

В. И. СТЕПАНОВ

**ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ  
В КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРАХ**

Одной из важнейших проблем при изучении процессов минералообразования является установление причин периодичности явлений кристаллизации и тесно связанной с ними зависимости текстур минеральных агрегатов от условий их роста. Значимость этих проблем подтверждается непрерывающимися спорами о содержании терминов «этап», «стадия», «парагенезис» и о природе так называемых колломорфных структур в теории рудообразования. Однако в этой области решение проблемы сталкивается с неоднозначностью трактовки условий кристаллизации и рядом других вопросов, еще далеких от разрешения. Несравненно большие возможности в этом отношении раскрывает исследование гипергенных процессов, в особенности процессов кристаллизации в карстовых пещерах.

Карстовые пещеры в настоящее время стали привлекать внимание многих исследователей у нас и за рубежом. Однако в обширной спелеологической литературе не удалось обнаружить работ, рассматривающих общие закономерности в последовательности кристаллизации и причины возникновения различных типов минеральных агрегатов. Имеющаяся литература посвящена в основном рассмотрению их морфологии или изучению ритмического чередования зон роста сталактитов и сталагмитов для установления абсолютного возраста пещер (Prinz, 1908; Чураков, 1911; Allison, 1923; Trombe, 1943; Corbell, 1947; Snyder, 1951; Витасек, 1951). Достоверность таких оценок многие авторы подвергают сомнению. По-видимому, первая попытка подойти к решению этих двух тесно связанных между собой проблем была сделана автором этой статьи (Степанов, 1966). К настоящему времени получены новые данные, позволяющие углубить высказанные ранее концепции.

**Основные термины, применяемые в работе**

Существующая терминология минеральных агрегатов пещер не унифицирована, что затрудняет пользование результатами произведенных исследований. Термины обычно отображают только внешний облик тех или иных агрегатов и, как правило, лишены генетического содержания. Нередко один и тот же термин применяется для агрегатов разного генезиса. Это обстоятельство показало необходимость строгой конкретизации терминов, примененных в настоящей работе.

*Сталактит-сталагмитовая кора.* Это понятие включает все продукты кристаллизации из свободно стекающих (гравитационных) растворов — капель, плоских ламинарных потоков по стенам, кровле и полу пещерных полостей в субэпизентальных условиях, т. е. выше горизонтального уровня

постоянных пещерных водоемов (в период кристаллизации). Все минеральные агрегаты этого типа отличаются сильным влиянием гравитации на их форму. Термин «сталактит-сталагмитовая кора» объединяет сходные по генезису формы — сталактиты, сталагмиты, сталагматы (Kunsky, 1950), драпировки, натёки на стенах (сталактитовой коры) и на поде пещер (сталагмитовой коры).

Термин был впервые предложен А. Е. Ферсманом и Д. И. Щербачевым (1925). Он включает предложенные термины: «капельники» (Кригер, 1955), «капельная формация» («dripstone formation» — Dawkins, 1874), «stagmalit» (Kunsky, 1950) и «натечная формация» («flowstone formation» — Warwick, 1953).

По относительному времени кристаллизации, а также по характерной структуре, пористости и объемному весу агрегаты этого типа необходимо разделить на две самостоятельные группы — сталактит-сталагмитовую кору из обычного кальцита и сталактит-сталагмитовую кору, сложенную легким пористым известковым туфом. Для последних агрегатов Кунский (Kunsky, 1950) предлагает термин «травертин». Однако это нельзя принимать, учитывая общепринятый геологический смысл термина «травертин», употребляющийся для продуктов кристаллизации в субтермальных горячих источниках вне зависимости от их структуры.

Туфовая кора характеризуется теми же текстурами агрегатов, что и обычная. Отличия выражаются в большей массивности туфовых сталактитов и туфовых сталагмитов. Гуры (кристаллизационные плотины пещерных водоемов) сложены преимущественно туфом, так же как и большинство пещерных пизолитов.

*Кораллиты.* Автор предлагает объединить в этом понятии все продукты кристаллизации из капиллярных (адсорбционных) водных пленок на поверхности подземных полостей. Такие пленки имеют конденсационное происхождение или возникают за счет медленного растекания воды под очень слабой каплей. Характерно нахождение кораллитов в участках, где имеются благоприятные условия для поддержания максимальной влажности, необходимой для длительного существования капиллярных водных пленок (ниши, тупики пещерных ходов, участки со слабой циркуляцией воздуха).

Форма агрегата кораллита не зависит от его положения во время роста на своде, стенах и поде пещер, драпировках, сталактитах и сталагмитах. Особенно характерно положение кораллитов на бугорках, краях обломков и других выступах неровной поверхности стен пещеры для ранних минеральных агрегатов. Такое расположение кораллитов в пещере и независимость их формы от направления действия силы тяжести отличает эти минеральные агрегаты от всех других. От геликтитов кораллиты отличаются формой и отсутствием внутренних капилляров. В зависимости от условий кристаллизации (влияние подстилающего субстрата, скорости роста и т. д.) кораллиты обладают разнообразной формой. Кораллиты, рост которых происходит из раствора, поступающего за счет медленной капли, могут давать очень своеобразные переходные формы к обычным сталактитам и сталагмитам (рис. 1). Наиболее распространены кораллиты, напоминающие лишайники или грибы. Варвик (Warwick, 1953) описывает их как фунгоидные формы (от слова «гриб») и «botrioidal stalactites». Такие агрегаты впервые были описаны Даукинсом (Dawkins, 1874; Warwick, 1953). По-видимому, для аналогичных форм Балч (Balch, 1948) впервые предложил название «коралловая формация» и объяснил их рост за счет разбрызгивания воды при падении капель. Варвик термин «коралловая формация» употреблял и для кораллоподобных агрегатов кристаллов из пещерных водоемов, т. е. для совершенно других по генезису форм.

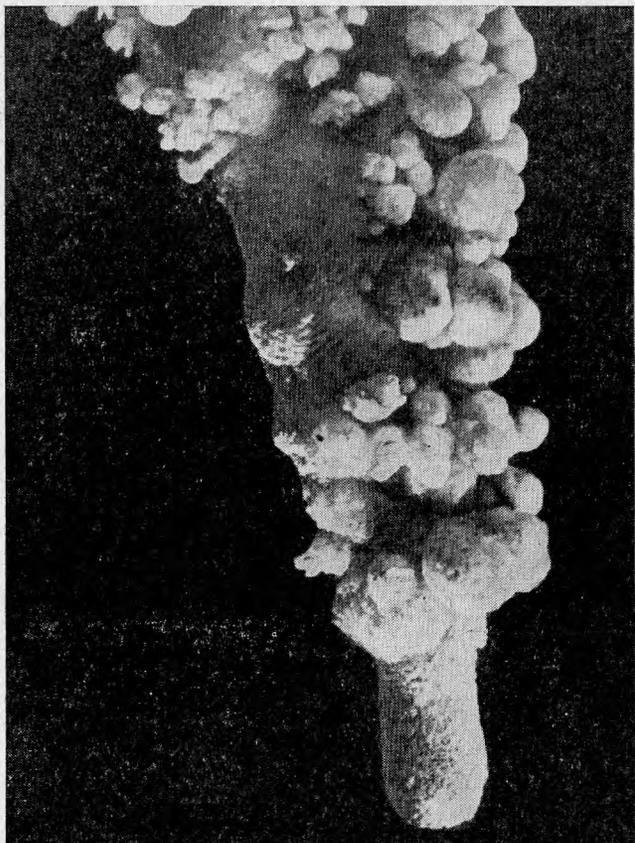


Рис. 1. Кораллитовые сталактиты. Пещера Уральская. Нат. вел.

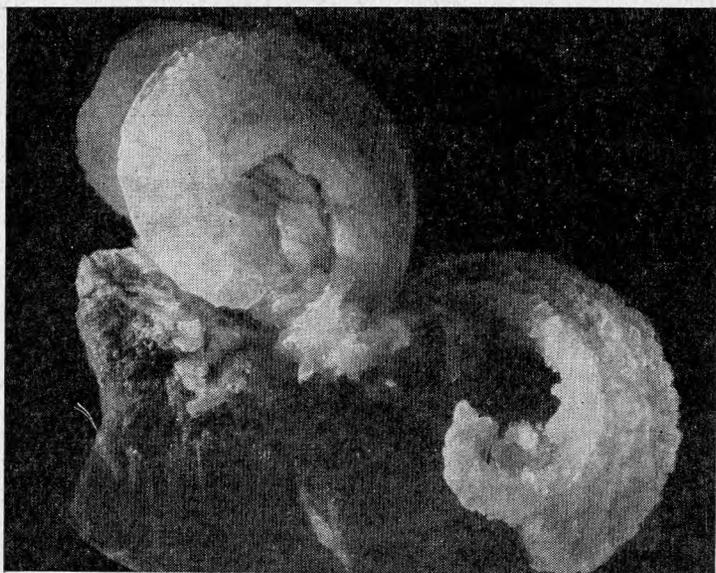


Рис. 2. Автолит гипса. Пещера Карлюкская. Туркмения. Увел. 2

Насколько удалось установить, впервые термин «кораллит» применили М. Шербан, М. Фриман и Д. Коман (1961) для «сталагмитовых образований древовидной формы, напоминающих коралловые кусты и развивающихся под действием капиллярности». Подобные кораллиты встречаются реже фунгоидных форм. Некоторые авторы для таких агрегатов употребляли термины «известковые цветы», «антодит». Кораллиты указанных типов большей частью имеют концентрическое сложение подобно сталактитам. Однако нередко наблюдаются постепенные переходы их в крупнокристаллические агрегаты, иногда прослеживаемые в одном образце от места нарастания агрегата к периферии. Встречаются, наконец, кораллиты, целиком сложенные крупнокристаллическим кальцитом. Кристаллы кальцита таких кораллитов обычно плохо окристаллизованы и имеют округлые кораллоподобные формы, хотя изредка наблюдаются ветвистые агрегаты хорошо образованных кристаллов. Для крупнокристаллических разновидностей кораллитов М. Шербан, М. Фриман и Д. Коман предложили удачный термин «кристаллитит» и верно указали на их рост в капиллярных водных пленках.

*Антолиты.* Этот термин предлагается автором для скручивающихся и расщепляющихся при росте параллельно-волокнистых агрегатов легко растворимых минералов (гипса, селитры, галита, эпсомита, халькантита и других), а также льда (рис. 2). Рост агрегата происходит только в месте его прикрепления за счет испарения (замерзания) поступающего по капиллярам пористого субстрата раствора. Вновь нарастающие слои основания отодвигают предыдущие вверх. Обычно из-за более интенсивного роста середины агрегата по сравнению с периферией возникающие механические силы разрывают его, а ветви агрегата изгибают наружу. Механизм роста таких кристаллов хорошо изучен физиками — это так называемые вискеры (нитевидные кристаллы). Однако вискеры существенно отличаются большим совершенством кристаллической структуры и меньшим размером. Антолиты гипса, например, достигают 30 см высоты. Рост антолитов в пещерах с обычной высокой влажностью воздуха невозможен. Только в редкие периоды сухости пещер и при наличии растворимых веществ в капиллярных водах возникают антолиты. Как следует из механизма роста, влияние гравитации на их форму не проявляется.

### Основные признаки последовательности кристаллизации

В качестве основного метода изучения возрастных соотношений между минеральными агрегатами пещер принято макроскопическое наблюдение последовательности их нарастания на субстрат. Эффективные результаты дает изучение пришлифовок образцов в разрезах, перпендикулярных плоскости нарастания. Прежде всего обращает на себя внимание постоянство последовательности нарастания сталактитов и сталагмитов разного цвета, разной формы или разной степени выветрелости их поверхности. Последовательность нарастания агрегатов разного цвета выдерживается всюду, где причиной окраски сталактит-сталагмитовой коры является наличие механической примеси глины. Более ранние генерации, как правило, содержат большее количество примеси грубой фракции. Эта закономерность может нарушаться, когда органическое вещество существенно влияет на окраску кальцита (Анакопийская пропасть, Кавказ).

Очень надежно прослеживается часто наблюдаемое нарастание туфовых сталагмитов на туфовые каскады и нарастание обычных сталагмитов на туфовые. Все эти разновидности сильно различаются по форме и структуре поверхности. Постоянно наблюдается нарастание кораллитов на сталагмитовую кору или обрастание кораллитов сталагмитовой корой

второй генерации. Многочисленность таких наблюдений и их непротиворечивый характер, сохраняющийся для всех посещенных пещер, свидетельствует об обоснованности метода.

### Последовательность кристаллизации минеральных агрегатов в отдельных пещерах

Автором исследовано около 13 карстовых шахт, горизонтальных и наклонных пещер в Крыму, на Кавказе и Туркмении, а также большое количество закарстованных оползневых брекчий в бассейнах рек Оки и Москвы на Русской равнине. Наиболее детально изучены пещера Узунджа и карстовая шахта Уральская, расположенные в северной части Центрального карстового плато Крыма (Иванов, 1963), и Анакопийская пещера в Абхазии.

*Пещера Узунджа* (Крубер, 1915) представляет собой протяженную горизонтальную систему очень узких вертикальных и круто наклоненных полостей, приуроченных к системе тектонических нарушений в известняках.

Для этой пещеры характерна разнообразная окраска обильных сталактитов. Выдержанность возрастных соотношений между сталактитами разного цвета свидетельствует о их принадлежности к разным генерациям. Сталактиты I генерации тонкоконцентрического сложения, отличаются большим количеством примеси глины. Снаружи часто покрыты черными пленками вада. Имеют коническую, цилиндрическую, трубчатую форму. Часто наблюдаются эксцентрические сталактиты неправильной формы. Сталактиты и сталактитовая кора II генерации кирпично-красного цвета от незначительной примеси terra rossa. Они повсюду нарастают на более ранние агрегаты I генерации и отличаются редкостью эксцентрических образований. Наиболее наглядно прослеживается нарастание белоснежных и кремневых сталактитов и сталактитовой коры III генерации на минеральные агрегаты I и II генерации (рис. 3). Аналогичные соотношения наблюдаются между более редкими сталагмитами I, II и III генераций, которые в отличие от сталактитов имеют одинаковую форму. Различия между сталактитами и сталагмитами различных генераций легко обнаруживаются и на их поперечных разрезах.

При затоплении сталактитов II генерации пещерными водами на них наблюдалась кристаллизация известкового туфа в формах, напоминающих цветную капусту (рис. 4).

Кораллиты в пещере Узунджа встречаются далеко не во всех участках, что понятно из способа их образования. Характерно наличие кораллитов в полузамкнутых полостях или нишах. Они наблюдались в заметном количестве в боковых ответвлениях старой части пещеры недалеко от входа. Наиболее распространены фунгоидные кораллиты I генерации. Они всегда нарастают на сталактиты и сталагмиты I генерации (рис. 5). Кораллиты II генерации встречаются гораздо реже и обычно имеют почковидную форму. Они нарастают обычно на красные сталактиты II генерации.

Приведенные данные свидетельствуют о наличии трех циклов кристаллизации в пещере Узунджа; причем третий цикл продолжает развиваться. Развитие «натечных» агрегатов шло по схеме: 1-й цикл: сталактит-сталагмитовая кора I генерации → кораллиты I генерации; 2-й цикл: сталактит-сталагмитовая кора II генерации → кораллиты II генерации; 3-й цикл: сталагмит-сталактитовая кора III генерации. Для этой пещеры характерно широкое распространение минеральных агрегатов всех циклов кристаллизации. Чаще наблюдается значительное уменьшение массы отложенного вещества в более поздних циклах кристаллизации, как это хорошо видно в карстовых шахтах Уральская и Кристальная.

Рис. 3

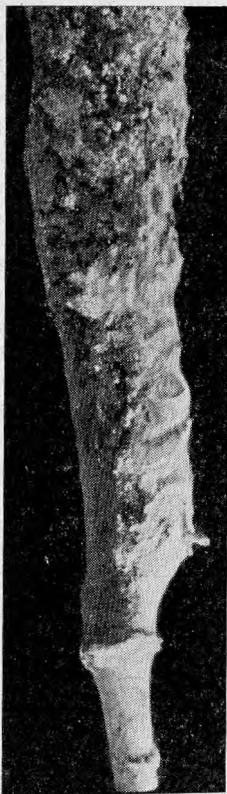
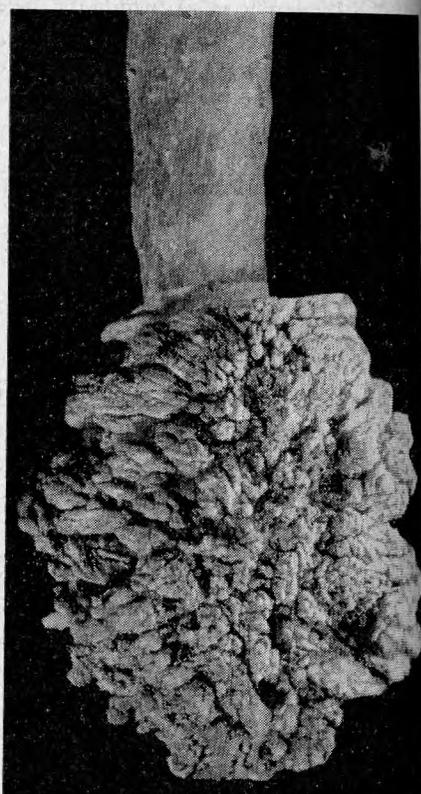


Рис. 4



*Карстовые шахты Уральская и Кристальная* расположены в северной части Айпетринской яйлы (Центральное карстовое плато) Крыма. Минерализация первой шахты аналогична, за немногими отличиями, минерализации пещеры Узунджа. Черные сталактиты I генерации здесь мало распространены. Кораллиты II генерации обильны в нишах всех проходов. Кораллиты в отличие от таковых из Узунджи имеют не фунгоидную форму, а коралловую ветвистую, и часто нарастают на обломки упавших сталактитов.

На кораллитах II генерации наблюдаются небольшие конические сталактиты III генерации. Сталактиты II генерации нередко дают постепенные переходы в кораллитовые сталактиты белоснежного цвета (см. рис. 4). Особенностью шахты *Уральская* является незначительное количество туфовых сталактитов и туфовой сталактитовой коры — по-видимому, современного цикла кристаллизации.

Наиболее важным из изученных фактов для шахты *Кристальная* — установление соотношений между сталагмитами разных генераций и периодами обрушений. Самые мощные обрушения предшествовали образованию туфовой сталактит-сталагмитовой коры I генерации. Глыбы старых завалов покрыты сплошной туфовой сталагмитовой корой с туфовыми сталагмитами «пагодами» I генерации. Сталагмиты II генерации типа «fried eggs» (Folsom, 1956) нарастают на молодой мелкоглыбовый завал.

*Анакопийская пещера* расположена в окрестностях Нового Афона в Абхазии. Она представляет собой вертикальную шахту, переходящую в горизонтальную пещеру с большой протяженностью ходов. Исследования, произведенные автором зимой 1965 г., выявили ярко выраженную периодичность процессов кристаллизации.

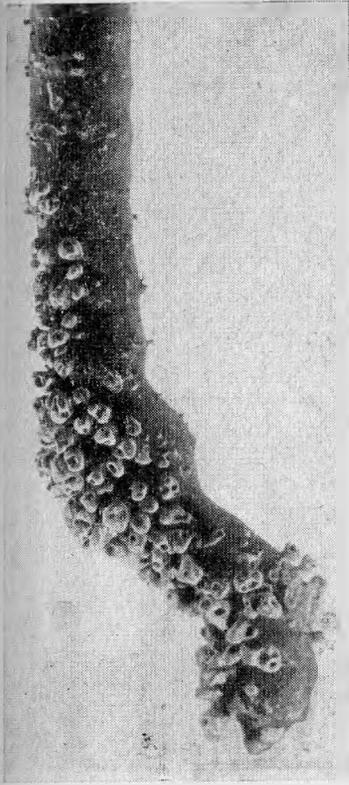


Рис. 3. Сталактит поздней генерации (белый), нарастающий на сталактит I генерации. Пещера Узунджа,  $\frac{3}{4}$  натур. вел.

Рис. 4. Обрастание сталактита известковым туфом в период его затопления. Пещера Узунджа.  $\frac{1}{2}$  натур. вел.

Рис. 5. Фунгоидные кораллиты I генерации на эксцентрическом сталактите I генерации. Пещера Узунджа. Натур. вел.

Наиболее мощное развитие получила туфовая сталагмитовая кора I цикла кристаллизации, покрывающая несколько тысяч квадратных метров глыбовых завалов и поверхности гротов и галерей. На крутопадающих участках глыбовых завалов наблюдаются громадные туфовые каскады с туфовыми драпировками до 15 м высоты. На пологих склонах видны каскады туфовых плотин (гуров). На туфовых каскадах наблюдаются громадные туфовые сталагмиты с плоской поверхностью. На туфовую кору I генерации и на гуров нарастают туфово-кальцитовые сталагмиты типа «шагод» до 3 м высоты. Еще чаще на ней наблюдаются обелисковидные сталагмиты и сплошные покровы плотной кальцитовой сталагмитовой коры. Под навесами глыбового завала сталагмитовая кора часто оторочена завесой сталактитов и драпировок.

В узких участках галерей, в нишах на глыбовых завалах и более ранних продуктах кристаллизации — туфе и сталагмит-сталактитовой коре — очень часто наблюдаются кораллиты разнообразных форм. Во многих местах видно, как кораллиты обрастают маломощной сталагмитовой корой II генерации. Особенно эффектно сталагмиты II генерации, нарастающие на сталагмиты I генерации, обросшие кораллитами (рис. 6). Реже наблюдаются новообразованные сталактиты на агрегатах кораллитов.

В участках распространения молодых глыбовых завалов и в особенности на песчано-глинистых покровах часто наблюдается туфовая кора II генерации. По облику, мощности отложений, обильным гурам небольшого размера эта туфовая кора сильно отличается от таковой I цикла кристаллизации. В мелких ванночках гуров наблюдаются тысячи туфовых лизолитов. Туфовые сталагмиты II генерации более миниатюрны, чем

Рис. 6

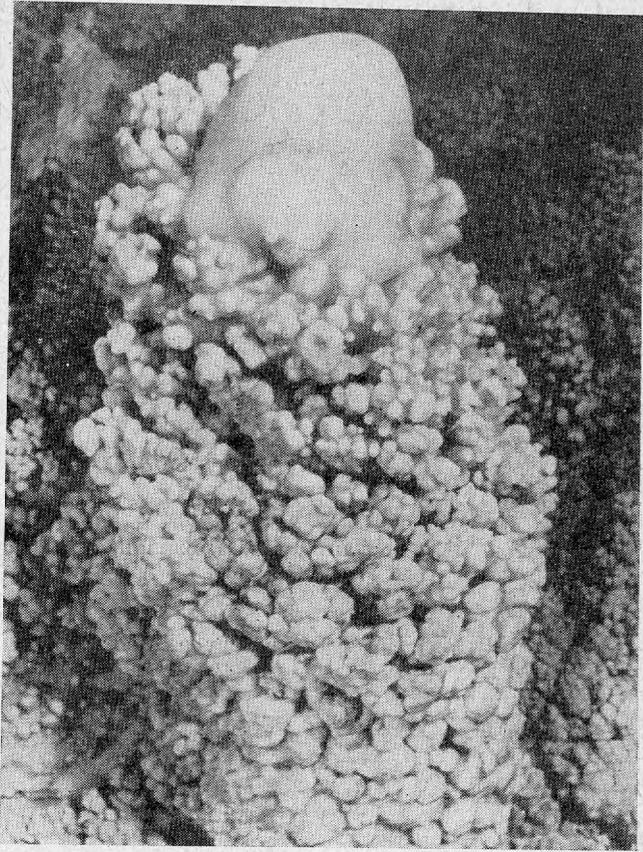
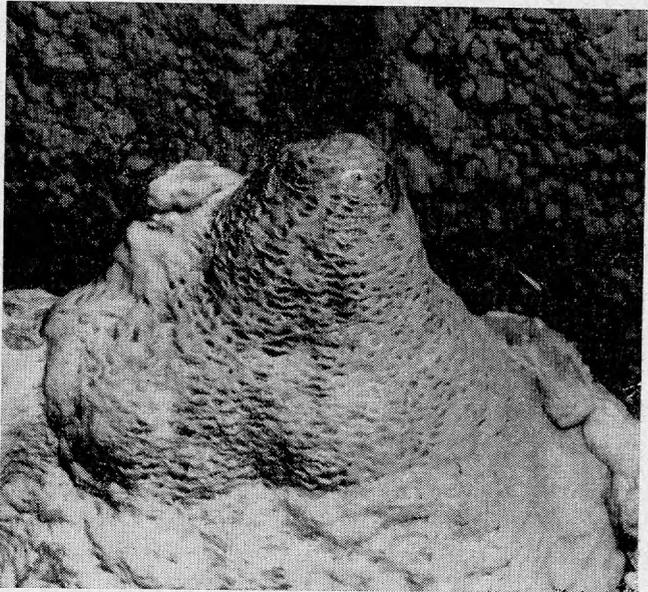


Рис. 7



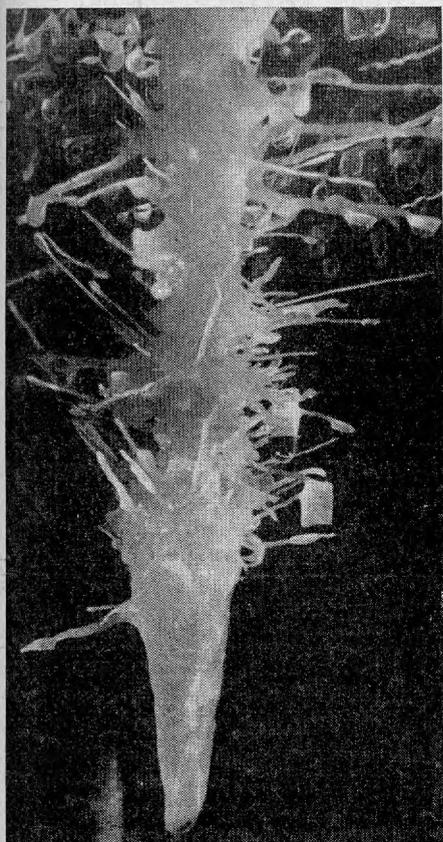


Рис. 8

Рис. 6. Сталагмит II генерации, нарастающий на агрегат кораллитов, покрывших более ранний сталагмит I генерации. Пещера Анакопийская, уменьшено  $\frac{2}{5}$ , фото В. Нежуры

Рис. 7. Сталагмит II генерации типа «fried eggs» на туфовых сталагмитах II. Пещера Анакопийская, уменьшено 4, фото В. Нежуры

Рис. 8. Сталактиты II на геликтитах, покрывших сталактит I генерации. Пещера Анакопийская, уменьшено, фото В. Нежуры

туфовые сталагмиты I цикла кристаллизации, и заметно отличаются по форме. На агрегатах туфовой коры II генерации и сталагмитах-«пагодах» наблюдаются обильные спиральные и коротко-столбчатые цилиндрические сталагмиты, часто характерного типа «fried eggs» (рис. 7). Кораллиты II генерации в пещере не обнаружены.

Аналогичные соотношения наблюдались между сталактитами различного относительного возраста. Однако сталактитовая кора в Анакопийской пещере имеет несравненно меньшую интенсивность развития, чем сталагмитовые коры. Синхронными с отложением туфовой коры I являются массивные туфовые драпировки (зал Тбилиси.) Над туфовыми сталагмитами I генерации наблюдались причудливо изогнутые туфовые сталактиты — анемолиты. Сталагмитам-«пагодам» и обелисковидным сталагмитам соответствуют массивные сталактиты I цикла кристаллизации. На сталактитах I, часто имеющих матовую корродированную поверхность, нередко нарастают блестящие сталактиты I, обычно отличающиеся по цвету.

В отдельных участках пещеры (Геликтитовый зал) на сталактитах I в большом количестве наблюдаются разнообразны *геликтиты* — причудливо изгибающиеся цилиндрические веточки с тончайшими капиллярами внутри. Через эти капилляры происходит питание геликтита при росте (Prinz, 1908). На направление роста геликтитов не влияет сила тяжести, что подтверждает данные о их росте из капиллярных растворов. На геликтитах иногда нарастают сталактиты II (рис. 8).

Характерной особенностью Анакопийской пещеры является исключительное обилие среди продуктов кристаллизации различных агрегатов

гипса — гипсовой коры, антолитов, сталактитов и сталагмитов. Во-первых, соотношения агрегатов гипса с кальцитовыми образованиями установлены значительно менее точно. Это объясняется тем, что гипс под капелью или в водных потоках, дающих начало кальцитовым туфовым агрегатам, очень легко растворяется. Однако этот факт помогает установить условия, при которых возможна кристаллизация гипса. Очевидно, рост гипса за счет испарения растворителя (другие механизмы кристаллизации неизвестны) возможен только в сухой период жизни пещеры. Этот период устанавливается по резкому уменьшению поступающих в пещеру вод от стадии роста кораллитов до стадии растворения известняков и формированию полости пещеры во второй цикл жизни пещеры. Дополнительным фактом, подтверждающим данный вывод, является значительная коррозия сталактитов I и сталагмитов I в участках, обогащенных гипсом. Наиболее вероятна кристаллизация гипса в конце I цикла.

Таким образом, общая периодичность развития Анакопийской пещеры сводится к следующему схематическому ряду: растворение известняков (образование полости) → глыбовые завалы I → аккумуляция обломочных отложений (гравий, песок, глина) I → кристаллизационная аккумуляция I → осушение пещеры → незначительные обрушения II цикла → обломочная аккумуляция II → кристаллизационная аккумуляция II. Отчетливо прослеживаются два максимума в явлениях обрушения и степени обводненности пещеры, так же как и резкий минимум в явлениях аккумуляции и поступлении вод между I и II циклами. Кристаллизационная аккумуляция I и II циклов носит сходный характер с той лишь разницей, что II цикл еще не дошел до конца (отсутствует кристаллизация кораллитов и гипса). Общий ход кристаллизации в каждом конкретном участке идет по схеме: туфовая сталактит-сталагмитовая кора → кальцитовая сталактит-сталагмитовая кора → кораллиты → гипс. Особенностью II цикла является образование геликтитов и пизолитов.

### Основные результаты исследований

Приведенные в настоящей работе данные показывают, что предложенный ранее новый метод исследования общей истории развития сталактитовых пещер (Степанов, 1966) обоснован и может дать ценные результаты. Особенно интересными оказались данные о строгой периодичности явления растворения известняков, обрушения свода и отложения обломочных продуктов, разделяемых значительными периодами покоя, притом сильносейсмичных районах (Кавказ, Крым). Оценить длительность периода покоя в развитии пещер помогают археологические и геоморфологические данные (Гвоздецкий, 1954), показывающие, что возраст пещер оценивается многими тысячами и десятками тысяч лет. Наличие всего двух-трех циклов аккумуляции показывает, что каждый период в жизни пещеры по длительности соизмерим с указанными величинами.

Другой важный вывод относится к периодичности в количестве вод, поступающих в пещеру. Максимум обводненности совпадает с периодами обрушений перед началом каждого цикла, что отчетливо видно по степени сортировки и размеру гальки и щебня, поступающих в пещеру. В дальнейшем (что хорошо прослеживается по смене продуктов кристаллизации) интенсивность обводненности постепенно уменьшается: от струй гравитационных вод (сталагмит-сталактитовая кора, кристаллизация в водоемах) при высокой влажности атмосферы пещеры до капиллярных водных пленок (кораллиты) также при высокой влажности атмосферы пещеры и до сухого периода, при котором возможна кристаллизация даже слабо растворимого гипса за счет испарения при низкой влажности атмосферы пещеры.

Таким образом, в единой цепи причинных зависимостей оказались столь разнородные на первый взгляд явления, как процессы обломочной и кристаллизационной аккумуляции, процессы формирования полостей пещер, смена различных текстур «натечных» агрегатов во времени, периодичность в степени обводненности пещер и, по-видимому, даже степень сейсмичности крупных районов. Какие явления более крупного масштаба и какие причины вызвали тесную связь столь разнородных процессов? Частичный ответ на эти вопросы дает книга Б. Л. Личкова «Природные воды Земли и литосфера» (Личков, 1960). Там показано на материале планетарного масштаба, что существует тесная связь между периодичностью различных порядков в существенных изменениях физико-географической среды крупных районов и планеты в целом и региональными тектоническими процессами.

При исследованиях частных, на первый взгляд, явлений, мы как-то забываем о тесной причинной зависимости абсолютно всех явлений природы. В этом отношении особенно важно взглянуть со стороны на периодичность явлений кристаллизации как в поверхностных, так и в глубинных процессах. При всей ограниченности материала данной статьи несомненно то, что причина любых периодических процессов кристаллизации, в том числе и при формировании рудных месторождений, — периодичность более крупных по масштабу явлений в жизни нашей планеты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Витасек Ф. О структуре, ритмичном росте и возрасте сталагмитов Деменовских пещер в Словакии. — Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 1.
- Гвоздецкий Н. А. Карст. Вопросы общего и регионального карстоведения. Изд. 2-е. М., Географгиз, 1957.
- Ванов Б. Н. Карстовые явления в Горном Крыму и основные вопросы их исследования. — Труды комплексной карст. экспед. АН УССР, 1963, вып. 1.
- Бриггер И. И. Пещерные капельники. — Природа, 1955, № 3.
- Брубер А. А. Карстовая область горного Крыма. М., 1915.
- Личков Б. Л. Природные воды Земли и литосфера. — Записки геогр. об-ва СССР, 1960, 19.
- Петанов В. И. Анализ последовательности кристаллизации «натечных» минеральных агрегатов как метод изучения истории формирования сталактитовых пещер. — Труды IV Междунар. спелеол. конгресса. Любляна, 1966.
- Верман А. Е., Щербаков Д. И. Тюя-Муяновское месторождение радиевых руд в Фергане. М., 1925.
- Щербаков М., Фиман М., Коман Д. Пещеры Румынии. Бухарест, изд-во «Меридианы», 1961.
- Щербаков А. Н. К вопросу о структуре и росте трубчатых сталактитов. — Труды СПб. об-ва естествоиспыт., 1911, 35, вып. 5.
- Harrison V. S. The growth of stalagmites and stalactites. — J. Geol., 1923, 31, N 2.
- Walch H. E. Mendip — its swallet caves and rock shelters, 1948.
- Corbell J. Observation sur la Karst couvert de Belgique. — Bull. Soc. belge d'études géogr., 1947, 17.
- Hawkins B. W. Cave hunting, 1874.
- Wisdom F. Exploring American caves, 1956.
- Wansky J. Kras a jaskyne, 1950.
- Prinz W. Les cristallisation des grottes de Belgique. — Soc. belge géol., memoir., 1908, 22, ser. 4<sup>e</sup>, fasc. 4.
- Ryder F. G. An unusual stalactites from Saltville, Virginia. — J. Sedim. Petrol., 1951, 21, N 1.
- Combe F. Gouffres et cavernes du Haut Commines. — Trav. Sci., club Alpin français, 1943, 11.
- Warwick G. T. Cave formation and its deposits. British caving, 1953.