



Рис. 20. Туф разложенный — обр. № 55.
× 8030.

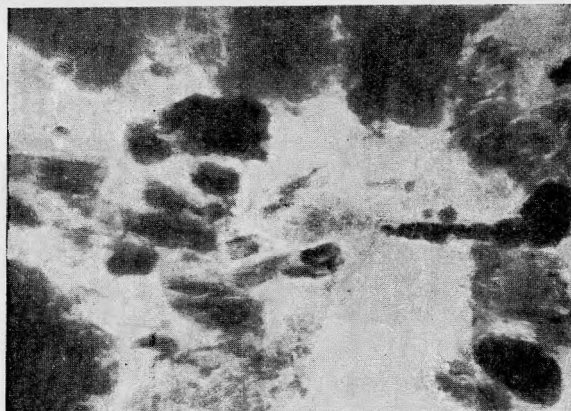


Рис. 21. Зипчевская глина. × 400.

Электронный микроскоп позволяет нам следить за происходящими изменениями в составе и структуре сорбентов и катализаторов в процессе работы с ними. Однако электронный микроскоп не может заменить рентгеноструктурный и другие методы исследования.

Л. М. ЛЕБЕДЕВ

О ВКЛЮЧЕНИЯХ В КВАРЦЕ И КАЛЬЦИТЕ С МАНГЫШЛАКА

В 1951 г. А. А. Эрлангером было любезно передано автору большое количество кристаллов буровато-желтого и красного кварца, а также буровато-красного кальцита, собранные им в районе колодца Дальнапы на Мангышлаке. Кристаллы были извлечены из жеед, в изобилии встречающихся среди выходов бурых железняков, залегающих

в известняках и глинистых сланцах триаса. Большая часть жеод выполнена гётитом, кальцитом и кварцем, реже встречаются жеоды, выполненные одним гётитом. Форма жеод обычно линзообразная и овальная. Размеры их варьируют от $0,3 \times 10$ мм до 15×100 см. Наиболее распространены жеоды размером 3×6 см (рис. 1).

Выполнение секреторных полостей указанными выше минералами происходило в строго определенной последовательности, которая обусловила зональное строение секретий. Достаточно четко выявляются три зоны: гётитовая, кальцитовая, кварцевая. Непосредственно к стенкам секреторной полости примыкает плотная корочка почковидных образований гётита, имеющих черную блестящую поверхность (рис. 2).

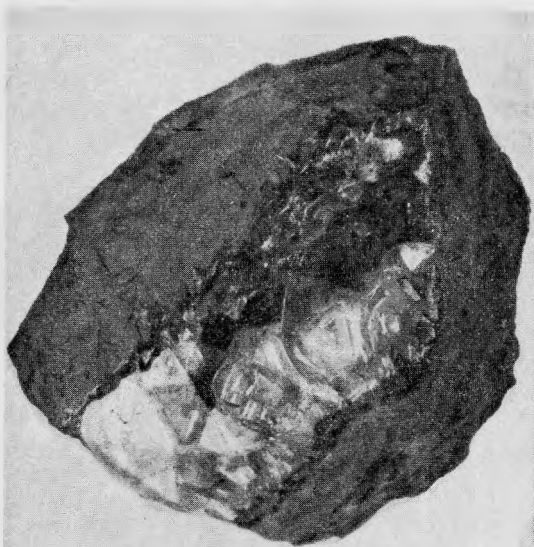


Рис. 1. Секреция лимонита, выполненная кварцем.
Натуральная величина.

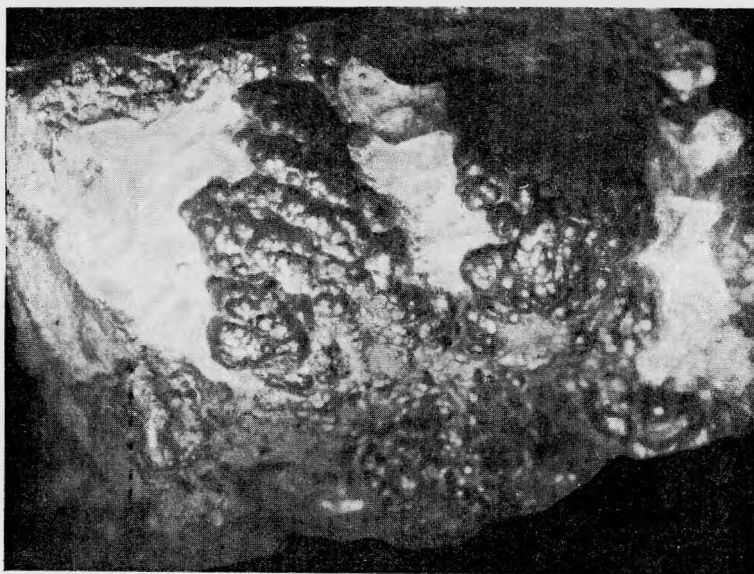


Рис. 2. Почковидные образования гётита.
Белое — кварц. Натуральная величина.

В изломе отчетливо наблюдается концентрически скорлуповатая и радиальнолучистая структура этих образований. Толщина гётитовой корочки в среднем $0,5$ см.

Следующей, в направлении к центру секреции, является карбонатная зона, представленная гребенчатым кальцитом, располагающимся на почковидной поверхности гётита. Толщина слоя гребенчатого кальцита колеблется в широких пределах. Обычно он имеет толщину в 1 см, но иногда представлен тончайшими пленками, покрытыми сложной системой трещин, напоминающих трещины синерезиса (рис. 3). В других случаях наблюдаются крупные (до 4 см) ромбоэдрические кристаллы кальцита. Вершины и ребра последних округлены, а грани покрыты многочисленными извилистыми бороздками растворения. Растворение кристаллов кальцита иногда

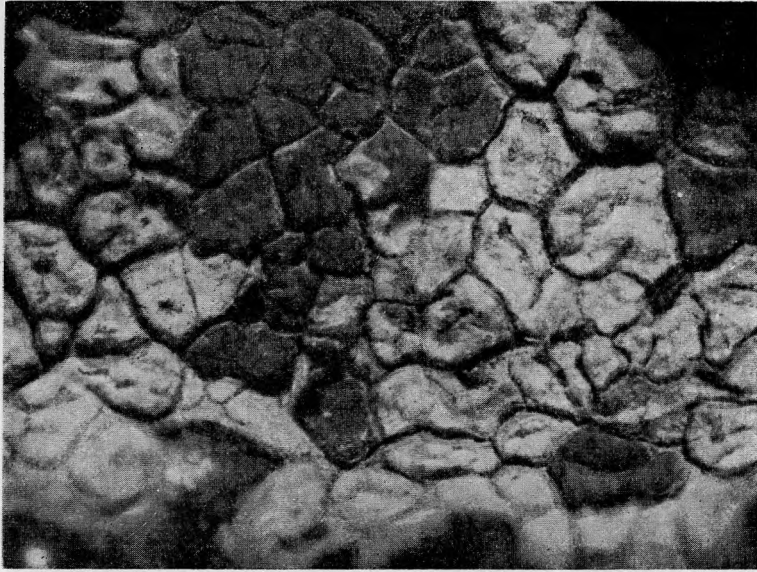


Рис. 3. Кальцитовая пленка с трещинами синерезиса. $\times 20$.

заходит так далеко, что вместо ромбоэдров наблюдаются своеобразные конусовидные образования (рис. 4).

Бесцветный кальцит редок, обычно он окрашен в буровато-красный цвет. Окраска в кристаллах располагается зонально, в большинстве случаев параллельно граням ромбоэдра. Изучение кристаллов кальцита под микроскопом показало, что окраска их обусловлена мельчайшими включениями вишнево-красного рудного минерала шарообразной формы.

Центральная часть секреций выполнена кварцем. Кристаллы последнего располагаются непосредственно на поверхности корочки гребенчатого кальцита, причем замечается некоторая закономерность в их ориентировке. Кристаллы кварца всегда располагаются под некоторым углом по отношению к тройной оси ромбоэдров кальцита. Размеры кристаллов в среднем 1,5—2 см по главной оси, иногда встречаются кристаллы в 4—5 см. Наблюдались следующие кристаллографические формы: $(10\bar{1}0)$, $(10\bar{1}1)$ и $(01\bar{1}1)$. Наиболее развиты из них $(10\bar{1}1)$ и $(01\bar{1}1)$; призма $(10\bar{1}0)$ наблюдается редко. Грани ромбоэдров покрыты вторичными бугорками треугольной формы; грани призмы изштрихованы параллельно ребру между призмой и основным ромбоэдром.

Преобладающее большинство наблюдавшихся кристаллов кварца окрашены в красный, буровато-желтый и черный цвет. Так же как и в кристаллах кальцита, окраска здесь распределяется зонально, причем в одном и том же кристалле кварца, в процессе его роста, наблюдается последовательная смена одной окраски другой. В начальные стадии роста кварц окрашивается в красный цвет, затем в последующие стадии — в желтый, который сменяется тонким бесцветным слоем, и последний — периферический — слой окрашен в черный цвет (рис. 5).

Изучение под микроскопом показало, что красная окраска кварца, так же как и буровато-красная окраска кальцита, обусловлена вкрапленностью мельчайших шариков красного рудного минерала, желтая — включениями лучистых агрегатов золотисто-желтого игольчатого минерала, черная — также лучистыми и сноповидными сростками темнобурого минерала, являющегося, вероятно, более крупнокристаллической разновидью желтого игольчатого. Более подробная характеристика указанных включений в кальците и кварце приводится ниже.

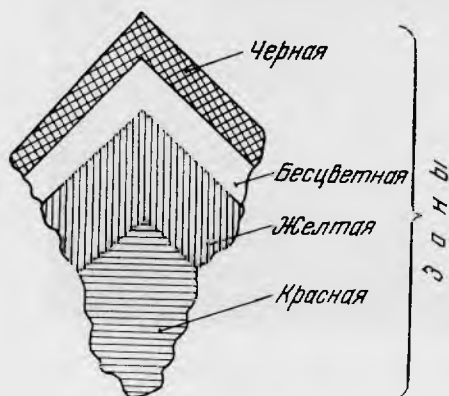


Рис. 5. Схема распределения окрасок в кристалле кварца.

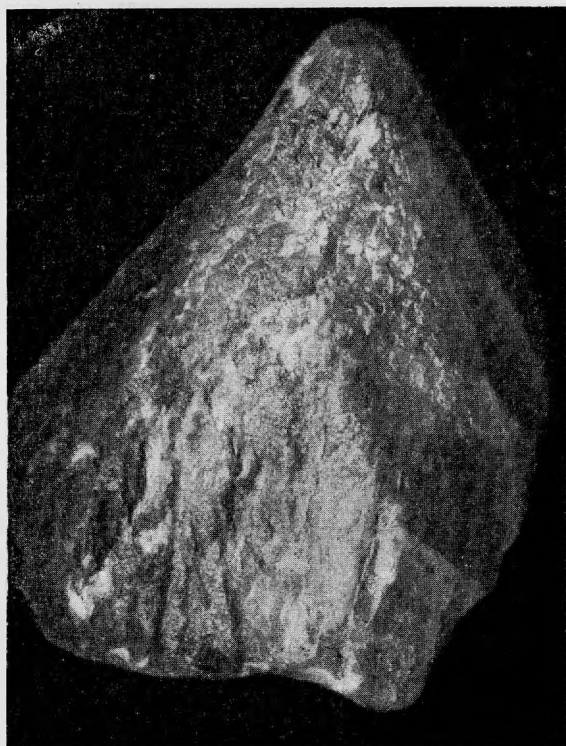


Рис. 4. Растворенный кристалл кальцита. $\times 5$.

Наряду с секрециями, в которых четко выражена описанная последовательность, встречаются секреции, в которых некоторые из зон выпадают. Так кальцитовая зона нередко отсутствует, и кристаллы кварца располагаются непосредственно на почковидной поверхности гётита. И наоборот, центральная часть секреции иногда выполняется крупными кристаллами кальцита при полном отсутствии кварца.

Для выяснения химической природы окрашивающих кварц минералов и ввиду невозможности извлечения их в чистом виде в достаточном для химического анализа количестве были отобраны для анализа желтые и красные разновидности кварца.

Химический анализ этих разностей, выполненный химиком Минералогического музея Академии Наук СССР Н. В. Воронковой, показал, что оба минерала — красный шарообразный и желтый игольчатый, окрашивающие кварц в соответственный цвет, являются окислами железа (табл. 1).

Таблица 1

| Окислы | Содержание, % | |
|--|------------------|-----------------|
| | кварц красный | кварц желтый |
| SiO ₂ | 97,75 | 96,83 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,93 | 1,26 |
| CaO | 0,20 | 0,34 |
| MgO | 0,25 | 0,38 |
| Сумма | 100,13 | 98,81 |

Кроме этого, в Рентгеноструктурной лаборатории ВИМС были получены дебаеграммы красного шаровидного минерала, извлеченного из кальцита, и желтовато-бурого игольчатого минерала, встречающегося иногда в свободном виде на гранях кристаллов кварца. Обе дебаеграммы были любезно рассчитаны Г. А. Сидоренко, которой автор приносит глубокую благодарность. Расчет показал, что первый минерал является гидротематитом (табл. 2), а второй — гётитом (табл. 3). Отсюда, естественно, можем заключить, что красный цвет кварца и буровато-красный кальцита обусловлен включениями гидротематита. Желтый и буровато-черный цвет кварца обусловлен включениями гётита. Более темный цвет периферических зон кристаллов кварца объясняется более крупным размером кристаллов гётита.

Остановимся кратко на описании этих минералов.

Таблица 2

| <i>d</i> | <i>l</i> | <i>d</i> | <i>l</i> |
|----------|----------|----------|----------|
| 3,721 | 4 | 1,708 | 5 |
| 3,375 | 1 | 1,658 | 2 |
| 3,010 | 2 | 1,614 | 5 |
| 2,783 | 7 | 1,547 | 1 |
| 2,682 | 7 | 1,489 | 5 |
| 2,534 | 10 | 1,459 | 9 |
| 2,227 | 4 | 1,260 | 3 |
| 2,043 | 1 | 1,144 | 4 |
| 1,852 | 4 | — | — |

Условия съемки: излучение железное неотфильтрованное; напряжение 35 в; сила тока 8 ма; экспозиция 10 h; диаметр камеры ~ 57,3 мм; толщина образца 1 мм. Поправка вводилась по графику.

Таблица 3

| <i>d</i> | <i>l</i> | <i>d</i> | <i>l</i> | <i>d</i> | <i>l</i> | <i>d</i> | <i>l</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 4,615 | 5 | 2,241 | 4 | 1,662 | 1 | 1,309 | 4 |
| 4,156 | 10 | 2,178 | 6 | 1,592 | 3 | 1,250 | 2 |
| 3,780 | 4 | 1,914 | 1 | 1,554 | 7 | 1,232 | 2 |
| 2,971 | 3 | 1,891 | 3 | 1,501 | 4 | 1,118 | 3 |
| 2,701 | 9 | 1,796 | 2 | 1,447 | 4 | 1,088 | 1 |
| 2,595 | 4 | 1,758 | 1 | 1,411 | 2 | 1,059 | 1 |
| 2,489 | 3 | 1,709 | 8 | 1,380 | 3 | 1,041 | 1 |
| 2,438 | 8 | 1,687 | 2 | 1,351 | 3 | 1,013 | 3 |

Условия съемки те же, что в табл. 2.

Гидрогематит

Гидрогематит выделяется в кварце и кальците в виде мелких шариков вишнево-красного цвета. Наиболее высокие концентрации гидрогематита наблюдаются во внутренних зонах роста, где он равномерно распределяется

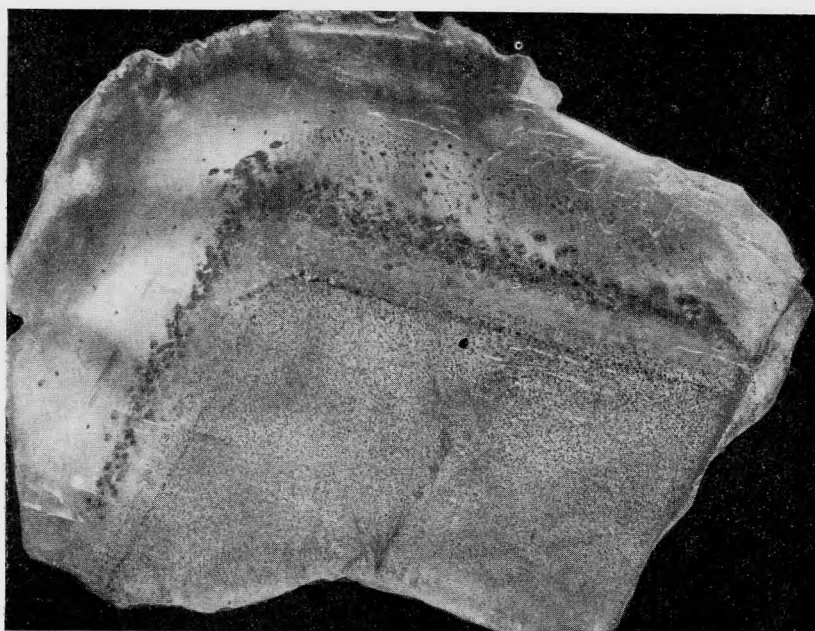


Рис. 6. Зональное распределение гидрогематита в кристалле кальцита.
× 10.

в массе кристалла-хозяина (рис. 6). Форма выделяющегося здесь гидрогематита всегда строго шарообразна; размер выделений не превышает 0,1 мм.

В кальците кроме внутренней окрашенной зоны наблюдается чередование бесцветных и окрашенных зон, что объясняется периодическим выделением гидрогематита на гранях кристаллов в процессе их роста. В этих периферических зонах размеры выделений гидрогематита заметно увеличиваются, достигая 0,5—0,7 мм в диаметре. Форма их изменяется, приобретая более сложные очертания (рис. 7 и 8). Обычно это — полушария, реже — грибообразные, цилиндрические и другой формы. Очень характерным для этих образований является то, что нижняя поверхность их ограничена не ровной плоскостью, а имеет вид концентрически ступенчатого конуса.



Рис. 7. Гидрогематит периферических окрашенных зон кальцита. $\times 25$.



Рис. 8. Гидрогематит, извлеченный из кальцита. $\times 25$.

Растворяя кальцит в разбавленной соляной кислоте, удалось получить чистый гидрогематит, который и был использован для рентгеноструктурного анализа. При изучении полученного материала под бинокулярной лупой выяснились некоторые особенности строения сферических образований гидрогематита. Оказалось, что мелкие правильные шарики гидрогематита, составляющие свыше 95% всего извлеченного материала, являются сплошными и в сечении имеют слабо заметную концентрически слоистую структуру. Строение более крупных разностей, имеющих форму полушарий, несколько иное. При надавливании на них стальной иглой в них образовывались трещины, из которых выбрасывалась красная, студенистая масса, быстро застывающая на предметном стекле. При действии на застывший гель 0,1 N соляной кислотой наблюдалось вскипание, что указывает на некоторую роль карбонатных соединений в составе геля. Таким образом, крупные полусферические образования, в отличие от мелких шарообразных, являются не сплошным гидрогематитом, а своеобраз-

ными ампулами, стенки которых состоят из гидрогематита, а внутри находится карбонатно-железистый гель. На рис 9 приводим наиболее характерные сечения гидрогематитовых ампул. В отраженном свете гидрогематит кремово-белый; отчетливо анизотропен. Внутренние рефлекс



Рис. 9. Характерные формы крупных гидрогематитовых ампул.

отсутствуют. Цвет порошка яркокрасный. Ни один из стандартных реактивов на минерал не действует.

В кварце, в больших количествах, гидрогематит наблюдается лишь во внутренних зонах роста кристаллов. Форма и строение его выделений

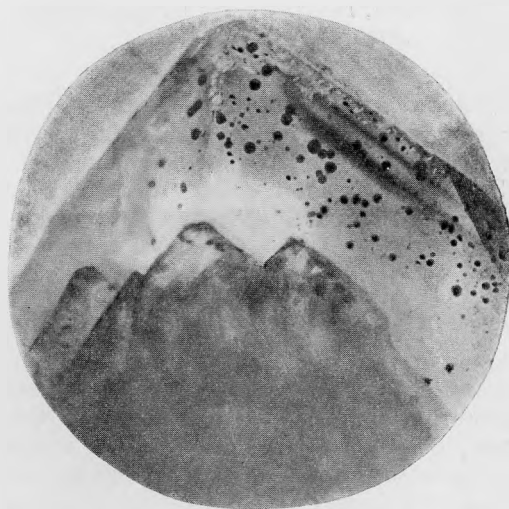


Рис. 10. Гидрогематит в кристаллах кварца.
× 5.

здесь полностью аналогичны этим же элементам из внутренних зон кальцита. Во все последующие стадии роста кристаллов кварца гидрогематит выделяется в ничтожных количествах и лишь в периферических слоях кристаллов наблюдается увеличение количества и размеров его выделений (рис. 10). В этих периферических зонах гидрогематит имеет форму полушар с ровной и гладкой нижней поверхностью ограничения. Размер их колеблется от 0,3 до 0,5 мм в диаметре (рис. 11).

Одновременно с этими довольно крупными образованиями гидрогематита наблюдаются его мельчайшие шарики, размером 0,005—0,01 мм

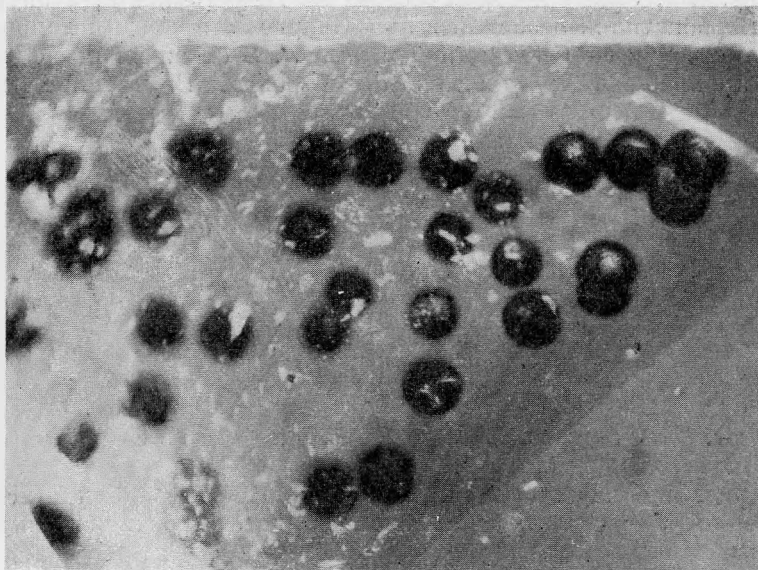


Рис. 11. Полушферы гидрогематита в периферическом слое кристалла кварца. $\times 80$.

в диаметре. Распределение их очень любопытное — они образуют плотные скопления вокруг крупных полушфер, создавая картину своеобразных роев мельчайших сферических тел, стягивающихся к определенному центру (рис. 12). Это явление наблюдается постоянно в периферических слоях большинства кристаллов кварца.

Гётит

Гётит выделяется в кварце в виде игольчатых кристаллов золотисто-желтого и темнокоричневого цвета, в кристаллах кальцита отсутствует. Морфология выделений гётита в кристаллах кварца крайне разнообразна. Иногда гётит наблюдается в виде свободных, хорошо образованных призматических кристаллов, сидящих на гранях головок кварца. Размер их от 0,5 до 1 мм. Кристаллы покрыты грубой штриховкой вдоль (001) (рис. 13 и 14). Вследствие своих малых размеров гониометрическому измерению кристаллы не подвергались. Часто игольчатые кристаллики гётита образуют сноповидные и веерообразные сростки в периферических зонах кристаллов кварца (рис. 15, 16); в других случаях наблюдаются друзы довольно крупных кристаллов, располагающихся на гранях фантомов (рис. 17 и 18).

Гётит, обуславливающий желтую окраску кварца, выделяется в виде метельчатых сростков тончайших кристаллов, располагающихся зонально правильными, многократно повторяющимися рядами (рис. 19 и 20). Центрами кристаллизации каждого такого метельчатого сростка являются мельчайшие шарики гидрогематита. Под микроскопом в проходящем свете этот гётит прозрачен, золотисто-желтого цвета; отчетливо плеохроичен (N_g — светложелтый; N_m — буровато-желтый, N_p — оранжево-желтый); имеет положительное удлинение; двусный, отрицательный; обнаруживает сильную дисперсию оптических осей.

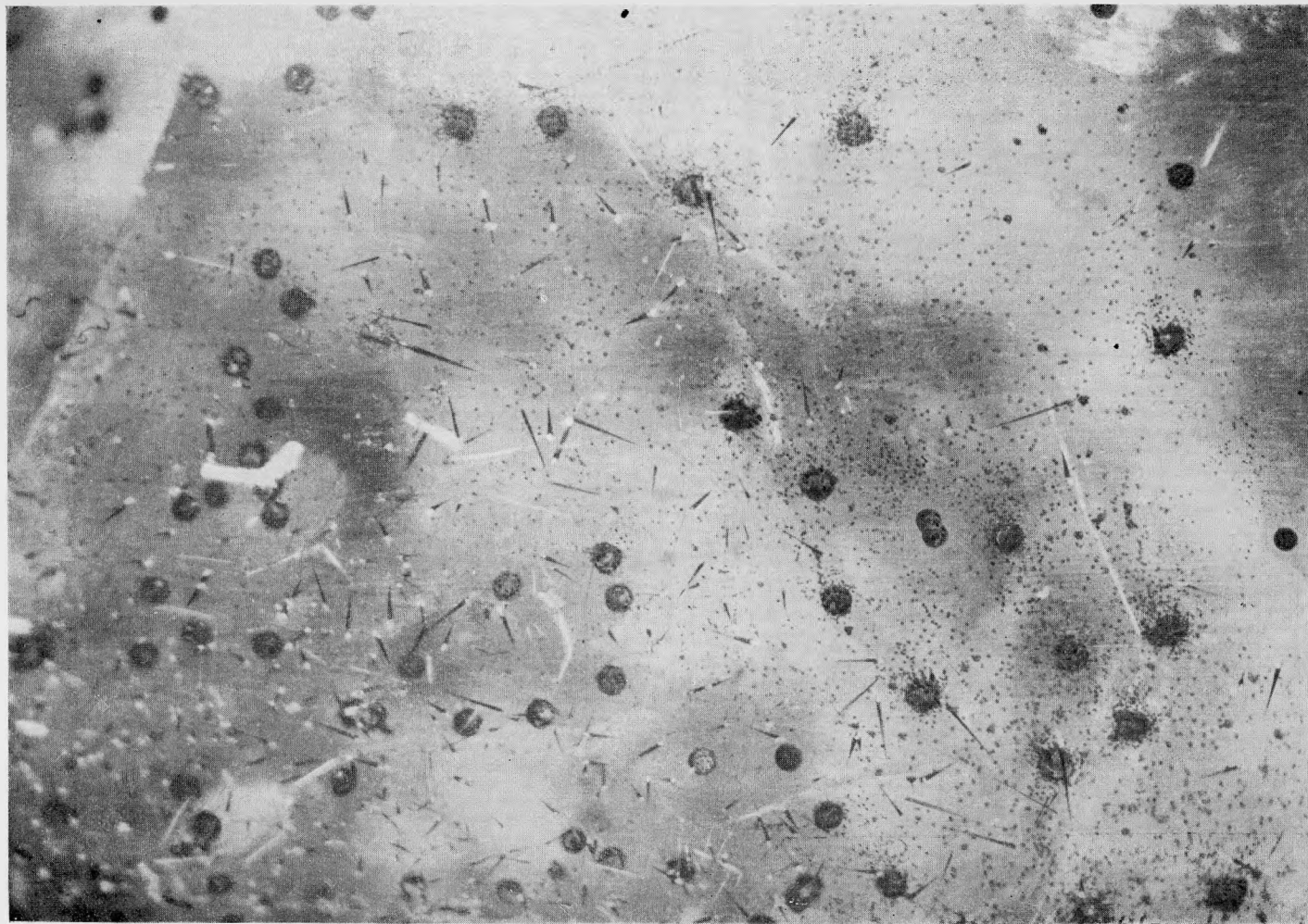


Рис. 12. Гравитационные роп гидрогематита на поверхности бывшей грани кварца.
Игольчатый минерал — гётит. $\times 100$.

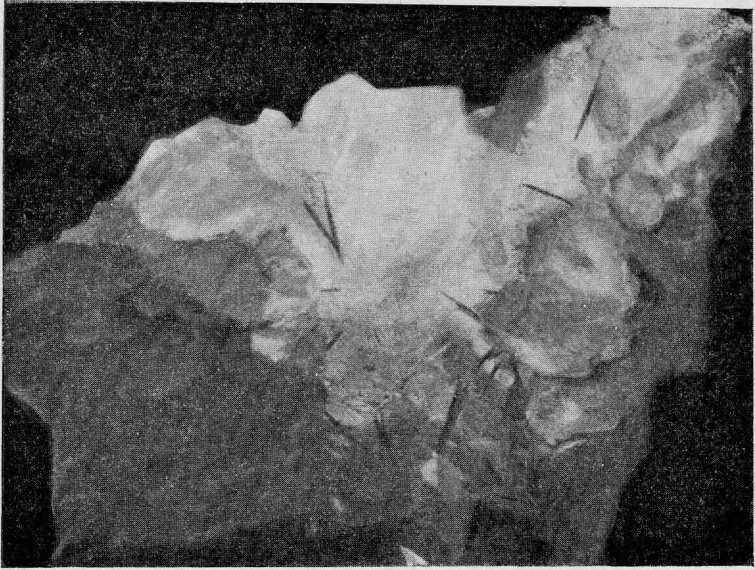


Рис. 13. Игольчатый гётит на кристаллах кварца. $\times 40$.

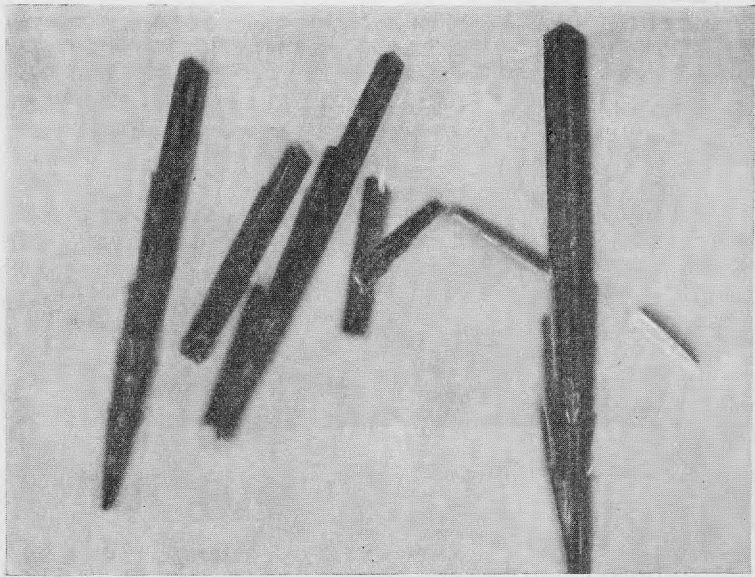


Рис. 14. Призматические кристаллы гётита с характерной штриховкой по (001). $\times 80$.

В периферических зонах роста кристаллов кварца (черные зоны) размер кристаллических индивидуумов гётита увеличивается (рис. 21). Гётит не прозрачен, более темного цвета — от желтовато-коричневого до темнокоричневого; в отраженном свете — серого цвета; резко анизотропен; цвет внутренних рефлексов — яркожелтый; цвет порошка — светлорыжий.

На основании вышеизложенного можно наметить некоторые закономерности в процессе отложения минералами секретов и их примесей.

1. Процесс заполнения секреторных полостей минеральным веществом протекал прерывисто, причем в каждую отдельную стадию заполнения отлагались качественно различные вещества.

В первую стадию основным компонентом в растворах было железо. Как второстепенные примеси присутствовали кремнезем и карбонатные соединения.

Во вторую стадию основным компонентом растворов являлся уже карбонат кальция; второстепенные примеси — железо и кремнезем.

В третью стадию основным компонентом был кремнезем, а второстепенными — железо и карбонатные соединения.

Основные компоненты, выделяясь, дают мономинеральные слои соответствующих минералов; второстепенные же обуславливают соответственные примеси.

2. Растворение кристаллов кальцита, предшествующее отложению кварца, указывает на то, что кремне-содержащие растворы имели рН несколько меньше 7, т. е. слабощелочную реакцию.

3. Рост кристаллов в каждую отдельную стадию не был непрерывным, а распадался на многочисленный ряд перерывов, во время которых на грани кристаллов отлагались гидрогематит и гётит. Особенно это



Рис. 15. Всереобразные и сноповидные сrostки гётита в периферическом слое кристалла кварца. $\times 5$.



Рис. 16. Всереобразный сrostок кристаллов гётита в кварце. $\times 45$.



Рис. 17. Друзы игольчатого гётита на гранях
фантом-кристалла кварца. $\times 5$.

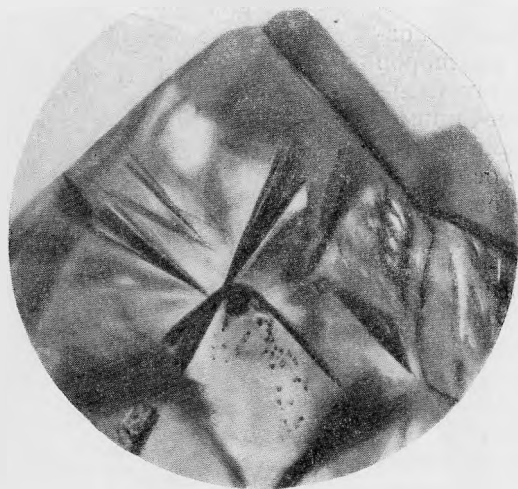


Рис. 18. Пучки тонкоигольчатого гётита
на гранях фалтома. $\times 5$.

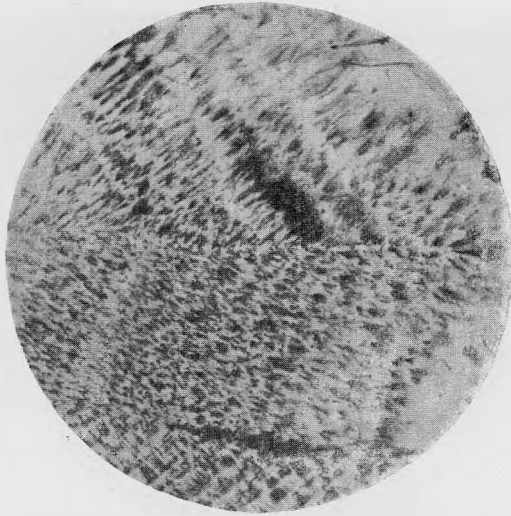


Рис. 19. Зональное распределение гётита в кварце. $\times 10$.



Рис. 20. Метельчатые сростки тонкоигольчатого гётита в кварце. $\times 45$.

характерно для кристаллов кварца, перерывы в росте которых фиксируются прямолинейно располагающимися рядами полусфер гидрогематита и многократными зарождениями гётита (рис. 22 и 23).

В кристаллах кварца, размером в 2 см по главной оси, нами было насчитано до двухсот таких перерывов. Периодическое прекращение роста кристаллов кварца и выпадение железистого геля вызывалось, вероятно,

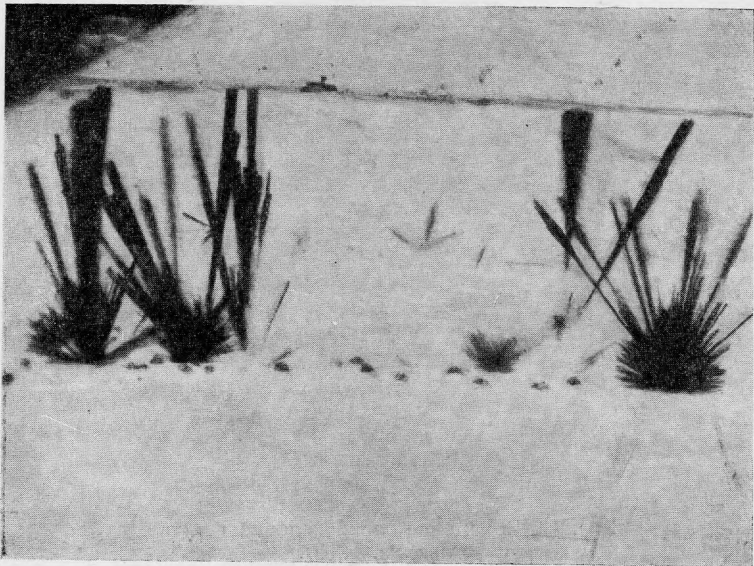


Рис. 21. Друзы гётита в черном периферическом слое кварца. $\times 45$.

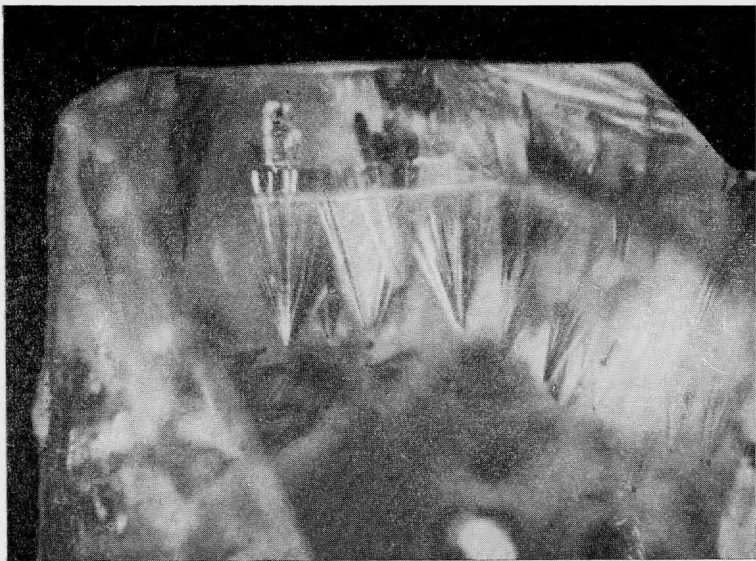


Рис. 22. Три зарождения гётита в кварце. $\times 20$.

периодически повторяющимися резкими повышениями значения рН раствора.

4. Капельки железистого геля, осаждающиеся на грани кристаллов, имели неодинаковые размеры. Сразу же после осаждения начинается процесс стягивания мелких капель в направлении к более крупным. Происходит слияние и укрупнение отдельных капель геля. Образование кри-

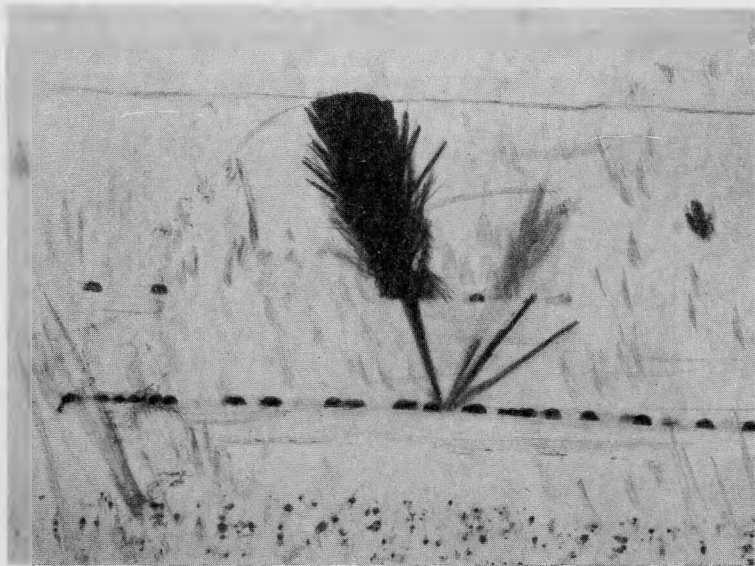


Рис. 23. Полусферы гидрогематита и два зарождения гётита, фиксирующие прерывистость процесса роста кристалла кварца.
× 45.

сталлической корочки гидрогематита на поверхности капель прекращает этот процесс.

5. Кристаллизация гётита происходила из ионных, вероятно недосыщенных железом растворов. Сферические образования гидрогематита в большой степени способствовали росту его кристаллов, играя роль адсорбентов молекул гидроокиси железа и являясь, таким образом, центрами кристаллизации гётита.

Л. М. ЛЕБЕДЕВ

ДЮНОВИДНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ДРУЗОВОМ КВАРЦЕ

В 1950 г. в Известиях Академии Наук СССР была опубликована статья Ф. В. Чухрова, в которой развиваются новые представления о роли коллоидов в процессах магматогенного рудообразования и отмечается большая роль аэрозолей в газовом переносе минерального вещества.

В связи с этим автор считает небезинтересным описать своеобразные дюновидные образования на друзовом кварце, собранные в 1949 г.

Жила, в которой наблюдались эти образования, залегает в гранит-порфирах и падает вертикально.