

7. Лапин А.В. Ионообменные свойства кристаллической структуры пирохлора и их минералогическое следствие // Минералогия - народному хозяйству: Тез. докл. VII съезда ВМО. Л.: Наука, 1987. С. 54.
8. Минералы: Справочник. М.: Наука, 1967. Т. 2, вып. 3. 676 с.
9. Семенов Е.И., Спицын А.Н., Булова З.И. Гидропирохлор из Ловозерского массива // Докл. АН СССР, 1963. Т. 150, № 5. С. 1128-1130.
10. Chakoumakos B.C. Systematics of the pyrochlore structure type, ideal $A_2B_2X_6Y$ // J. Solid State Chem. 1984. Vol. 53, N 1. P. 120-129.
11. Dickens P.G., Weller M.T. Structure and proton mobility in the defect pyrochlore $(H_2O)_2H_2Ta_2O_6$ // Solid State Commun. 1986. Vol. 59, N 8. P. 569-573.
12. Groult D., Pannetier J., Raveau B. Neutron diffraction study of the defect pyrochlores $TaWO_5$, $HTaWO_6$, $H_2Ta_2O_6$ and $HTaWO_6 \cdot H_2O$ // J. Solid State Chem. 1982. Vol. 41. P. 277-285.
13. Hogarth D.D. A study of pyrochlore and betafite // Canad. Miner. 1961. Vol. 6, N 5. P. 610-633.
14. Hogarth D.D. Classification and nomenclature of pyrochlore group // Amer. Miner. 1977. Vol. 62, N 34. P. 403-410.
15. Marinder B.-O., Wang P.-L., Werner P.-E. Powder diffraction studies of $SrNb_2O_6$ and $SrNb_6O_{16}$ // Acta chem scand. A. 1986. Vol. 40, N 7. P. 467-475.
16. Subramanian M.A., Aravamudan G., Subbarao G.V. Oxide pyrochlores - a review // Progr. Solid State Chem. 1983. Vol. 15, N 2. P. 55-143.
17. Wambeke L. A study of some niobium-bearing minerals of the Lueshe carbonatite deposit (Kivu, Republic Congo) // Euroatom. Rep. 1965. N 2110. P. 1-31.

УДК 548.0

А.А.Годовиков, О.И.Рипинен, В.И.Степанов

СФЕРОЛИТЫ, СФЕРОКРИСТАЛЛЫ, СФЕРОИДОЛИТЫ, ЯДРОСФЕРОЛИТЫ

Как известно, в природе сравнительно широко распространены сферические моно- и полиминеральные кристаллические выделения, к которым применяются такие названия, как "сферолит", "сферокристалл", "сфероидолит", хотя условия их образования и связанные с этим особенности структуры и текстуры различны. В связи с этим представляется необходимым дать конкретные определения указанным терминам с учетом специфических черт их образования. Для этого рассмотрим прежде всего в хронологической последовательности известные определения, данные в различных словарях и монографиях.

Так, в Петрографическом словаре Ф.Ю.Левинсон-Лессинга и Э.А.Струве [9] находим: "Сферолиты (Sphärolithe), Фогельзанд, 1872. - Небольшие шаровые радиально-лучистые или концентрические скорлуповатые образования, встречающиеся в стекловатых, кристаллических или иных породах так называемой сферолитовой структуры" (с. 329).

В этом определении настораживают два момента. Во-первых, указано, что

сферолиты могут представлять собой концентрически-скорлуповатые образования, причем радиально-лучистая структура в этом случае вроде и необязательна. Во-вторых, отмечается, что сферолиты встречаются в стекловатых, кристаллических или иных породах, причем не расшифровывается, что собой представляют последние. Если учесть, что это могут быть как вулканические, так и изверженные, как метаморфические, так и осадочные породы, смысл этого определения становится неясным и оно по сути своей излишне.

По А.В.Шубникову, Е.Е.Флинту, Г.Б.Бокию [16], сферолит - кристаллический агрегат сферической формы, рассматривавшийся ими как "псевдокристаллический индивидуум" (с. 410). Анализируя особенности морфологии и генезиса сферолитов, они выделяли три их типа:

"Обыкновенный сферолит (а) состоит из отдельных кристаллов, расположенных радиально вокруг начальной точки роста. Поверхность сферолита неровная и состоит из множества маленьких граней, принадлежащих составляющим его кристаллам...

Сферокристалл (b) состоит из весьма тонких, быть может, молекулярно тонких волокон, исходящих из одного центра; поверхность сферокристалла гладка и при отсутствии помех при ее образовании строго сферична...

Сферолит с двулистником (с) состоит из радиальных волокон двух сортов; граница между ними имеет в сечении вид двух сросшихся лепестков цветка... В пространстве эти лепестки имеют форму тел вращения логарифмической спирали. Леманн объясняет образование сферолитов с двулистниками расщеплением зародышевого кристалла по концам" (с. 410-411).

Из определений видно, что разница между сферолитом и сферокристаллом, по А.В.Шубникову, Е.Е.Флинту и Г.Б.Бокию, не столько качественная, сколько количественная и определяется величиной субиндивидов, слагающих сферолит. В сферолитах это достаточно грубые, легко различимые субиндивиды, в сферокристаллах - чрезвычайно тонкие, настолько, что подобные сферолиты не только имеют зеркально гладкую поверхность, но и часто оказываются прозрачными, как бы однородными; их сферолитовую структуру можно видеть только под микроскопом. Из минералов такие сферолиты известны, например, для халцедона, томсонита, гиалита. В то же время структура обыкновенных сферолитов и сферокристаллов одинакова. Поэтому неудивительно, что позже многие авторы не делали существенных различий между этими терминами, а иногда применяли их попеременно к одним и тем же индивидам.

Иное дело "сферолиты с двулистником". Они принципиально отличаются не только своей структурой, но и генезисом, являясь заключительной стадией объемного расщепления кристалла.

"Сферолиты с двулистником" исчезли из ряда более поздних словарей, в которых можно найти лишь определение сферолита в первом значении этого слова и изредка определение сферокристалла. Так, в словаре по геологии нефти [12] находим: "Сферолиты - небольшие шаровые радиально-лучистые или одновременно и концентрически скорлуповатые образования... Сферокристаллы - однородные маленькие шаровые образования радиально-лучистого строения (сферолиты), состоящие из игл (волокон), принадлежащих одному минералу" (с. 444). Здесь вызывает сомнение особое внимание к тому, что это "небольшие" или "маленькие" образования, поскольку эта характеристика не может быть определяющей.

В "Геологическом словаре" [1] по интересующему нас вопросу находим: "Сферолиты - сферические образования, состоящие из тончайших волокон неопределимого кристаллического вещества, радиально расположенных вокруг некоторого центра... Сферокристаллы - округлые мономинеральные образова-

ния в основной массе кислых эффузивных пород, образовавшиеся при дальнейшей раскристаллизации сферолитов" (с. 289). Эти определения, естественно, вызывают недоумение. Из них определение сферокристалла полностью не информативно. Не ясно, о каком "неопределимом кристаллическом веществе" идет речь в определении "сферолита", зачем сужать распространение сферолитов и сферокристаллов кислыми вулканитами.

В "Толковом словаре английских геологических терминов" [I4] находим: "Spherulite - петрол. - сферолит. Округлая или сферическая масса игольчатых кристаллов, обычно полевых шпатов, радиально расходящихся из одного центра... spherulite сед. - сферолит. 1. Любое более или менее сферическое тело или крупнокристаллический агрегат с радиально-лучистой внутренней структурой (кристаллы могут расходиться радиально из одного или нескольких центров)...; образуются в осадочных породах *in situ*... 2. Небольшие (0,5-5 мм в диаметре) сферические или сфероидальные частицы, состоящие из тонкого плотного известкового внешнего слоя и ядра, сложенного шпатовидным кальцитом" (с. 208). Если исключить толкование понятия "сферолит" во втором седиментологическом смысле, то даваемые определения, по существу, аналогичны определению сферолита обыкновенного по А.В.Шубникову, Е.Е.Флинту и Г.Б.Бокию, приведенному выше. Сферолит же во втором седиментологическом понимании существенно отличается генетически, так как имеет ядро, сложенное "шпатовидным", т.е. крупнокристаллическим, кальцитом, и корку, нарастающую на это ядро и имеющую радиально-лучистую структуру.

В "Толковом словаре немецких геологических терминов" [I0] сферолиты определяются как "округлые образования зернистого (? - авторы наст. ст.) строения, скорлуповатые (? - авторы наст. ст.) или нередко радиально-лучистые" (с. 268). Здесь на первое место выступает округлая форма и к сферолитам относятся как обыкновенные сферолиты А.В.Шубникова, Е.Е.Флинта, Г.Б.Бокия, так и оолиты, что поясняется в этом же разделе несколько ниже. Обыкновенные же сферолиты получают специфическое название "радиолиты" (Radiolith).

По определению "Петрографического словаря" [II], "сферолит - сферический концентрический зональный радиально-лучистый аккреционный агрегат в осадочной, метаморфической или магматической породе" (с. 418). В качестве разновидностей сферолита названы вариолит, оолит, сферокристалл. Таким образом, основным в определении сферолита здесь выступает сферическая форма, тогда как структура его допускается различной. Определение сферокристалла дается в виде: "Сферокристалл - сформированный не за счет одновременного роста массы радиально расположенных кристаллов, а за счет расчленения одного кристалла" (с. 417). Легко видеть, что, по существу, определения понятия сферокристалла оно не дает, хотя сферокристалл в этом случае трактуется как продукт расщепления растущего кристалла.

Наконец, в "Толковом словаре" С.И.Томкеева [I5] даются следующие определения:

"Spherulite (= spherolite, sphaerolite) - сферолит. Название обычно употребляется для обозначения сферических тел, встречающихся в кислых стеклах или породах. Их диаметр обычно меньше нескольких сантиметров, хотя были описаны и более крупные тела, достигающие 3 м в поперечнике. Под микроскопом выявляется радиальное расположение кристаллов вокруг одного или ряда центров...

Spherocrystals - сферокристаллы. Радиальные сферолиты, образованные кристаллами, принадлежащими к одному минеральному виду" (с. 203).

Анализируя определения С.И.Томкеева, следует отметить, что в понятии

сферолита ведущим является сферическая форма. Не ясно, почему о "радиальном расположении кристаллов" можно судить только под микроскопом, поскольку эта структура отчетливо видна даже макроскопически у многих сферолитов, в том числе и содержащихся в кислых породах. Что касается термина "сферокристалл", то С.И.Томкеев дает, по существу, собственное его толкование, в котором на первый план выдвигается мономинеральность таких индивидов, а отнюдь не толщина иголок (волокон), слагающих их. Более того, из приведенных определений можно допустить, что сферолиты отличаются от сферокристаллов, по С.И.Томкееву, своей полиминеральностью.

Из всех приведенных определений видно, что они весьма неоднородны, часто противоречивы или ограничены. Более того, основная их масса не учитывает разные механизмы формирования рассматриваемых минеральных тел, что в свое время подчеркивалось А.В.Шубниковым, Е.Е.Флинтом и Г.Б.Бокием. Именно на последнем сосредоточил свое внимание Д.П.Григорьев [4]. Касаясь определения самого понятия "сферолит", он писал: "Сферические агрегаты минералов - будем называть их сферолитами - имеют обычно более или менее правильную, но иногда сильно искаженную форму шара и обнаруживают радиально-лучистое или радиально-лучистое и вместе с тем концентрически-зональное строение, нередко очень тонкое, часто только с большим трудом различимое под микроскопом" (с. 249). Таким образом, согласно Д.П.Григорьеву, достаточными определениями для сферолита является близкая к шаровидной форма и радиально-лучистое строение, сохраняющееся и у концентрически-зональных сферолитов. Надо также отметить, что сферолиты Д.П.Григорьев рассматривал не как индивиды, а как агрегаты.

Говоря о генезисе сферолитов, Д.П.Григорьев выделяет 3 случая:

1) "нарастание кристаллов на какие-либо более или менее округлые посторонние тела";

2) "кристаллизация сконцентрированных в определенных точках выделений по-разному ориентированных зародышей";

3) "рост расщепляющихся кристаллов" (с. 249-251).

Ясно, что все три случая существенно отличаются друг от друга как по механизму роста "сферолитов", так и по структуре последних.

Так, сферолиты (рис. 1), описанные Д.П.Григорьевым ко второму случаю, экспериментально воспроизводятся путем введения группы затравок в центр кристаллизующегося расплава, например заключенного между предметным и покровным стеклом, путем прикосновения палочкой с затравками к расплаву через специальное отверстие в центре покровного стекла. Анализируя условия образования сферолитов рассматриваемого типа при кристаллизации расплавов полимеров, Х.Кейт и Ф.Дж.Падден [17] пришли к выводу, что они образуются при разрастании сильно дефектной расщепленной затравки, возникновению которой благоприятствуют пересыщение (переохлаждение) и примеси, в том числе ионные, вокруг которых конденсируются частицы кристаллизующегося вещества с образованием сильно дефектных ядер нуклеации. В этом случае зародышевая дефектная частица, находящаяся в центре сферолита, столь мала, что не может быть обнаружена даже под микроскопом. По этому механизму, которому благоприятствует также кристаллизация за счет присоединения отдельных элементарных блоков [3], образуются кристаллические индивиды, состоящие из отдельных волокнистых, игольчатых, пластинчатых, грубостевоватых и тому подобных субиндивидов, которые можно рассматривать как собственно сферолиты (обыкновенные сферолиты А.В.Шубникова, Е.Е.Флинта, Г.Б.Бокия). Ясно, что принципиальной разницы между сферолитами, отличающимися толщиной волокон (игл и т.д.), нет. Поэтому нет смысла в сохранении термина "сферокристалл" в старом смысле слова, как относящегося к сферолиту с ультратонкими, неразличимыми даже

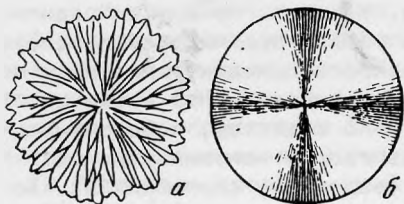


Рис. 1. Особенности строения сферолитов
 а - грубошестоватого с бугристой поверхностью; б - тонковолокнистого с гладкой поверхностью; показаны особенности его погасания в скрещенных николях

под микроскопом волокнами и гладкой, зеркальной внешней поверхностью. Учитывая сказанное, именно за этой группой индивидов предлагается сохранить название "сферслит".

Совершенно иной механизм образования характерен для шаровидных индивидов, возникающих как конечный продукт объемного расщепления кристаллов по схеме, впервые приведенной Леманном (рис. 2). В этом случае, сначала возникают практически неискаженные кристаллы, которые по мере роста все больше и больше искажаются. На промежуточных стадиях возникают сильно искаженные индивиды - седловидные - в случае карбонатов [2], столь характерные для доломита, сноповидные, типичные для стильбита и тому подобные индивиды. Конечной стадией их расщепления является индивид со сложным строением, в котором отдельные субиндивиды часто не расходятся из центра к периферии, как в сферолитах, а подчиняются закону расщепления, **делающими** их не прямыми, а изогнутыми. Такие индивиды, в которых иногда можно обнаружить и характерный для них двулистник (рис. 3), типичны для стильбита, пренита, некоторых кальцитов, доломитов, сидеритов. Этот же механизм расщепления кристаллов в процессе их роста установлен для шаровидных индивидов настурана (рис. 4). Ю.М.Дымков [8], подробно исследовавший последние, именно для них предложил название сферокристаллов, отнеся к ним "простые шаровидные (округлые) индивиды, возникшие в результате непрерывного радиального расщепления пирамид роста всех или строго определенных граней зародышевого кристалла (центра роста) и характеризующиеся в первом приближении кристаллической непрерывностью (сферической кристаллической решеткой)" (с. 70). Именно последнее обстоятельство приводит к сферической спайности, характерной для сферокристаллов кальцита, доломита, сидерита, слюд (индивиды типа барботова глаза у аннита, лепидолита), ряда других минералов.

Своеобразное строение и механизм образования характерны для сфероидолитов. К ним относятся [8] сферические или грушевидные образования, которые можно представить как тела вращения с L_{∞} , субиндивиды которых (волокна и т.п.) изогнуты, причем степень их изогнутости (отклонения от L_{∞}) увеличивается по мере роста.

Сопоставляя структуру сферолитов и сфероидолитов Ю.М.Дымков [8] пишет: "В любом пучке кристаллических волокон есть какие-то отклонения от радиальности, но в отдельных искаженных ("дисимметричных") сферокристал-

I Первоначальное определение сфероидолитов, данное В.И.Степановым [13], имеет следующий вид: "Сфероидолитами предлагается обозначать такие разновидности сферолитов, которые имеют эллиптическую, а не обычную круговую концентрическую зональность роста при общем радиально-лучистом их сложении. Сфероидолиты, как и сферолиты, можно рассматривать как индивиды (в оригинале **индивидуумы**. - Авторы наст.ст.), которые могут образовать различные агрегаты" (с. 80).

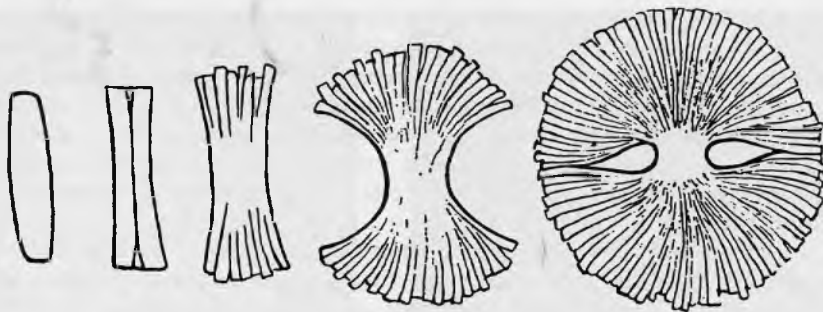


Рис. 2. Схема объемного расщепления кристалла, приводящего в конечном счете к образованию сферокристалла с двулистником

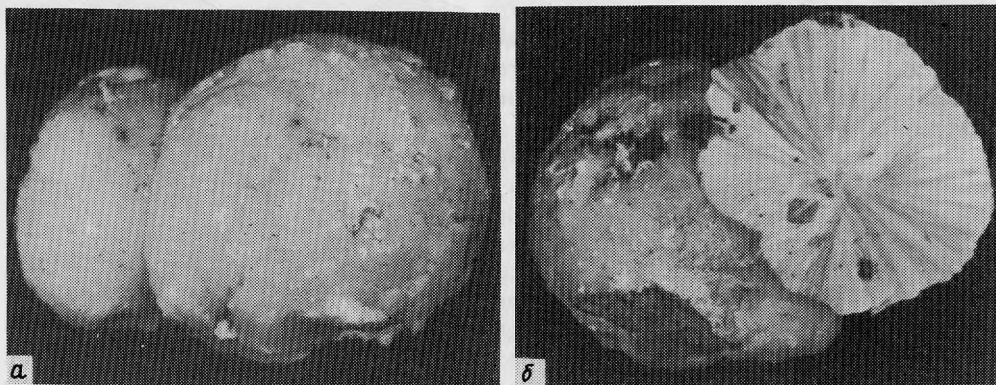


Рис. 3. Сферокристаллы стильбита
а - внешняя форма; б - сечение с характерной фигурой двулистника

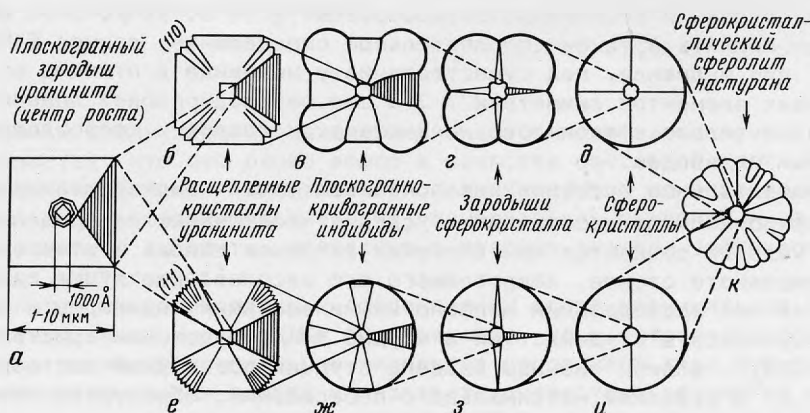


Рис. 4. Схема образования сферокристаллов настурана путем скелетного (б-д) и радиально-нормального (е-и) расщепления кубических и кубооктаэдрических кристаллов уранинита (схемы аб-дк - наблюдаемый ряд, ае-нк - предполагаемый путь развития) по [7]

лах - сфероидолитах эти отклонения становятся характерной особенностью индивидов. У основания их волокна изогнутые и укороченные. Наиболее длинные кристаллические волокна проходят через главную ось сфероидолита ... соответственно зоны роста к основанию уменьшаются" (с. 73). Превосходные примеры сфероидолитов представлены баритом Керченского железорудного месторождения (рис. 5). Дендритные сростки сфероидолитов характерны для выделений настурана, тодорокита (рис. 6), малахита, пещерного кальцита (в кластеритах и кораллоидах).

Наряду с плотными сферолитами и сферокристаллами, которые Ю.М. Дымков [8] называл закрытыми, он выделял открытые сферолиты и сферокристаллы - "ежи", сложенные разобщенными иглами или пучками радиальных субиндивидов, расходящимися от какого-то центра. С нашей точки зрения, такие индивиды лучше назвать сферолитовыми или сферокристаллическими пучками. При этом интересно, что иногда такие пучки образуются самостоятельно, в других же случаях они венчают, например, обычные ("закрытые" по Ю.М. Дымкову) сферолиты, что было показано Ю.М. Дымковым [8] на примере монтрозеита и настурана. Переход обычных сферолитов в сферолитовые пучки установлен для натролита Пуны (Индия), антимонита из Никитовки (УССР) и ряда других минералов.

А.В. Шубников, Е.Е. Флинт, Г.Б. Бокий [16], Ю.М. Дымков [6-8] и ряд других исследователей рассматривали сферолиты, сферокристаллы, сфероидолиты как минеральные индивиды, сложенные субиндивидами. В свою очередь эти индивиды, срастаясь, могут образовывать корки, а сфероидолиты - и дендритные сростки расщепляющихся сфероидолитов. К дендритам же относятся и расщепленные скелетные кристаллы. С другой стороны, Д.П. Григорьев [4] сферолиты и тому подобные индивиды рассматривал, как уже отмечалось, в качестве минеральных агрегатов, что само по себе допустимо, особенно когда обсуждаются, как это делал Д.П. Григорьев, особенности субиндивидов. Однако более обоснованным представляется первый из указанных подходов, относящий сферолиты, сферокристаллы и сфероидолиты к минеральным индивидам. И здесь остается согласиться с Ю.М. Дымковым, что <взаимоотношения между природными объектами, отраженными в понятиях "индивид" и "агрегат", сложны и бесконечно разнообразны> [5, с. 76]. В то же время следует принять и такое дополнительное определение, данное Ю.М. Дымковым [5] для индивида, как существование у индивида в отличие от агрегата "четких элементов симметрии". Это еще раз подкрепляет правомочность отнесения не только сферолитов, но и сферокристаллов и сфероидолитов к минеральным индивидам.

Экспериментальные исследования показывают, что кристаллизация сферолитов и сфероидолитов происходит в условиях повышенных пересыщений. Именно такие условия создаются при внесении затравок салапа в отверстие в центре покровного стекла, закрывающего его расплав. Еще лучше сказанное проявляется при исследовании морфологии минеральных индивидов и агрегатов, образующихся в студнях. Так в студне SiO_2 , в котором кристаллизовался $\text{Sr}[\text{CrO}_4]$, вблизи границы раздела студень \rightleftharpoons водный раствор $\text{Sr}[\text{NO}_3]_2$, т.е. в условиях максимального пересыщения, образуются сфероидолитовые дендритные агрегаты $\text{Sr}[\text{CrO}_4]$. Ниже по мере снижения пересыщения появляются мелкие сферолиты $\text{Sr}[\text{CrO}_4]$ и, наконец, в самом низу (при минимальных пересыщениях) - отдельные кристаллы $\text{Sr}[\text{CrO}_4]$ (рис. 7). Аналогичные опыты по кристаллизации гипса в студне SiO_2 показали, что при максимальных пересыщениях возникают мелкие сферолиты, сменяющиеся затем, по мере снижения пересыщения, сферолитовыми пучками (рис. 8) и, наконец, небольшими монокристаллами гипса.

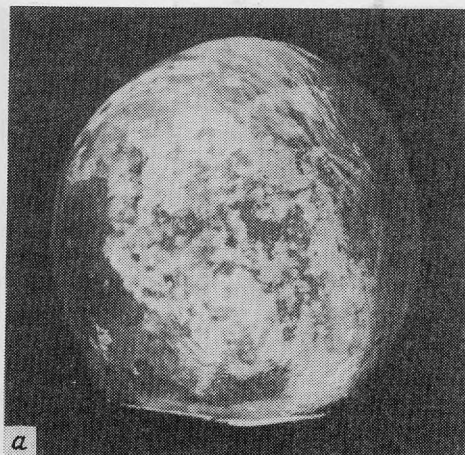
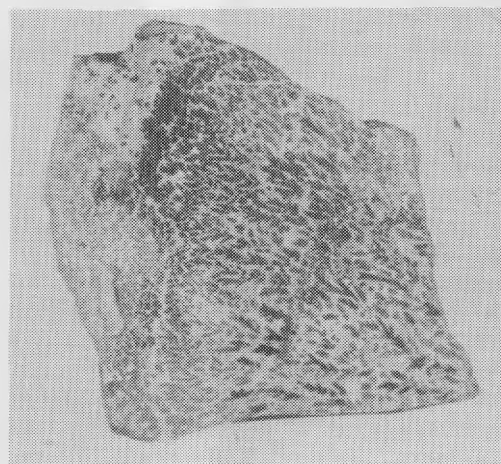


Рис. 5. Сфероидолит барита
 а - внешний вид; б - вид с ос-
 нования с четким изгибом отдельных
 волокнистых субиндивидов. Керчен-
 ское железорудное месторождения,
 увел. 0,8



**Рис. 6. Сфероидолитовый дендрит
 тодорокита**

Сферолиты столь характерны для индивидов некоторых минералов или их разновидностей, что это слово вошло в качестве составной части в соответствующие названия. Укажем из них прежде всего на самостоятельный минеральный вид - сферокобальтит и на разновидность сидерита - сферосидерит - сферолиты сидерита, известные в газовых пузырях эффузивов (Венгрии и ряда других мест).

Сферолиты, сферокристаллы и сфероидолиты могут возникать не только при кристаллизации в свободном пространстве, но и метасоматическим путем. В качестве примеров минеральных индивидов последнего типа можно назвать сферолитовые конкреции пирита и марказита, известные во многих каменных углях, сферолиты и сфероидолитовые дендриты тодорокита марганцовых месторождений Кубы [13]. При этом сферическая форма подобных индивидов

¹ Термин "сферосидерит" широко используется и в ином, с нашей точки зрения неправильном, смысле для обозначения округлых сидеритовых конкреций, обычно мелкозернистых и зонально-концентрических, известных во многих осадочных породах.

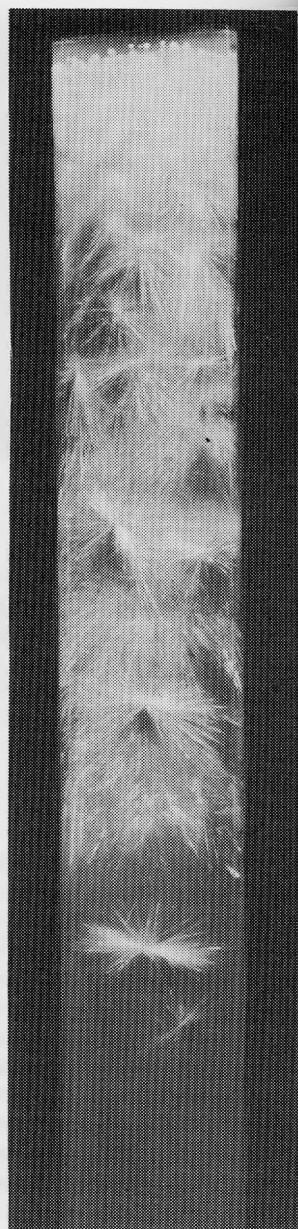
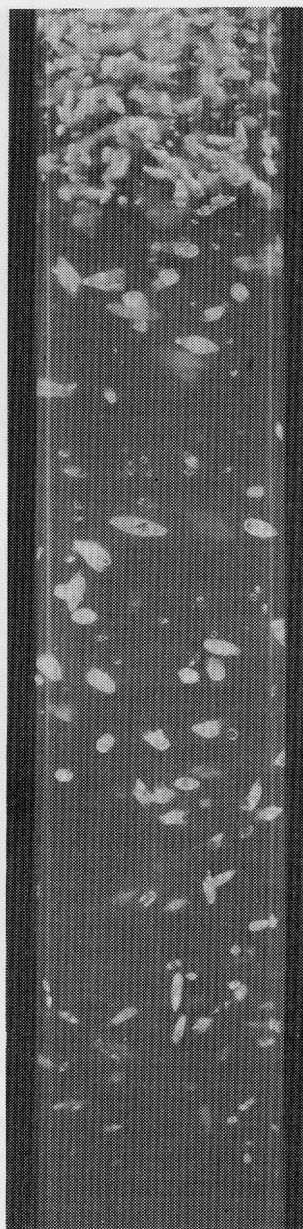
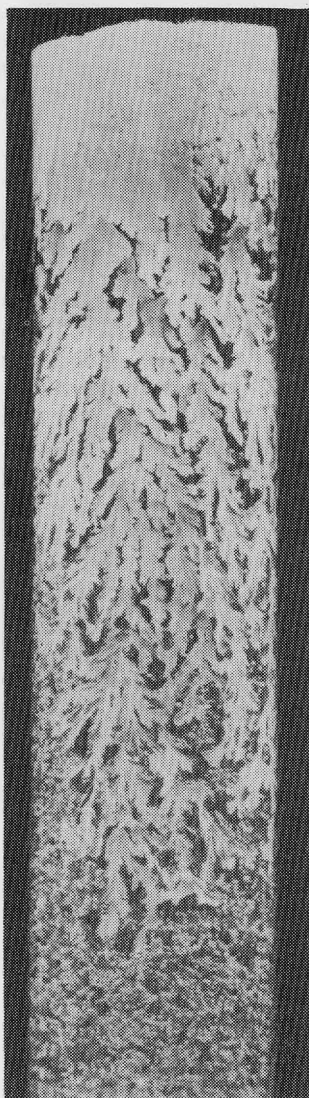


Рис. 7

Рис. 8

Рис. 7. Формы выделения $\text{Sr}[\text{CrO}_4]$, образовавшегося при взаимодействии 0,5М раствора $\text{Sr}[\text{NO}_3]_2$ с 0,5М раствором $\text{K}_2[\text{CrO}_4]$ в 3%-ном студне SiO_2 : сфероидолитовые дендриты и мелкие сферолиты $\text{Sr}[\text{CrO}_4]$ в верхней части столба студня (слева) и отдельные кристаллы $\text{Sr}[\text{CrO}_4]$ в нижней части его столба (справа). Увел. I, I

Рис. 8. Формы выделения гипса - $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, образовавшегося при взаимодействии 0,33М раствора $(\text{NH}_4)_2[\text{SO}_4]$ с 0,33М раствором CaCl_2 в 3%-ном студне SiO_2 : мелкие сферолиты гипса $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в верхней части столба студня и сферолитовые пучки гипса в более глубоких его частях. Увел. 0,8

типична только для тех из них, которые возникли при высокой степени симметрии питающей среды и окружающего пространства. В противном случае могут возникать искаженные индивиды, например вплоть до сферолитовых пластин - дискосферолитов. В качестве примера можно назвать дискосферолиты малахита, образовавшиеся в тонких трещинах вмещающей породы на месторождении Чок-Пак в Казахстане, дискосферолиты вавеллита, образующегося в открытых трещинах вмещающих пород столь характерные для этого минерала, пиритовые "доллары" - дискосферолиты, известные в некоторых из каменных углей. При этом важно отметить, что указанные минеральные индивиды сохраняют все характерные для неискаженных форм особенности своей структуры.

Сферолиты, сферокристаллы, сфероидолиты имеют между собой то общее, что они не только могут рассматриваться как минеральные индивиды, состоящие из субиндивидов, но и образуются в результате одноактных более или менее непрерывных во времени процессов. Иное дело так называемые "сферолиты", в центре которых находятся скопления зерен того же или других минералов - те, которые отнесены Д.П.Григорьевым [4] к первому случаю образования "сферолитов" и которые значатся в качестве сферолитов в "Толковом словаре английских геологических терминов" [14] во втором седиментологическом значении этого термина (сферолиты кальцита с крупнозернистым ядром и радиально-лучистой коркой).

Подобные образования в отличие от сферолитов, сферокристаллов, сфероидолитов образуются в результате двух различных стадий процесса, которые могут быть существенно оторваны по времени друг от друга. В этом случае первоначально формируется зернистое ядро, которое может получить сферическую форму и на более позднем этапе, а затем, уже в следующую стадию процесса, которая может к тому же существенно отличаться и по физико-химическим условиям системы, из которой происходит образование минералов, возникает корка с радиально-лучистой структурой. Корка эта, в свою очередь, может иметь тот же, либо иной минеральный состав. Подобные "сферолиты", очевидно, уже не могут рассматриваться как минеральные индивиды, а являются малыми минеральными телами сложного генезиса. От них имеется прямой переход к аксиалитам, когда ядро такого тела оказывается не шарообразным, а вытянутым в одном направлении, и, наконец, к кокардам - малым минеральным телам с ядром неправильной формы.

Учитывая сказанное, для обозначения шарообразных минеральных тел с оболочкой радиально-лучистой структуры и мелкозернистым или иной структурой сферическим ядром целесообразно ввести самостоятельное название, отражающее особенности их строения и генезиса. В качестве такового нами предлагается термин "ядросферолит". Превосходные ядросферолиты вивианита известны на Керченском железорудном месторождении (рис. 9), в которых ядро сложено мелкозернистым агрегатом раннего вивианита, а корка радиально-лучистого строения - пластинчатыми субиндивидами более позднего вивианита.

Сферолиты, сферокристаллы, сфероидолиты и ядросферолиты могут возникать в самых различных геологических условиях, встречаться в самых различных горных породах. Так, сферолиты, обычно полиминеральные, известные под названием вариолитов или овоидов¹, типичны для некоторых интрузив-

¹ Понятия вариолитов и овоидов шире и включают в себя округлые малые минеральные тела не только радиально-лучистого, но также мелкозернистого и зонально-концентрического строения; по существу, они отвечают конкрециям, образующимся в интрузивных или эффузивных породах.

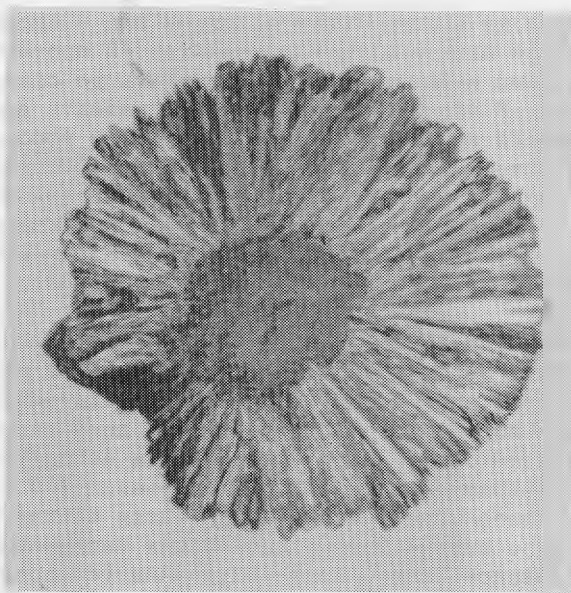


Рис. 9. Ядросферолит вивианита с ядром из мелкозернистого раннего вивианита и радиально-лучистой коркой более позднего по времени образования вивианита. Керченское железорудное месторождение. Натур.вел.

ных пород, например диоритов (так называемых корсикитов), гранитов, вулканитов, например раскристаллизованных вулканических стекол. Они же образуются при метасоматических процессах в некоторых скарнах (волластонитовые, геденбергитовые, волластонит-геденбергитовые и другие сферолиты, сфероидолиты и ядросферолиты Дальнегорских скарнов в Приморском крае), других метасоматитов (сфероидолиты тодорокита в гидротермально измененных вулканитах Кубы). Сферокристаллы (стильбита, пренита, карбонатов), сферолиты (многие цеолиты и другие минералы) характерны для гидротермальных образований. Сферолиты, сфероидолиты, сферокристаллы ряда минералов известны в корах выветривания и зонах окисления (вавеллит, малахит и др.). Широко они распространены и в ряде осадочных пород, особенно в глинах, мергелях, эвапоритах. Сферолиты, сферокристаллы, сфероидолиты и ядросферолиты осадочных пород обычно относят к конкрециям. С последними они имеют то общее, что возникают в результате собирательной кристаллизации (сегрегации) из малых компонентов вмещающих пород. В то же время термин "конкреция" объединяет не только малые минеральные тела радиально-лучистой структуры, но также мелкозернистые (конкреции сидеритовые, глинисто-карбонатные и др.) вплоть до скрытокристаллических (конкреции кремня).

Таким образом, понятие "конкреция" является более широким и включает в себя сферолиты, сферокристаллы, сфероидолиты и ядросферолиты осадочных пород (сферолиты пирита, марказита в углях, гипса в ангидрите или глине), сфероидолиты арагонита в глине, сферокристаллы пирита в угле, ядросферолитовые конкреции многих минералов. Некоторые сферолиты осадочных пород и зон окисления, имеющие не только радиально-лучистую структуру, но и зонально-концентрическое (скорлуповатое) строение, называют иногда оолитами, хотя этот термин шире и включает не только малые минеральные тела ра-

диально-лучистой структуры, но и мелкозернистые малые минеральные тела (оолиты карбонатные, марганцовые, глинистые и др.). При этом сферолиты могут возникать при кристаллизации в открытом пространстве из сред с низкой и высокой вязкостью и даже в твердых средах. В отличие от них основная масса сферокристаллов образуется в открытом пространстве и из сред с низкой вязкостью (сферокристаллы кальцита, доломита, сидерита, пренита и др.). В меньшей мере они характерны для метасоматитов и метаморфических пород (сферокристаллы пирита в каменных углях). Для сфероидитов и сфероидолитов характерна также кристаллизация из пленочных растворов (пещерный кальцит кластеритов кораллоидов, морозные узоры на стекле); реже сфероидолиты возникают при кристаллизации в открытом пространстве (некоторые бариты Керченского месторождения).

Таким образом, среди сферических минеральных индивидов с радиально-лучистой структурой, состоящих из субиндивидов, иногда очень тонких, неразличимых даже под микроскопом, следует выделять:

Сферолиты - близкие к сферическим минеральные индивиды радиально-лучистой структуры, сложенные волокнистыми (иногда очень тонкими вплоть до молекулярных), игольчатыми, столбчатыми или пластинчатыми кристаллическими субиндивидами, образовавшиеся в результате кристаллизации расщепленной затравки. Наряду с ними известны сферолитовые пучки (открытые сферолиты), состоящие из субиндивидов, разделенных промежутками, и плоские диско-сферолиты.

Сферокристаллы - близкие к шаровидным минеральные индивиды, представляющие последние стадии объемного расщепления кристаллов. Структура взаимного расположения субиндивидов в них определяется симметрией расщепляющегося кристалла, направлением и законами расщепления. Для сферокристаллов характерна сферичность их кристаллической решетки и, как следствие, распространение некоторых их свойств, в частности плоскостей спайности по шаровой поверхности.

Сфероидолиты - сферические и грушевидные индивиды, субиндивиды которых изогнуты, причем степень изогнутости увеличивается по мере их роста.

Сферолиты, сферокристаллы и сфероидолиты характеризуются тем, что возникают в результате одноактного процесса образования, причем сферолитам и сферокристаллам свойственна шаровая симметрия питающей среды, а сфероидолитам - конусная.

Ядросферолиты - сферические или близкие к сферическим малые минеральные тела, состоящие из зернистого моно- или полиминерального ядра и оболочки радиально-лучистой структуры. Их принципиальной особенностью является образование в результате не одного, а нескольких ступеней (стадий) процесса (или двух разных процессов), последовательно сменявших друг друга.

Литература

1. Геологический словарь. Изд. 2-е. М.: Недра, 1978. Т. 2. 456 с.
2. Годовиков А.А. О кальците из карьера у дер. Амерово Московской области // Тр. Минерал. музея АН СССР. 1961. Вып. 12. С. 177-181.
3. Годовиков А.А., Рипинен О.И., Моторин С.Г. Агаты. М.: Недра, 1987. 368 с.
4. Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1961. 284 с.

5. Дымков Ю.М. Минеральные индивиды и минеральные агрегаты // Генезис минеральных индивидов и агрегатов. М.: Наука, 1966. С. 72-76.
6. Дымков Ю.М. Природа урановой смоляной руды. М.: Атомиздат, 1973. 238 с.
7. Дымков Ю.М. Индивиды сферолитовых минеральных агрегатов // Текстуры и структуры урановых руд эндогенных месторождений. М.: Атомиздат. 1977. С. 9-17.
8. Дымков Ю.М. Парагенезис минералов ураноносных жил. М.: Недра. 1985. 208 с.
9. Левинсон-Лессинг Ю.Ф., Струве Э.А. Петрографический словарь. Л.; М.: ОНТИ, 1937. 416 с.
10. Муравски Г. Толковый словарь немецких геологических терминов. М.: Мир, 1980. 374 с.
11. Петрографический словарь. М.: Недра, 1981. 496 с.
12. Словарь по геологии нефти. М.; Л.: Гостоптехиздат, 1952. 532 с.
13. Соколова Е.А., Степанов В.И., Брито А., Коутин Д.П. Текстуры и структура стратиморфных тодорокитовых марганцевых руд формации Элькобре (Куба) // Геология руд. месторождений. 1971. № 1. С. 76-87
14. Толковый словарь английских геологических терминов. М.: Мир, 1979. Т. 3. 543 с.
15. Томкеев С.И. Петрологический англо-русский толковый словарь. М.: Мир, 1986. Т. 2. 284 с.
16. Шубников А.В., Флинт Е.Е., Бокий Г.Б. Основы кристаллографии М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 486 с.
17. Keith H.D., Padden F.J. A phenomenological theory of spherulitic crystallization // J. Appl. Physics. 1963. Vol.34. P. 2409-2421.

УДК 549.0

А.А.Евсеев

ГЕОГРАФИЯ ОБРАЗЦОВ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ
ИМ. А.Е.ФЕРСМАНА АН СССР

Крупные музеи сформировались и пополняются главным образом как систематические коллекции по минеральным видам и разновидностям. Однако число местонахождений, представленных в собрании Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана АН СССР (более 10 тыс.), в несколько раз превышает число видов (1754)¹, в справочнике Э.С.Дана "Описательная минералогия" [1] упоминается около 5000 местонахождений примерно до 3000 минералов и разновидностей.

В статье анализируется распределение образцов Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана АН СССР (ММ АН СССР) и Государственного Геологи-

¹ Данные В.И.Степанова (на октябрь 1986 г.)