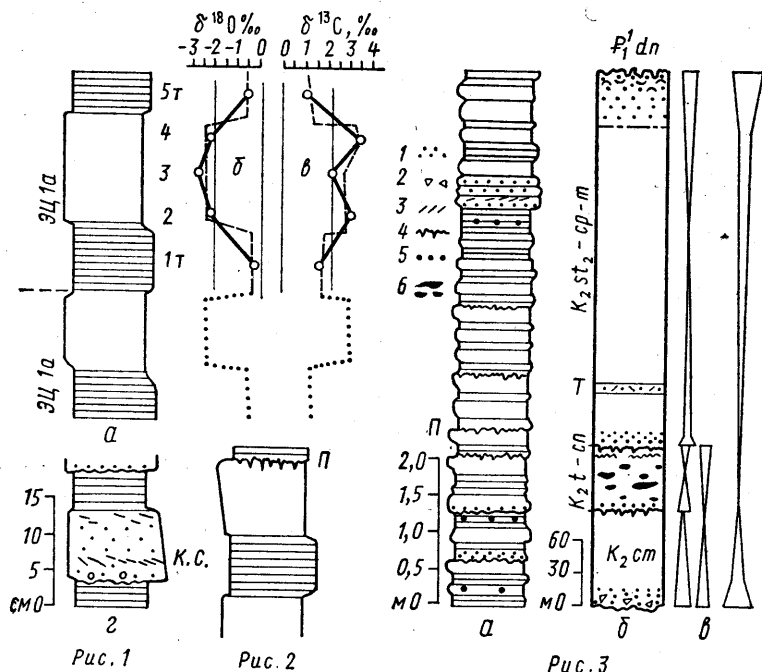


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 1. Циклиты элементарные (ЭЦ): а — периодиты (ЭЦ 1а); а — событийный флювиально-планктоногенный циклит (ЭЦ 1б). Элементы циклита (ЦЭ): горизонтальные линии — известняки песчано-глинистые тонкослоистые, умеренно биотурбированные (нижний ЦЭ в периодитах и верхний ЦЭ в событийных циклитах); белое — известняки биотурбированные, неслоистые (верхний ЦЭ); левое ограничение колонок — профиль обнажения (крепкие известняки выступают над глинистыми (ниши)); правое ограничение колонок — гранулометрическая кривая (чем крупнее зерна в горизонте, тем дальше кривая отклоняется вправо). 1—5 — номера образцов на изотопный анализ и определение нерастворимого остатка (н.о.); т — образцы из темного слоя; к.с. — мелкая косая слоистость в биокластовых известняках с песчаной структурой

Рис. 2. Элементарный циклит (ЭЦ 2), кровля которого обозначена подводно-элювиальным панцирем (П), отвечающим перерыву седиментации: б — кривые изменения изотопного состава кислорода по циклиту (сплошная линия — точки анализов соединены прямыми линиями; штриховая — предположительная кривая с учетом ее возможного поведения для однородных по составу и, вероятно, условиям слоев; пунктирная — то же для другого циклита); в — аналогичные кривые изменения изотопного состава углерода карбонатов. Остальные условн. обозн. см. рис. 1

Рис. 3. Разрезы верхнемеловых отложений на северном склоне г. Сельбухра (а) и общий разрез отложений верхнего мела в бассейне р. Бодрак (б); в — условные обозначения проциклита сеномана, про-рециклитов турона — коньяка, сантона — маастрихта, объединенных макроциклитов сеномана — коньяка и всего верхнего мела (справа). 1 — песчаники и пески глауконитовые и кварц-глауконитовые; 2 — седи-класты известняка; 3 — мелкая косая слоистость известняка песчаной структуры; 4 — стилолиты наиболее частые и длиннозубцовые; 5 — пиритовые конкреции; 6 — халцедоновые конкреции; Т — наиболее толстый туф, превращенный в кил (сметитовую глину); P<sub>1</sub>dn — датские известняки

В верхнем мелу Крыма наименее понятна природа самых мелких (10—20 см), практически универсальных элементарных циклитов (ЭЦ 1а), обычно двучленных и, вероятно, выдержанных на километры и десятки километров. Помимо происхождения трудно определяются и границы циклитов: слагающие их литотипы — темные и светлые известняки — связаны постепенными переходами как в подошва, так и в кровлях слоев. Однако статистически подошва темного известняка

чаще оказывается более резкой (а постепенный переход более коротким), чем его кровля, что и дает первое основание рассматривать этот литотип в качестве базального (первого или нижнего) элемента циклита (1 ЦЭ). Второе основание — его более грубозернистый состав (обычно не крупнее мелкого или тонкого песка, т. е.  $<0,25$  мм или  $<0,1$  мм) и некоторая обогащенность терригенным песчано-алеврито-глинистым материалом (до 20%, редко до 30%) по сравнению со светло-серыми известняками (не больше 10—15% и нерастворимый остаток более тонкий, алеврито-глинистый), которые, таким образом, становятся верхним, или вторым, элементом циклита (2 ЦЭ). Он почти всегда пелитоморфен, что обусловлено его микритовым, нанопланктонным составом. Хотя и 1 ЦЭ также в основном микритовый нанопланктонный, но в нем помимо терригенного материала много (до 30—40%) крупных порфиридных биокластов иноцерамов, криноидей, фораминифер и других, а также известняковых седикластов и копролитоподобных агрегатов.

Границы циклитов нередко подчеркиваются горизонтальными, косыми и вертикальными ходами илоедов (2—10 мм), заполненными темным известковым материалом, аналогичным 1 ЦЭ. Ходы, следовательно, проникали сверху, из основания вышележащего циклита в кровлю (2 ЦЭ) подстилающего. Кроме того, верхняя часть светло-серого известняка (2 ЦЭ) иногда оказывается упрочненной, что можно рассматривать как начальное панциреобразование.

Нередки, однако, и исключения: светло-серые известняки по структуре бывают визуально заметно зернистыми, мелко-тонкопесчаными (в основном за счет биокластов, из которых иноцерамовые достигают 2—3 мм), более крупнозернистыми по сравнению с перекрывающими их темными известняками, а подошва светло-серых известняков в этих циклитах оказывается довольно резкой (см. рис. 1, г). Этот явно иной морфологический тип элементарных циклитов (ЭЦ 1б), вероятно, является и другим генетическим типом (или видом) по сравнению с ЭЦ 1а.

Разгадка происхождения наиболее распространенных циклитов типа ЭЦ 1а, как и ЭЦ 1б, затрудняется их недостаточной изученностью и невыразительностью морфологических признаков. Более того, некоторые из признаков направляют мысль геолога по ложному пути. Так, оба элемента всегда в той или иной мере «мусорны», т. е. разнозернистые, плохо сортированные или явно механически смешанные, что характерно для турбидитов, на которые они похожи и которыми некоторые из этих известняков действительно являются. В их микритовой ( $<0,01$  мм, часто и  $<0,001$  мм) основной массе равномерно или сгустками распределены многочисленные (10—50% и больше) ясно зернистые компоненты (0,05—1 мм и крупнее) — обломки призматического слоя иноцерамов (до 5—10 мм), членики иглокожих, многочисленные раковины планктонных и бентосных фораминифер, остатки водорослей, зерна кварца, глауконита, полевых шпатов, слюды, фрагменты полужатвердевших известковых илов (на период их отложения). Формально почти все известняки по этим объективным структурным признакам можно отнести к турбидитам, так как на стадии седиментации только спазматическая мобилизация разнородного материала (из неодинаковых слоев), его быстрый перенос во взвешенном состоянии мутвыми потоками и быстрое (без рассортировки) лавинообразное отложение способны породить такие осадки, к тому же часто однородные, изотропные, неслоистые.

Относить к турбидитам большинство подобных известняков тем не менее было бы ошибкой, так как они не имеют многих четких признаков этого генетического типа: ясной градиционности (она лишь слабо намечается), механической ламинационности (тонкой горизонтальной, волнистой, косой и конвolutной слоистости) и резкой границы в основании. Турбидиты вообще мало вероятны в этом неокотловинном бассейне без крутых склонов и с малой скоростью седиментации. Изредка все же возникавшие мутевые потоки не имели условий для значительного автокинетического разгона и распространялись, видимо, недалеко, скорее всего на несколько километров. Мы предлагаем такие тонкозернистые и пелитоморфные отложения называть «дистальными турбидитами», так как они похожи на отложения дистальной фации турбидитных конусов, хотя, вероятно, и не сопрягаются с проксимальными фациями, которые были слабо развиты или вообще не формировались.

подавляющая часть турбидитоподобных отложений в действительности в последней фазе формирования имеет не механогенный, а биогенный, *биотурбитовый* генезис: осадок еще в свежем состоянии был пропущен через кишечник (толщиной 1—10 мм) разных илоедов, что привело к перемешиванию материала тонких механогенных и биогенных слоев, отличающихся размерами зерен. Косвенным подтверждением биотурбитового механизма образования несортированных смешанных известняков служат редкие слои (5—50 см) с сохранившейся миллиметровой слоистостью, которую имели, вероятно, все отложения верхнего мела, но вторично утратили ее вследствие биотурбации. Сохранение же ее указывает на отсутствие инфауны илоедов вследствие застойных, бескислородных условий по крайней мере в осадке, а возможно и у дна. Обогащенность тонкорассеянным фромбоидальным и визуально видимым (конкреции до 1—2 см) пиритом подтверждает причину отсутствия илоедов и сохранение седиментационной текстуры.

По литотипу тонкослоистых известняков намечаются циклиты более крупного ранга, в основном — мезоциклиты (МзЦЛ 1, 1—10 м и больше). Но биотурбированность верхнемеловых отложений не менее чем на 90—95% указывает на нормальный кислородный режим не только у дна, но и в верхней зоне осадка в течение длительного времени и почти на всей площади. Биотурбация одновременно маскировала первичный генетический тип осадка, который был по минислоям разным, но с преобладанием биопланктоногенного, фораминиферо-наупланктонного типа; механогенное переотложение этого материала формировало другой тип.

На происхождение элементарных циклитов ЭЦ 1а проливает свет определение изотопного состава кислорода и углерода из карбонатной составляющей пород, взятой в целом, валом (таблица).

Хотя анализов выполнено немного, но они определенно свидетельствуют о различных палеотемпературах при накоплении известняков разных элементов циклитов (см. рис. 1б). Все значения

$\delta^{18}\text{O}$  отрицательные, но темные известняки (1 ЦЭ), отмеченные буквой «т» при номере, характеризуются величинами, близкими к нулю (—0,39 и —0,52‰), что отвечает температурам около 14°C (13,84

Соотношения изотопов кислорода и углерода в элементах циклита сеноманских известняков Горного Крыма (г. Сельбухра)

Номер образца	$\delta^{13}\text{C}$ к PDB, ‰	$\delta^{18}\text{O}$ к PDB, ‰	Палеотемпература, °C
1т	+1,97	—0,52	14,24
2	+2,95	—2,24	22,67
3	+2,48	—2,28	22,93
4	+3,37	—2,25	22,73
5т	+1,18	—0,39	13,84

и  $14,24^\circ$ ), а светло-серые известняки имеют весьма малые значения ( $-2,24$ ;  $-2,25$  и  $-2,28\%$ ), соответствующие высоким температурам около  $23^\circ$ . Разница в  $8-9^\circ$ , по-видимому, завышена, так как трудно объяснима палеогеографически: нельзя представить многократные (несколько сотен) циклы такого похолодания и потепления при в целом стабильном осадконакоплении и постоянных тектонических и палеогеографических условиях. При диа- и катагенетических преобразованиях биогенного кальцита происходит облегчение изотопного состава кислорода [2, с. 111] и, следовательно, повышение температуры на несколько градусов. Тем не менее заметные ( $3-5^\circ$ ) различия в палеотемпературах можно считать объективно установленными, они требуют объяснения.

Прежде всего они косвенно указывают на большую длительность формирования циклита, по крайней мере в многие тысячи лет, ибо значительные массы воды обладают определенной температурной инерцией и могут столь сильно охлаждаться или прогреваться только при значительных изменениях климата или палеогеографии. С этим согласуется и немалая мощность (10—20 см и больше) известняков, охарактеризованных различными температурами их накопления, что при малых скоростях седиментации (13—14 мм за 1000 лет) требует по крайней мере 10—15 тыс. лет. К этой величине близка и минимальная скорость, или длительность, формирования элементарного циклита ЭЦ 1а — около 15 тыс. лет. Она получена делением общей продолжительности позднемеловой эпохи (32,5 млн лет, [3]) на количество циклитов (2500) в верхнемеловой толще (500 м).

Относительные похолодания во время накопления 1 ЦЭ сопровождались усилением привноса терригенного материала, обогащением органическим веществом и активизацией гидродинамики. Все это позволяет предполагать циклическое увлажнение климата на фоне в целом аридной или семиаридной позднемеловой эпохи. Более высокая температура морской воды при накоплении 2 ЦЭ (светло-серые известняки) подтверждается увеличением значений  $\delta^{13}\text{C}$  (таблица, рис. 1), т. е. обогащением карбонатов тяжелым изотопом углерода [1, с. 138]. Изотопная кривая последнего противоположна кривой кислорода (см. рис. 1, в).

О конкретных причинах и механизмах климатических вариаций рассматриваемых масштаба или частоты можно говорить в еще более предположительной форме. Длительность ЭЦ близка к продолжительности астрономического, прецессионного цикла Земли (21 000 лет), и эта связь, вероятно, причинная. Регулярность циклитовости скорее включает такие механизмы, как открытие и закрытие проливов, изменения конфигурации берегов, длительные флуктуации движения гидросферы и т. п., чем согласуется с ними. Возможно, косвенно с ЭЦ связаны эвстатические колебания уровня моря.

Элементарные циклиты ЭЦ 1а, формирующиеся не в результате каких-то кратковременных событий, а при постепенных периодических изменениях условий седиментации [4, с. 11] и заключающих информацию о длительности периодов их формирования [4, с. 16], являются типичными *периодитами*, хорошо изученными в последние два десятилетия на примере маломощных (10—50 см) пелагических и гемипелагических известково-мергельных палео-мезо-кайнозойских циклитов, формирующихся с малыми скоростями (0,3—2 см в 1000 лет) практически непрерывно, без значительных подводных размывов и в основном при нормальном газовом режиме.

ЭЦ 1б, вероятно, не являются периодитами, а скорее их нужно

причислять к событийным циклитам: турбидитным, донно-флювиальным и т. п., хотя в них развиваются и элементы периодитов, например, в виде планктоногенных, нефелоидных и других фоновых отложений. ЭЦ 16 имеет признаки штормовых отложений — темпеститов, но большая их часть образована донными течениями, о чем свидетельствуют эдафогенный состав кластов, некоторая сортировка и проявление слоистости, иногда — мелкой косой и косоволнистой. Этот генотип сходен с контуритами. Некоторая часть ЭЦ 16 образовалась как внутренние, местные турбидиты.

К элементарным или суперэлементарным циклитам можно отнести несколько более толстые (30—40 см) и по сравнению с ЭЦ 1а нередко более сложные по составу многослойные: они часто состоят из двух-трех ЭЦ 1а. Если они совпадают с ЭЦ 1а, то отличаются более ясно развитым известковым панцирем (2—10 см) («твердым дном») в своей кровле, свидетельствующим о перерыве осадконакопления, т. е. о наложении «события» на процесс формирования периодитов. ЭЦ 2 является материальным выражением седиментационно-элювиальных циклов небольшой длительности. От ЭЦ 2 есть постепенный переход к мезоциклитам такого же седиментационно-элювиального генезиса — МзЦЛ 2, но более мощным (1—5 м или больше, до 10 м), сложным и заканчивающимся полнее развитым известковым панцирем (10—20 см).

Учащение перерывов и панциреобразования приходится на нижние горизонты сеномана, среднего сантона и кампана и на верхние горизонты турона, коньяка и маастрихта. Длительность перерывов и панциреобразования увеличивается с юго-запада, от рек Бельбек и Кача на северо-восток к Симферопольскому поднятию. Наиболее мощный (до 5—10 м), вверху красный и сложно построенный (из десятков слившихся элементарных панцирей) «кальккрет» развит в апикальной части сеноман-турон-коньякских отложений, превращенных здесь в крепкие фарфоровидные известняки со стилолитами и заканчивающих этот макроциклит. С ним связан геологический парадокс: сочетание как седиментационного, так и элювиального постепенного перехода, с несогласным срезанием все более глубоких слоев в северо-восточном направлении. Два-три розовых панциря, находящихся ниже апикального, демонстрируют своеобразную подготовку к основному перерыву, продолжавшемуся и в раннем сантоне.

Суммарное время формирования панцирей, развалов, глауконитов и глинистой терра-росса, а также других продуктов сингенетического растворения и гальмиролиза, хотя и неравномерно пронизывающих весь разрез верхнего мела, вероятно, было не меньше времени осадконакопления, а может быть и превосходило его, по крайней мере для северо-восточных фаций. Это необходимо учитывать при расчете скорости собственно осадконакопления при формировании элементарных циклитов и для углубленного познания цикличности седиментогенеза.

Изучение многопорядковой цикличности на современном уровне в Крыму, на Кавказе и в других регионах, где развиты пелагические известковые и мергелистые нефлишевые отложения, только начинается, но уже сейчас видно, какую большую и разнообразную геологическую информацию она несет. Циклиты нельзя больше игнорировать и в геологической практике, поскольку с их помощью можно стратиграфически расчлениать разрезы с любой степенью детальности и проводить их надежную корреляцию.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 93—05—14567).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергер В. Х. Стратиграфия глубоководных осадков. Климатические скачки в кайнозой и поиски обратных связей между химизмом и климатом//Циклическая и событийная седиментация. М.: Мир, 1985. С. 126—160.
2. Тейс Р. В., Найдин Д. П. Палеотермометрия и изотопный состав кислорода органических карбонатов. М.: Наука, 1973.
3. Харленд У. Б., Кокс А. В., Левеллин П. Г. и др. Шкала геологического времени. М.: Мир, 1985.
4. Циклическая и событийная седиментация/Под ред. Г. Эйзеле и А. Зейлахера. М.: Мир, 1985.

Поступила в редакцию  
01.07.93

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 4, ГЕОЛОГИЯ. 1996. № 4

УДК 548.736.6

М. Пренсипе, Д. Ю. Пушаровский, Х. Сарп, Дж. Феррарис

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ ДЖЕМИНИТА $\text{Cu}[\text{AsO}_3\text{OH}]\text{H}_2\text{O}$ И СВЯЗАННЫХ С НИМ МИНЕРАЛОВ

Джеминит  $\text{Cu}[\text{AsO}_3\text{OH}]\text{H}_2\text{O}$  установлен в 1990 г. в образце из кварцевой жилы месторождения Кап Гарон (Вар, Франция) в ассоциации с теннантитом, ковеллином, халькантитом и некоторыми другими минералами [12]. Летом 1995 г. микроскопический обломок этого минерала передали в МГУ для структурного исследования. Однако после трех безуспешных попыток получить необходимый экспериментальный материал с использованием монокристалльных дифрактометров трех организаций (геологического и химического факультетов МГУ, а также Института кристаллографии РАН) образец был передан заведующему кафедрой минералогии и петрологии Университета Турина (Италия) Дж. Феррарису, в лаборатории которого имеется дифрактометр с более мощной (3 кВт) рентгеновской трубкой. Работа по расшифровке структуры джеминита подходила к завершению, когда в конце 1995 г. был получен 5-й номер журнала «Canadian Mineralogist» со статьей, посвященной структуре этого минерала [4]. Испытав в этой связи явное разочарование, авторы все же решили довести начатую работу до конца, сделав акцент на сопоставлении структуры джеминита с химически близкими  $\text{Zn}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Mn}$  и  $\text{Ca}$  арсенатами, которое не было представлено в публикации М. Купера и Ф. Хоторна [4]. Эти результаты положены в основу данной статьи.

Структурное исследование проведено на монокристалле джеминита, отобранном на месторождении Сальсинь (Карассон, Од, Франция), где он установлен в ассоциации с арсенопиритом, халькопиритом, теллуrom, пушаровскитом и другими минералами. Кристаллы ромбоидальной формы (рис. 1), уплощенные вдоль длинного ребра ( $\sim 15,7\text{\AA}$ ) элементарной ячейки. Результаты химического микросондового анализа (в мас. %):  $\text{CuO}$  33,80;  $\text{As}_2\text{O}_3$  53,88;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,10;  $\text{H}_2\text{O}$  12,2 (по разности) и оптические константы  $\alpha=1,660$ ,  $\beta=1,690$ ,  $\gamma=1,765$ ,  $2V\approx 70^\circ$  в целом noticeably отличаются от ранее опубликованных данных для образца из Кап Гарон.

Уточненные на монокристалльном дифрактометре «Италстракчерс» параметры примитивной триклинной ячейки  $a=6,4333(1)$ ,  $b=8,093(2)$ ,  $c=15,764(3)\text{\AA}$ ,  $\alpha=86,65(3)$ ,  $\beta=84,35(3)$ ,  $\gamma=84,47(3)^\circ$  связаны с параметрами  $c$ -ячейки джеминита ( $a=9,841$ ,  $b=10,818$ ,  $c=15,744\text{\AA}$ ,  $\alpha=95,71$ ,