

УДК 553.6

Г. С. АВАКЯН, С. Х. МИРОЯН

ОБ УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ АГАТОВ САРИГЮХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Агат представляет собой чередование тончайших слоев различно окрашенного халцедона, микроволокнистой разновидности кварца, характеризующегося радиально-волокнуистым строением, отрицательным удлинением волокон и низким коэффициентом преломления света.

В зависимости от расположения полос халцедона выделяют две разновидности агата: а) бастионный агат с концентрически-зональным округлоизогнутым расположением полос, которые повторяют очертания полости, и б) уругвайский агат с плоскопараллельным расположением слоев.

На Саригюхском месторождении агат представлен почти исключительно бастионным типом, механизму формирования которого и посвящается данная статья. По нашему мнению, процесс формирования агата этого типа намного сложнее, чем агата уругвайского типа.

Агат уругвайского типа образуется вследствие обычной коагуляции геля кремнезема и оседания на дне полости под влиянием силы тяжести. Образование агатовых тел бастионного типа не может быть объяснено процессом обычной коагуляции, так как этот процесс не в силах объяснить концентрически-зональное их строение.

Необходимо напомнить, что на Саригюхском месторождении агат представлен тремя морфологическими типами — миндалевидным, гнездовидным и прожилковым.

В первых двух случаях (миндалевидный и гнездовидный) агат представлен бастионным типом, т. е. характеризуется концентрически-зональным расположением слоев халцедона. В третьем случае агат представлен уругвайским типом с плоскопараллельным расположением слоев халцедона, однако со следами роста слоев в направлении от обеих стенок трещины к центру. Это обстоятельство говорит о том, что и при прожилковом морфологическом типе агат образовался не просто вследствие коагуляции и оседания геля кремнезема на дне полости, а в результате более сложного физико-химического процесса. В противном случае слои халцедона были бы расположены перпендикулярно или косо к стенкам трещины, а не параллельно им (трещины на месторождении в основном крутопадающие).

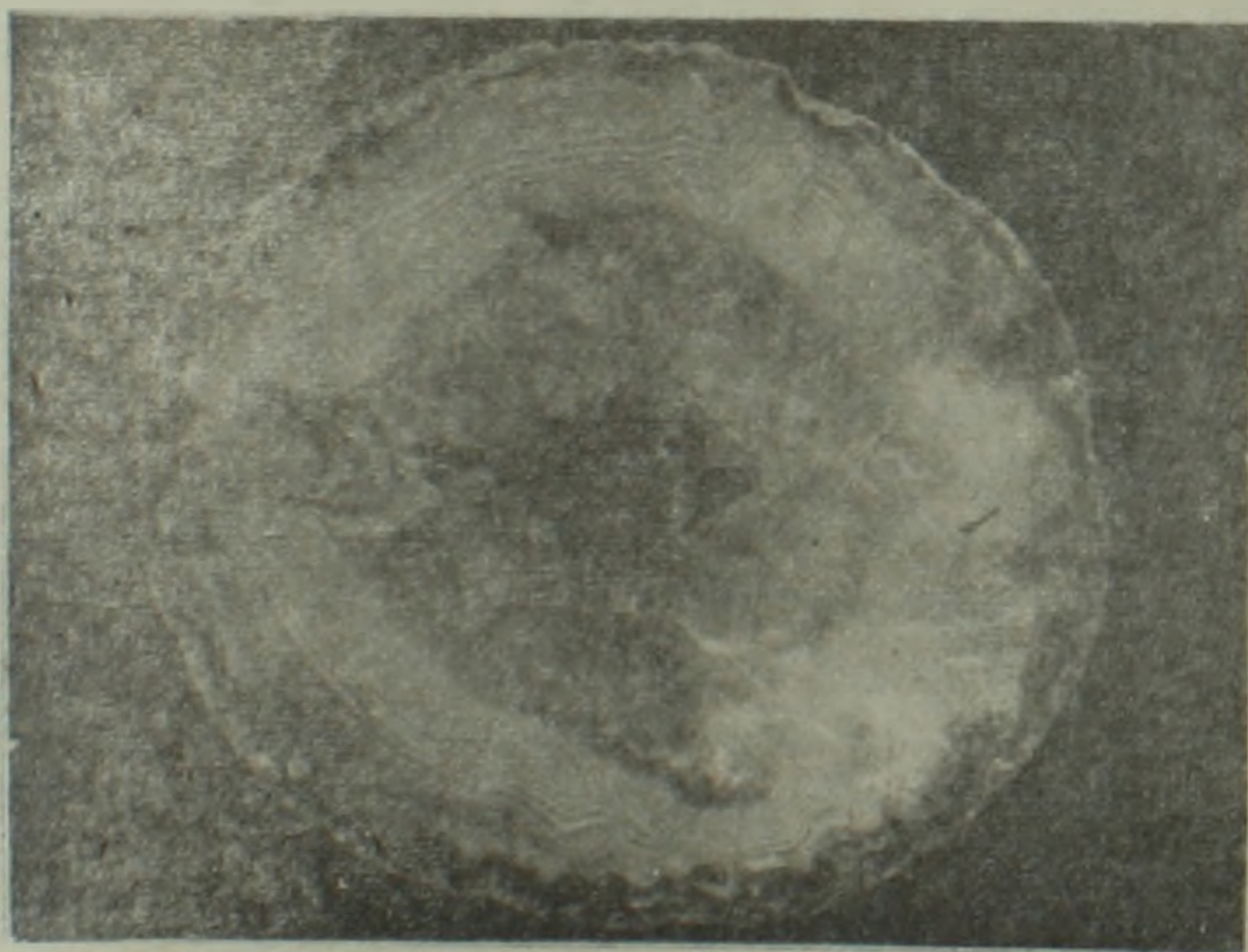
Источниками кремнезема явились нижние горизонты вмещающих пород (андезито-базальтовых и андезитовых порфиритов), которые под воздействием щелочных гидротермальных растворов превращены в бентонитовые глины (монтмориллониты). Избыток кремнезема при этом в

растворенной (ионной) и коллоидной формах выносился на более верхние горизонты [1].

По данным Н. И. Гинзбурга [3], из общего количества кремнезема, перешедшего в раствор при разложении пород, около 80—90% находится в растворимой (ионной) форме, а 10—20% — коллоидной. Однако, это соотношение в дальнейшем, при достижении растворов близповерхностных горизонтов, изменяется. Уменьшение количества растворенного и, наоборот, увеличение количества коллоидного кремнезема происходят вследствие потери растворителя, перенасыщения растворов и образования молекул кремнезема путем соединения ионов кремния и кислорода. Об этом говорит тот факт, что на самом нижнем горизонте месторождения агатов, непосредственно в переходной зоне от бентонитовых глин к зоне агатовой минерализации, преобладающим минеральным образованием кремнезема является кристаллический кварц (горный хрусталь), а на более высоких горизонтах — халцедон, из коих, как известно, первый образуется из истинных, а второй — из коллоидных растворов.

Коллоидные частицы кремнезема заряжены отрицательным зарядом, вследствие адсорбции на поверхности ядра коллоида ионов стабилизатора. Доказано, что заряд всех коллоидных частиц одного и того же материала одинаковый (в данном случае отрицательный), вследствие чего исключается их агрегация в растворе и оседание (коагуляция) без воздействия электролита [2].

Как уже сказано, агат на Саригюхском месторождении представлен исключительно бастионным типом (фиг. 1), и несомненно, этот морфологический тип не может образоваться вследствие коагуляции геля кремнезема и выпадения его под действием силы тяжести, как это считает Б. Н. Шаронов.



Фиг. 1. Агат бастионного типа с не очень четко выраженными каналами гидротерм.

Механизм образования агата бастионного типа представляется нам следующим образом.

Материнские породы бентонитовых глин, андезито-базальтовые смоляно-черные витрофировые и частично андезитовые серые порфири-ты, являющиеся одновременно основными поставщиками кремнезема, омываются (по разломам, трещинам остывания и микропорам) щелочными гидротермальными растворами. Последние растворяют и выносят избытки (для бентонитов) окислов (Al_2O_3 —120 кг на 1 кубм породы, FeO —59 кг, TiO_2 —4 кг, CaO —93 кг, MgO —17 кг, MnO —2 кг, K_2O —27 кг, Na_2O —25 кг), в том числе и большое количество кремнезема—320 кг на 1 кубм породы (как в растворенном, так и коллоидном виде). В этих растворах, кроме ионов кремния и кислорода, находятся также ионы других элементов (в основном элементов породообразующих минералов)— Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Ti^{2+} и др. Коллоиды кремнезема на горизонте растворения (превращения материнских пород в бентониты) находятся в агрегативно-устойчивом состоянии (стабильны). Это объясняется, во-первых, тем, что на поверхности их ядер адсорбируется определенный сорт потенциалопределяющих ионов (стабилизаторов) с одинаковыми зарядами, при этом на ядре коллоида адсорбируются те ионы стабилизатора, которые содержат элементы, общие с ядром (SiO_3^-). Во-вторых, высокая температура гидротерм поддерживает коллоидные частицы в состоянии постоянного броуновского движения. В-третьих, условия для формирования агата являются неблагоприятными. К этим условиям на более глубоких горизонтах относятся отсутствие значительных по размерам пустот и сравнительно высокое давление, обусловившее продвижение гидротерм через микропоры и микротрещины с большой скоростью, при которой коллоиды всегда удерживаются в растворе.

При достижении открытых и крупных трещин, видимых газовых полостей и камер растворения, давление, температура и скорость продвижения продуктивных гидротермальных растворов быстро падают, наступает период относительного покоя и с этого же момента начинается формирование агатовых тел.

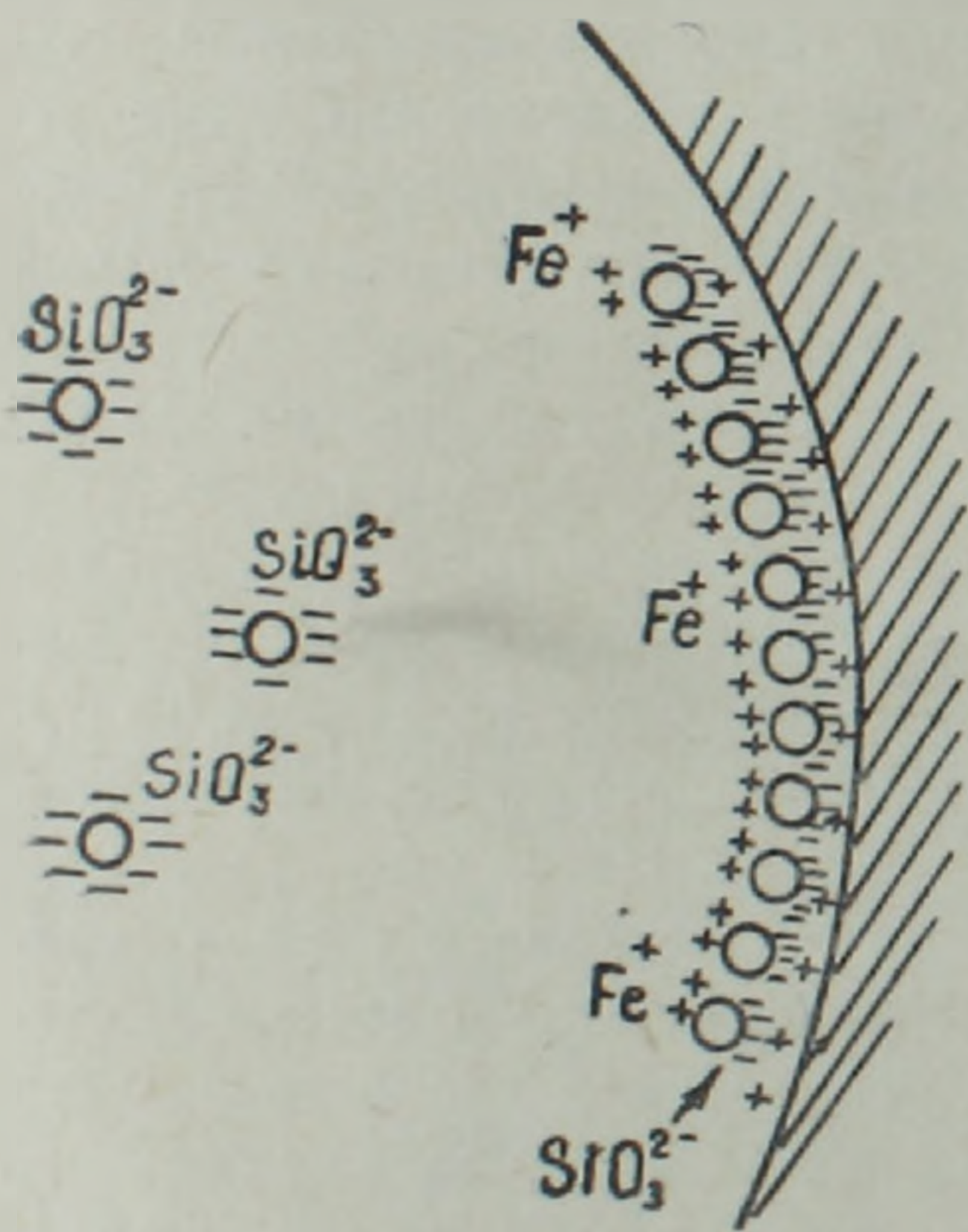
Поверхность газовых полостей, камер растворения и трещин заряжена положительно вследствие потери электронов поверхностными атомами. Здесь уже нетрудно представить, что гранулы кремнезема (ядро с адсорбционным слоем), заряженные отрицательно, в процессе броуновского движения приближаются к поверхности вышеотмеченных пустот и пригипиваются ими. Нетрудно также представить, что при микроскопических размерах гранул кремнезема (меньше 1 микрона) и большом их числе, количество ударов таких частиц об стенку пустот на каждую единицу площади приходится почти равным, что и приводит к образованию слоя халцедона почти одинаковой толщины в любой точке сфероида или на стенке трещины.

После того, как положительно заряженная поверхность пустоты покрывается слоем отрицательно заряженных коллоидных частиц кремнезема, что происходит за короткий промежуток времени и почти одно-

временно на всей площади сфероида, мгновенно происходит перераспределение (притягивание) отрицательно заряженных ионов SiO_3^{2-} в сторону положительно заряженных ионов стенки (в силу того, что связь положительных ионов поверхности пустоты с самой породой сильнее, чем связь подвижных ионов SiO_3^{2-}). Получается, что противоположная (от стенки) поверхность ядра коллоида освобождается от отрицательно заряженных ионов, где адсорбируются (притягиваются) положительно заряженные ионы (находящиеся в растворе) тех петрогенных элементов, которые были вынесены из материнских пород. Их в дальнейшем мы (впервые) будем называть потенциалопределяющими ионами II порядка (фиг. 2).

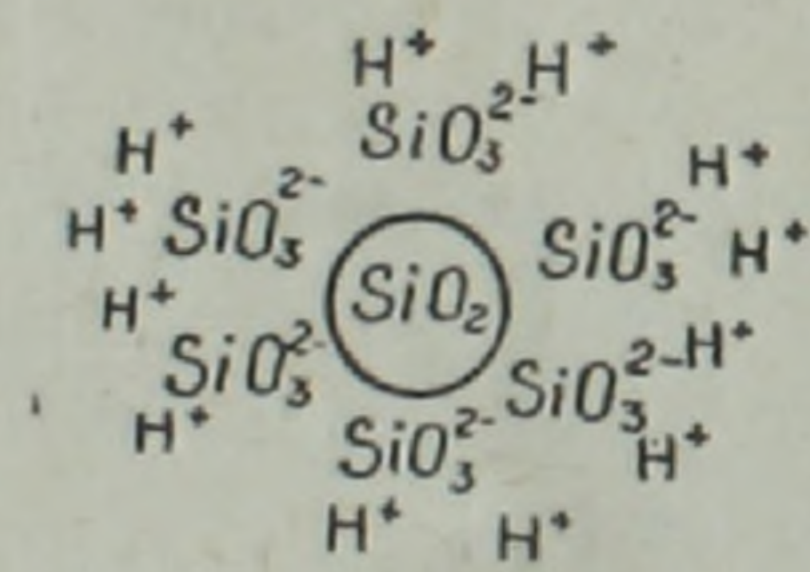
Таким образом, поверхность первого слоя халцедона опять приобретает положительный заряд и притягивает новые порции потоков коллоидных частиц. Аналогичная картина повторяется многократно, до тех пор, пока полностью не залечивается пустота халцедоновыми слоями, или не прекращается поступление гидротермальных растворов.

На Саригюхском месторождении в одном и том же агатовом теле часто разноцветно окрашенные слои халцедона чередуются друг с другом. Так, например, молочно-белые слои халцедона чередуются с бурыми, а бурые — с серыми, коричневыми и т. д.



Фиг. 2.

Фиг. 2. Перезаряджение ядра коллоидов кремнезема на поверхности камеры (жеода).



Фиг. 3.

Фиг. 3. Перераспределение ионов мицеллы на поверхности камеры (жеода).

По нашему представлению, такое чередование слоев халцедона связано с тем, что положительно заряженные потенциалопределяющие ионы II порядка одних элементов (например, Fe^{2+}) замещаются другими (например, Ca^{2+} или Al^{3+} и др.), которые в данной порции гидротермальных растворов являются более активными и преобладающими по количеству.

Аналогичным путем на Саригюхском месторождении образовались яшмы, состоящие из плоскопараллельных и концентрически зональных слоев кремнезема. Окраска этих яшм находится в прямой зависимости от цвета вмещающих пород: так, например, в охристо-зеленых измененных порфиритах яшмы имеют зеленый, охристо-зеленый цвет; в коричневых порфиритах — бурый, коричневый и коричнево-красный цвет и т. д.

Такая прямая зависимость цвета яшмы от цвета окружающих пород является прямым доказательством того, что окраска халцедона тоже связана с наличием в них примесей того или иного элемента. Не исключается, что на ядре коллоидных частиц кремнезема возникает двойной электрический слой следующим образом: молекулы SiO_2 , взаимодействуя с дисперсионной средой, гидратируются и образуют кремнекислоту, способную ионизироваться $\text{H}_2\text{SiO}_3 \rightleftharpoons \text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+$, причем силикатные ионы SiO_3^{2-} остаются на поверхности частицы, обуславливая ее отрицательный заряд, а ионы водорода находятся в растворе. В этом случае получается мицелла в целом электронейтральная (фиг. 3). Однако и в этом случае мицелла, под воздействием ударов молекул растворителя (воды), будет двигаться в сторону стенки камеры и войдет в зону действия отталкивания одинаково заряженных ионов (противоионов на гранулы коллоида и положительных ионов на поверхности полости). В этом случае, если скорость движения частицы (мицеллы) большая, то она, преодолевая силу отталкивания, приблизится и прикрепится к стенке, где произойдет перераспределение ионов. Противоионы (H^+), как сравнительно слабо связанные с гранулой, отталкиваясь накапливаются на обратной стороне гранулы, а потенциалопределяющие ионы (SiO_3^{2-}) — на стенке. В силу притяжения положительно заряженных частиц стенки и по причине отрицательного заряда потенциалопределяющих ионов коллоида, последние останутся прикрепленными к стенке и приведут к образованию слоев халцедона.

В коллоидной химии доказано, что скорость движения коллоидных частиц прямо пропорциональна температуре растворов и обратно пропорциональна величине (массе) коллоидных частиц. В рассматриваемом случае температура растворов на Саригюхском месторождении была очень высокой (порядка 300°), что доказано А. Х. Хакимовым методом гомогенизации газовой-жидких включений.

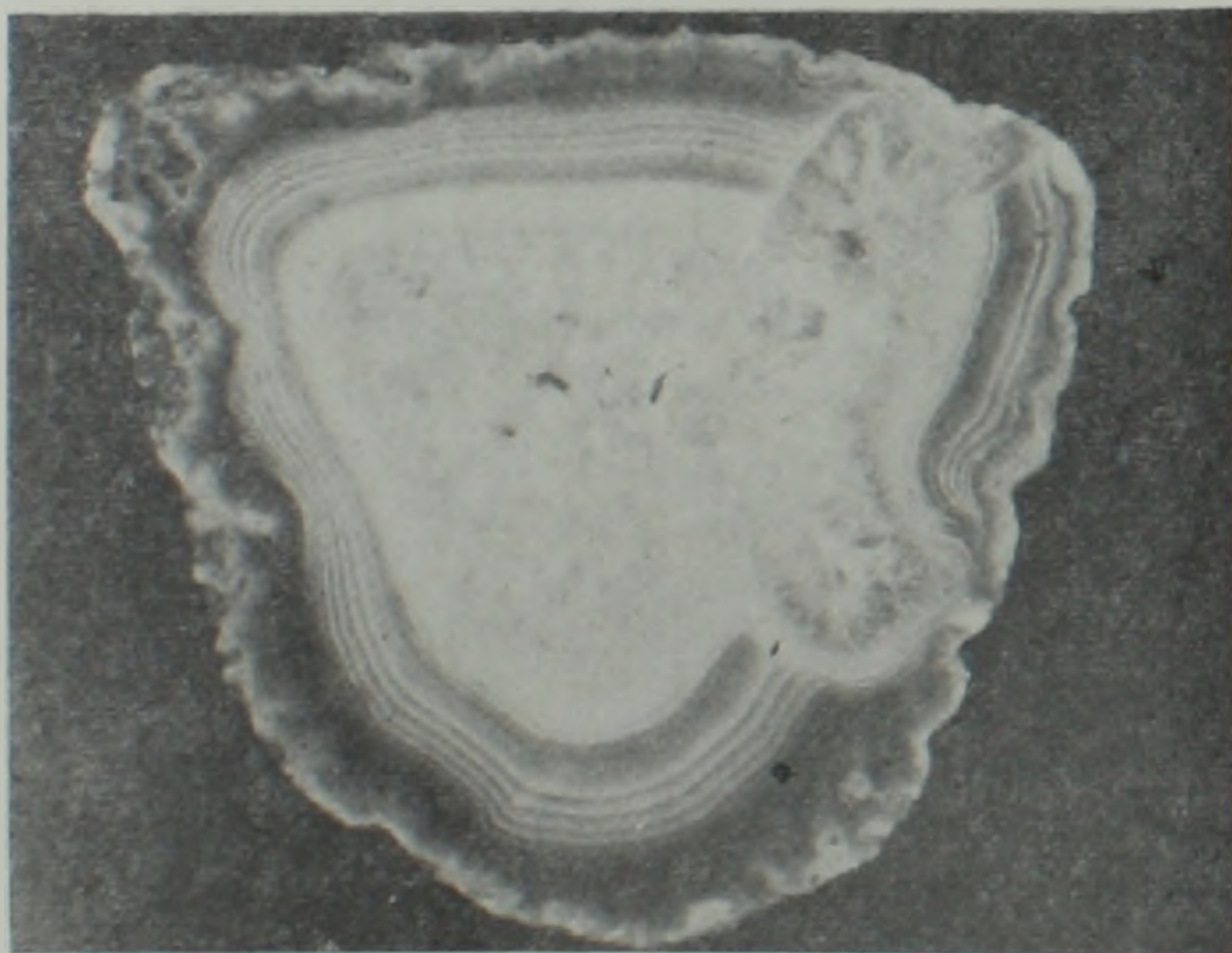
О размере коллоидных частиц можно судить из следующего примера. В одном сантиметре толщины агатов Саригюхокого месторождения содержится около 7000 слоев халцедона, что несомненно связано с диаметром коллоидных частиц. Он должен составлять около 0.0014 мм или около 1 микрона.

Питание открытых полостей гидротермами происходит через открытые мелкие трещины, сообщающиеся между собой, поры или по каналам удалившихся газов. Трудно представить, что коллоидные частицы (гранулы) проникали в газовые полости или камеры растворения путем диффузии, так как эти же растворы превратили оплообразную залежь смоляно-черных порфиритов размерами $1000 \times 400 \times 100$ м в бел-

тониты самого высокого качества. Несомненно высокая пористость и трещиноватость материнских (они же рудовмещающие) пород создали благоприятные условия для проникновения гидротерм и образования агатовых тел непосредственно из этих растворов. Доказательством этому служит и то, что на поперечном сечении агатовых тел (миндалин) даже макроскопически видны каналы (иногда несколько), по которым поступали и удалялись гидротермальные коллоидные растворы (фиг. 4,5).



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Фиг. 4 и 5. Агаты баситового типа с четко выраженными каналами гидротерм.

Чередование разноцветно окрашенных полосок халцедона и непрерывный рост агатовых тел в одном случае доказывают непрерывное по-

ступление гидротерм, в другом чередование агата с кварцем (кристаллическим), пересечение одних агатовых тел другими и наличие включений жальцита (исландского шпата) в агате обнаруживают перерывы в процессе образования некоторой части агатовых тел. Эти факты говорят о том, что циркуляция гидротермальных растворов по вмещающим породам происходила непрерывно и длительно, прерывистым же было их поступление в отдельные пустоты, пути которых были залечены продуктами ранних порций гидротерм. Лишь при повторных тектонических подвижках, когда происходит приоткрывание путей к этим камерам, возобновляется послойное отложение геля кремнезема.

Иногда эти процессы повторяются неоднократно. Вследствие закупорки подводящих каналов, в большинстве случаев, образуются агатовые тела с пустотами, внутри которых отмечаются пирамидальные кристаллы кварца и аметиста, игольчатые кристаллы пиролюзита и родохрозита, призмы жальцита и т. д., которые кристаллизовались из истинных растворов, замкнутых в полости, и, частично, путем диффузии через слои халцедона.

Управление геологии
СМ Армянской ССР

Поступила 13.III.1972.

Հ. Ս. ԱՎԱԴՅԱՆ, Ս. Կ. ՄԻՐՈՅԱՆ

ՍԱՐԻԳՅՈՒՂԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ԱԴԱՏՆԵՐԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հոգիվածում հեղինակները, կիրառելով կոլոիդային քիմիայի հանրահայտ օրենքները, փորձել են բացատրել Սարիգյուղի հանքավայրի ագատի մարմինների ձևավորման պայմանները, կապելով այն կոլոիդալ մասնիկների մակերևութային և միջավայրի լիցքավորված մասնիկների փոխադարձ ձգման հետ: Պրա ապացույցը հանդիսանում է այն, որ ագատի բոլոր տեսակի (նշած, զրնդած և երականման) մարմիններն ունեն կոնցենտրիկ դոտերոված շերտիկներ, որոնք անել են պատերից դեպի ներս և որոնց հզորությունը այդ մարմինների ցանկացած տեղում համարյա նույնն է:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авакян Г. С. Некоторые особенности образования и закономерности размещения Саригюхского месторождения агата. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XXI, № 6, 1968.
2. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. «Химия», М., 1964.
3. Гинзбург И. И. Некоторые физико-химические моменты в образовании глин. Исследование и использование глин. Изд. Львовского университета, 1958.