

Э. Я. ГУРЬЕВА

О ВКЛЮЧЕНИЯХ МИНЕРАЛОВ ЖЕЛЕЗА В МУСКОВИТЕ

Трудность диагностики минеральных включений в слюде заключается в том, что на их оптические эффекты накладываются эффекты анизотропного мусковита. Кроме того, из-за пластинчатого строения мусковита форма включенных в него минеральных зерен сильно искажается.

Изучение рудных минералов велось по методике, изложенной в курсах минераграфии (Юшко, 1949). Так как пластинка мусковита при помощи перочинного ножа или иголки хорошо расщепляется на пластинки нужной толщины, которые и исследуются под микроскопом, нет надобности изготовлять шлифы. Наблюдаемая поверхность представляет собой естественную поверхность включенного минерала, образовавшегося в результате кристаллизации в специфических условиях, между спайными пластинками слюды. Эта поверхность не всегда бывает идеально ровной и часто осложнена своеобразной скульптурой, как, например, поверхность кристаллов пирита, что, в свою очередь, является хорошим диагностическим признаком.

Применяя в качестве диагностического признака отражательную способность рудных минералов, следует помнить, что ее истинная величина затупевывается перекрывающим слоем мусковита. Чем тоньше этот перекрывающий рудное включение слой мусковита, тем ближе к истине величина наблюдаемой отражательной способности. Это также относится и к цвету рудных минералов, на который накладываются коричневые, «рубиновые» и зеленоватые оттенки мусковита. Одним из надежных диагностических признаков является наличие внутренних рефлексов, которые отчетливо наблюдаются и практически не изменяются.

Применение химических реакций, травления, испытания твердости стальной и медной иглами возможно только в случае крупных рудных включений, которые можно обнажить при расщеплении мусковита.

Достаточно надежным диагностическим признаком являются морфологические особенности минералов (с учетом, разумеется, их пластинчатого строения), наличие и ориентировка трещин, двойниковых сростков и т. д.

Пирит в мусковите в подавляющем большинстве случаев образует пластинчатые включения, расположенные между спайными листочками мусковита. Крупные кристаллы и скопления кристаллов пирита имеют объемный характер, прорастая мусковит перпендикулярно спайности. Иногда такие скопления достигают 1,5—2,0 см².

Форма выделения пирита весьма разнообразна: квадратики, прямоугольники, треугольники со скошенными углами и шестигранники.

Иногда он образует формы, подобные скелетным, или неправильные овалообразные выделения (рис. 1). Часто отдельные кристаллы сростаются и образуют розетковидные скопления. Размер отдельных кристаллов изменяется в широких пределах, от долей миллиметра до 2 см и более. Цвет пирита в основном желтый различных оттенков, которые зависят от толщины и свойств перекрывающего слоя мусковита. Очень часто даже вокруг небольших кристаллов пирита наблюдаются хроматические кольца. Этот факт говорит о некоторой деформации мусковита.

В мусковите пирит распространен по всей площади кристалла, концентрируясь в большинстве случаев в центральной и периферической его части. Часто включения пирита приурочиваются к лучу ельчатости, к самой деформированной его части, располагаясь в неровностях поверхности. Нередко кристаллы пирита скапливаются в замке елки, по центральной линии, от которой начинается расхождение лучей.

Часто рудные минералы концентрируются по трещинам в кристалле мусковита. Тогда они в большинстве случаев не пластинчатые, а объемные, причем ориентируются так, что стороны куба параллельны трещинке, перпендикулярны ей или располагаются к ней под углом в 45° .

Интересно отметить, что рудными минералами бывают обогащены отдельные «слои» по плоскостям спайности в кристалле мусковита. Сняв их, можно получить чистую пластинку этого кристалла.

Для пирита характерна структурная поверхность, которая хорошо отличает его от других рудных минералов. На этой поверхности наблюдаются штриховка, бороздки, полосы, параллельные одной стороне квадрата или идущие по диагонали. Они образуют своеобразный узор в виде елочек, осложненный «архитектурными» добавлениями в виде углублений, имеющих форму ромбиков, треугольников, лодочек и проч. (рис. 2). Линии ограничения этих фигурок на гранях пирита параллельны сторонам кристаллов пирита или имеют диагональную ориентировку. Ориентировка самих кристаллов пирита также подчинена некоторой закономерности — направление одной из граней кристалла пирита совпадает с направлением лучей фигуры удара или давления в кристалле мусковита.

Сравнительно редко вместе с пиритом встречается пирротин в виде ксеноморфных по отношению к пириту образований. Он отличается от пирита цветом и сильной анизотропией. Значительно чаще встречается марказит, который замещает пирит. Замещение, как правило, начинается с периферии кристалла и идет в направлении к центру, перпендикулярно штриховке (рис. 1, з). Пирит замещается также и гидроокислами железа (рис. 4, а).

Среди кристаллов пирита можно встретить кристаллы магнетита. Часто вместе с тонкими пропластками пирита ассоциируются тонкие пропластки кварца. Иногда кварц как бы обрамляет кристаллы пирита. Кроме того, пирит ассоциируется с реликтами биотита. Наблюдался случай нарастания кристалла пирита на округлое образование битума.

Все эти данные, а также факт приуроченности кристаллов пирита преимущественно к поверхности и периферии кристаллов мусковита, к трещинкам в нем, заставляет признать кристаллизацию пирита более поздней по сравнению с мусковитом, может быть, в уже сформировавшихся его кристаллах.

Включения магнетита широко распространены в мусковите. Он образует пластинчатые кристаллы. Объемные включения нами встречены не были. Размеры магнетитовых включений колеблются от долей миллиметра до 1—2 см.

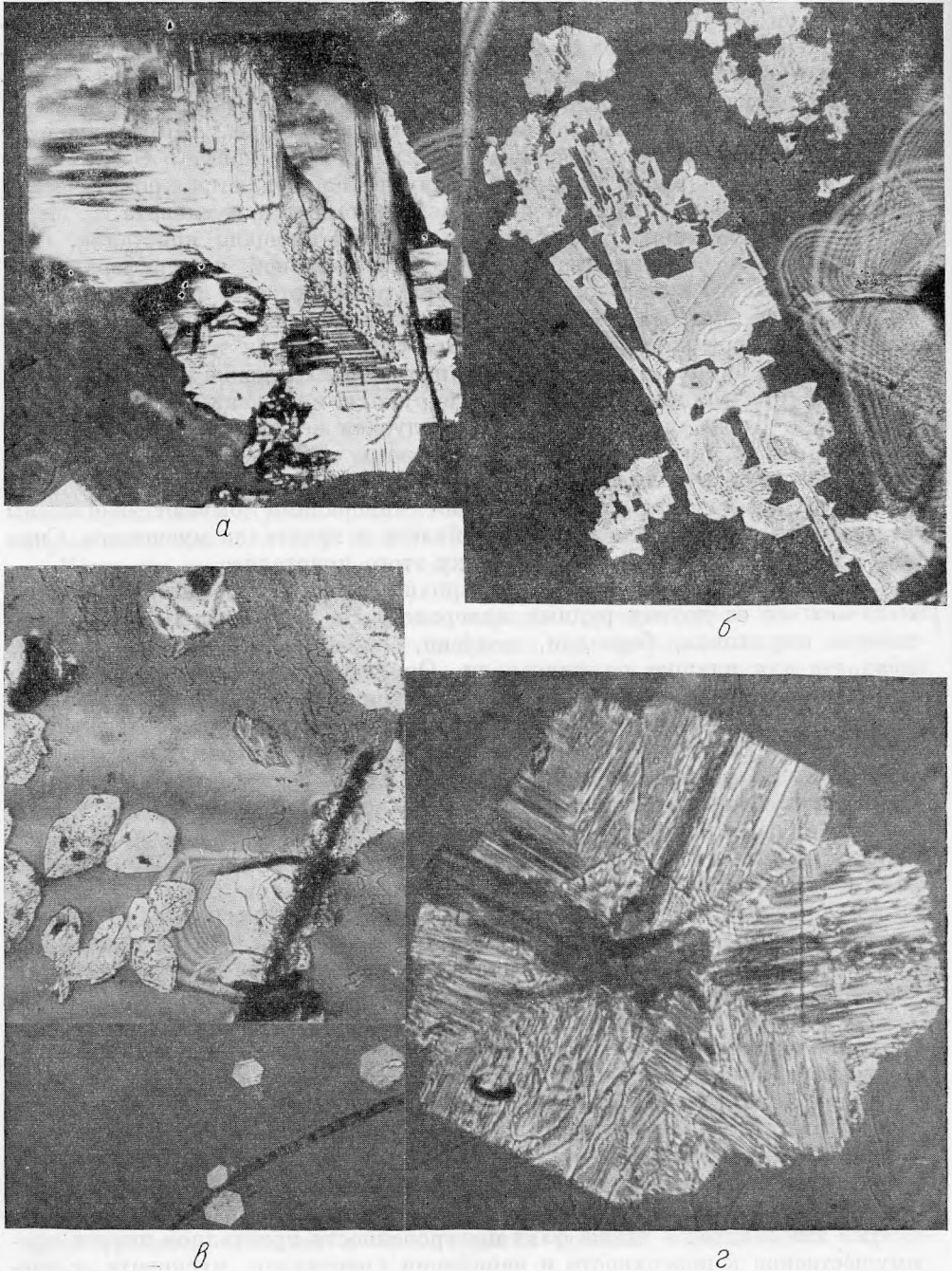


Рис. 1. Форма включений пирита в мусковите.

a и *б* — наиболее часто встречаемые формы кристаллов пирита в мусковите; *в* — гексагональные и овалобразные выделения пирита; *г* — развитие марказита по пириту (в центре и слева).
Отраженный свет, увел. 46

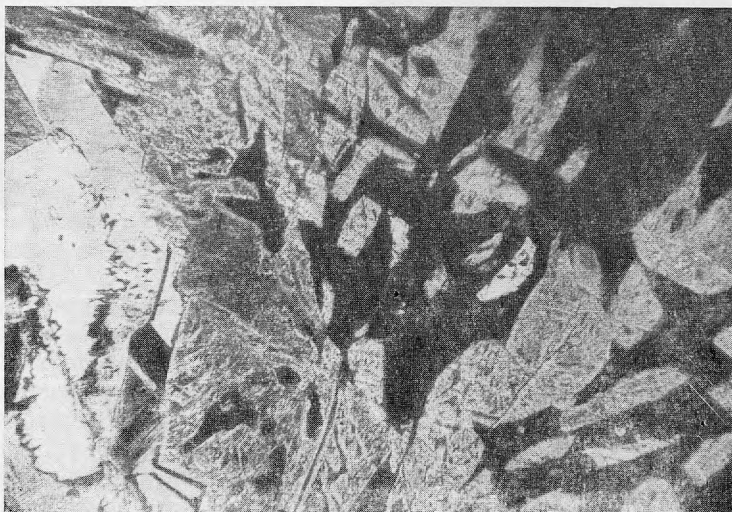


Рис. 2. Детали строения поверхности пирита в мусковите.
Отраженный свет, увел. 120

Содержание магнетита, наблюдаемое в одном кристалле слюды, также подвержено значительным колебаниям. Иногда он присутствует в виде единичных зерен, порой же встречается в больших количествах. Нередко кристаллы магнетита закономерно расположены по лучам ельчатости, подчеркивая зональность мусковита. Один из таких случаев представлен на рис. 3, а, где магнетит приурочивается к слабо проявленной штриховке ельчатости.

Магнетит в мусковите образует шестигранные включения, шестоватые или игольчатые, неправильные и каплевидные выделения, напоминающие

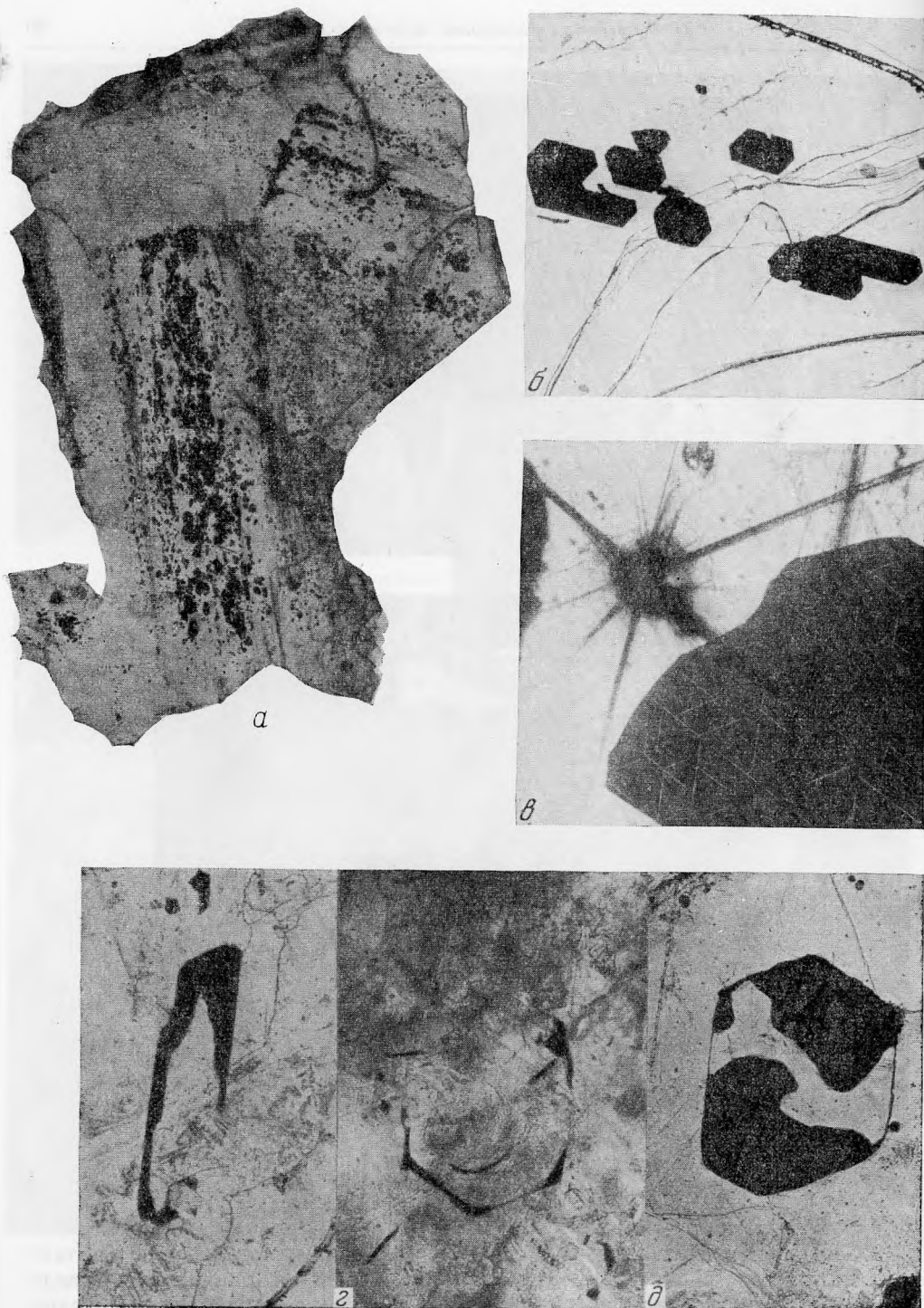


Рис. 3. Магнетит в мусковите.

a — магнетит, расположенный вдоль штриховки ельчатости. Нат. вел.; *б* — формы кристаллов магнетита. Проходящий свет, николи \parallel , увел. 10; *в* — закономерная ориентировка трещин отдельности в магнетите относительно лучей фигуры удара в мусковите. Проходящий свет, николи \parallel , увел. 30; *г* — контурное незамкнутое включение магнетита в мусковите; *д* — контурное замкнутое включение магнетита в мусковите. Проходящий свет, николи \parallel , увел. 30

мирмекиты. Наиболее часто встречаются шестигранные включения. Они наблюдаются в виде правильных шестигранников, часто вытянутых вдоль одной из осей, а также в виде трапеций, осложненных ступенчатыми выступами. Встречаются также ромбовидные и треугольные включения магнетита, но значительно реже (рис. 3, б).

Кристаллы магнетита разбиты трещинами отдельности, которые являются таким же хорошим диагностическим признаком, как и скульптурная поверхность пирита. Наблюдаются три системы таких трещин, ориентированных одна к другой под углом 60° . Расположение этих трещин подчинено строгой закономерности—они параллельны лучам фигуры давления. При этом одно из направлений параллельно еще и плоскости оптических осей мусковита. Иногда трещины отдельности повернуты к направлению трещин фигуры давления под углом 30° , т. е. следуют по направлению трещин фигуры удара (рис. 3, в). Трещины отдельности перпендикулярны граням шестиугольников магнетита (рис. 3, б).

Кроме охарактеризованных выше, наблюдаются еще так называемые контурные включения (рис. 3, г, д), которые отличаются тем, что их внутренняя часть остается свободной. Включения эти бывают замкнутые и незамкнутые. Они похожи не на реликты, а скорее производят впечатление не полностью замещенного пространства. На рис. 3, д показаны все грани шестигранника, но на отдельных участках две из них представлены в виде тонких проводничков. Центральная часть кристалла осталась свободной.

На рис. 3, г показаны незамкнутые контурные включения, но и здесь чувствуется стремление к закономерному кристаллографическому ограничению. Ориентировка кристаллов магнетита вызвана влиянием включающего мусковита. Аналогичное явление наблюдается при кристаллизации йода на спайной поверхности мусковита. Включения магнетита образовались после кристаллизации мусковита. Об этом говорит факт нахождения их в рубцах ельчатости и приуроченность к реликтам биотита. Вероятно, они образовались при замещении биотита мусковитом. При этом освобождалось некоторое количество железа, которое и отлагалось тут же в виде магнетита. Некоторые хорошо окристаллизованные кристаллы магнетита, приуроченные к зонам роста мусковита, вероятно, образовались вместе с мусковитом или несколько позднее его.

Кристаллы магнетита, в свою очередь, замещаются окислами и гидроокислами железа. Часто можно наблюдать, как по трещинам отдельности в магнетите или на периферии его кристаллов концентрируются почковидные или натежные образования окислов железа. Иногда они замещают весь кристалл.

ВКЛЮЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ ОКИСЛОВ И ГИДРООКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА

Включения железистых окислов и гидроокислов встречаются в мусковите очень часто. В подавляющем большинстве случаев они представлены группой гематит-гидрогематита и гетит-гидрогетита. Самостоятельные минеральные виды встречаются сравнительно редко, чаще это смеси минералов. Указанные включения имеют вид пятен, разводов, корочек, налетов, натеков желтовато-бурого цвета (рис. 4 а, б). Они приурочены к трещинам весьма совершенной спайности и в большинстве случаев наблюдаются по периферии кристаллов, трещинам и дефектным местам мусковита. Нередко пятнообразные включения обладают подобием зональности, которая выражается в смене окраски. Такие бесформенные включения

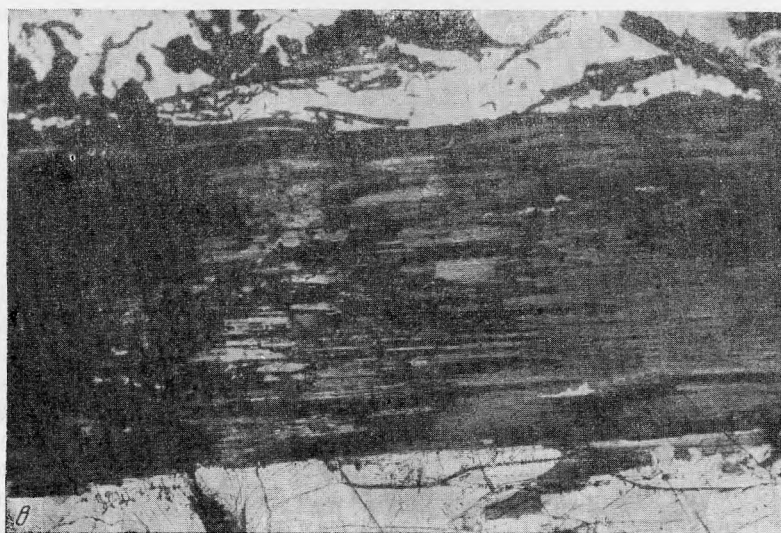
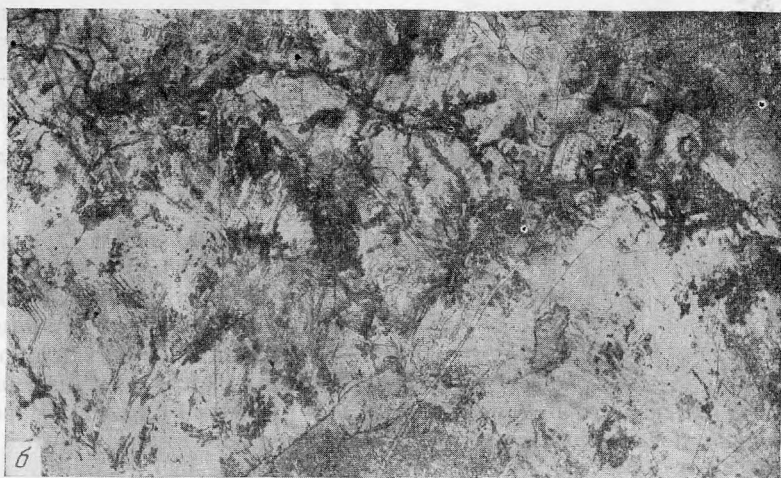


Рис. 4. Окислы и гидроокислы железа в мусковите.

a — замещение пирита. Отраженный свет, увел. 46; *b* — дендриты окислов железа в мусковите. Проходящий свет. Николь \parallel , увел. 30; *в* — железистые окислы и гидроокислы, концентрирующиеся по штриховке ельчатости. Проходящий свет, николь \parallel , увел. 30

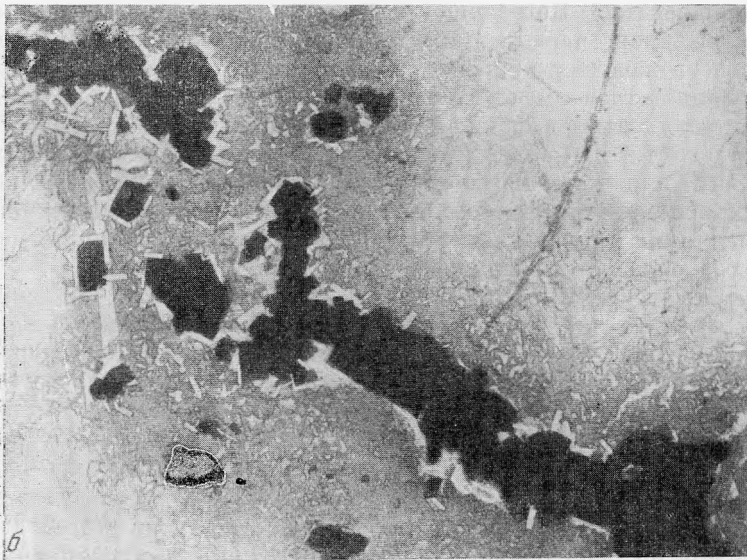
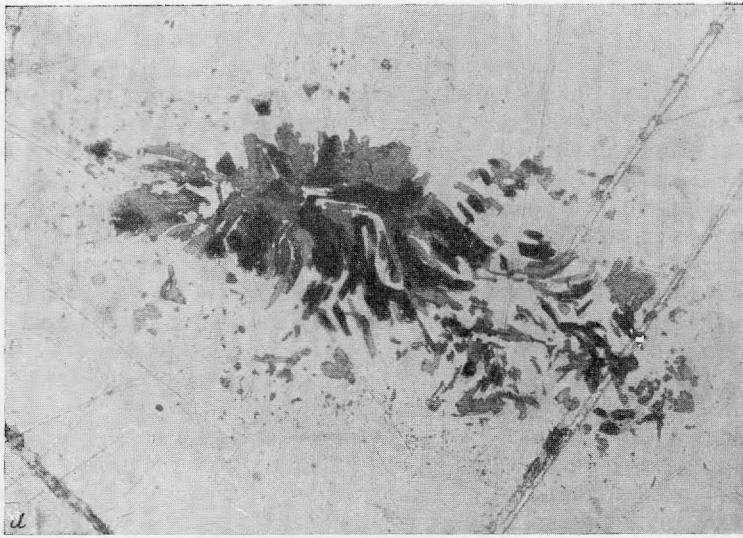


Рис. 5. Гематит в мусковите.

a — замещение пирита гематитом; *b* — псевдоморфозы по пириту, окаймленные минералом из группы сульфатов. Проходящий свет, николи ||, увел. 20

встречаются в мусковите в изобилии. Кроме них, наблюдаются включения железистых окислов и гидроокислов, более ярко выраженные морфологически.

Гематит встречается в мусковите довольно часто. Он образует пластинчатые кристаллы по плоскостям весьма совершенной спайности мусковита. Диагностируется он сравнительно просто, по некоторой анизотропии и плеохроичности. Кроме того, обнаруживает красные внутренние рефлексы, наблюдаемые иногда очень ясно. Цвет гематита в большинстве

случаев красновато-бурый или коричневый, в отраженном свете — серовато-белый. Показатель преломления выше, чем у мусковита.

Гематит образует псевдоморфозы по пириту и магнетиту. Некоторые выделения пирита окаймлены натечными и дендритообразными выделениями гематита. Иногда можно наблюдать штриховку, унаследованную от пирита. Часто включения пирита окружены расплывчатыми, неправильными пятнами гидроокислов железа, в массе которых наблюдаются пустоты квадратной и шестигранной формы. На стенках этих пустот можно наблюдать примазки гематита и гидрогематита. Нередко, рассматривая подобные образования, можно проследить последовательные стадии замещения пирита и магнетита гематитом и, далее, гидроокислами железа (рис. 4, 5). Подобные же образования дает иногда и гидрогетит.

Гидрогематит обладает цветом от темновато-красного и кирпично-красного до темно-серого. Он имеет кристаллическую решетку гематита и по своим свойствам близок к нему.

Гетит в кристаллах слюды встречается реже гематита. Он наблюдается в виде таблечек, волокон, игольчатых и столбчатых кристаллов, в виде плотных волокнистых и натечных масс, часто образует агрегаты лучистых и сноповидных форм, а также наблюдается в виде сферолитов (рис. 6, а, б). Игольчатые кристаллы ориентированы по направлению лучей фигуры удара и давления. Цвет минерала желтый, коричневатый, буровато-коричневатый. Погасание прямое, удлинение положительное, спайность совершенная, параллельная главной зоне волокон. Цвет внутренних рефлексов желтовато-бурый, с золотистым оттенком.

Включения гетита имеют большой показатель преломления и в скрещенных николях дают высокие цвета интерференции.

Гидрогетит наблюдается в виде плотных или рыхлых масс желто-бурого или коричневатого цвета. Иногда он дает мелкочешуйчатые или волокнистые разности, нередко с хорошо выявленной анизотропией. В таких случаях гетит и гидрогетит трудно различимы. Гидрогетит иногда образует псевдоморфозы по пириту.

Иногда железистые окислы типа гетит-гидрогетита, коричневатого и желто-бурого цвета, образуют волокнистые агрегаты, похожие на высушенную древесину. Они вытянуты вдоль штриховки ельчатости, приурочиваясь к неровностям поверхности (см. рис. 4, в).

Железистые окислы смешанного лимонитового состава образуют иногда закономерную решетку, видимую макроскопически (рис. 7, а, б). На рисунке видно, что решетка образована длинными, тонкими полосками, ритмично расположенными параллельно и перпендикулярно к естественным граням кристалла мусковита. Пересекаясь между собой, они образуют решетку, ячейки которой имеют вид равносторонних треугольников и ромбов. Решеткой занята центральная часть кристалла, ограниченная штриховкой ельчатости. Подобную решетку образует также и гематит (рис. 7, в).

Под микроскопом видно, что решетка представлена хорошо выраженными дендритами, имеющими папоротникообразный вид (рис. 8, а, б). Цвет их в проходящем свете коричневатобурый, черный и красноватый. Растут дендриты от общего, более массивного ствола, постепенно ответвляясь и утончаясь вместе с нарастающим усложнением рисунка. Иногда они сплошь покрывают всю поверхность мусковита в виде тонкой сетки. Все елочковидные ответвления находятся в строгом соответствии с направлением лучей фигуры удара и давления мусковита (рис. 8, б).

Кроме линейно вытянутых дендритов, наблюдаются еще и звездчатые. Среди них попадаются и довольно грубые, но чаще встречаются хорошо выраженные, чрезвычайно тонкие звездочки, наподобие снежинок.

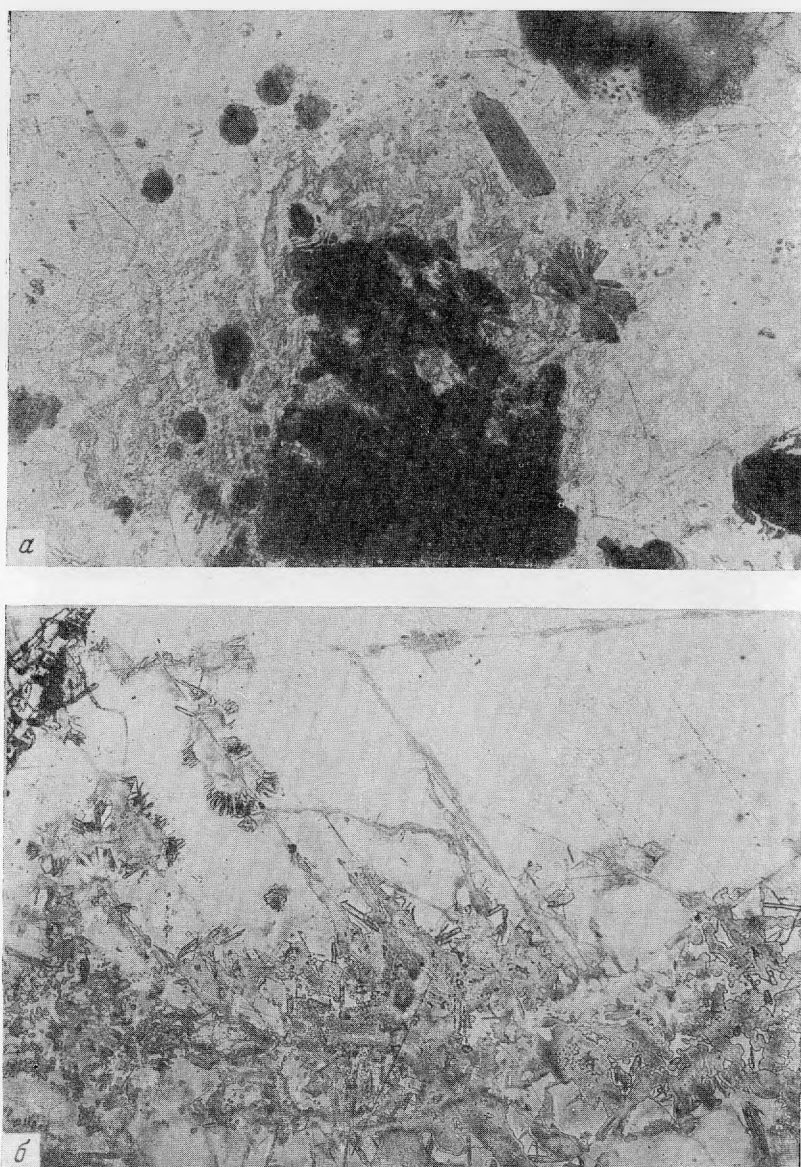


Рис. 6. Гетит в мусковите.

а и б — розетки и сноповидные агрегаты. Проходящий свет, николи \parallel , увел. 30

Иногда состав дендритов варьирует, что сказывается и на характере их архитектуры и на сложности рисунка. На рис. 9 видно, как из грубого дендрита гематита отходит вправо длинная, тонкая стрела, на которую строго закономерно вверх и вниз нарастают дочерние дендриты разного цвета. Наиболее грубыми и массивными являются красно-бурые дендриты, наиболее хилыми и плохо выраженными — кремовые и наиболее хорошо выявленными, отличающимися тонкостью рисунка, — черные.

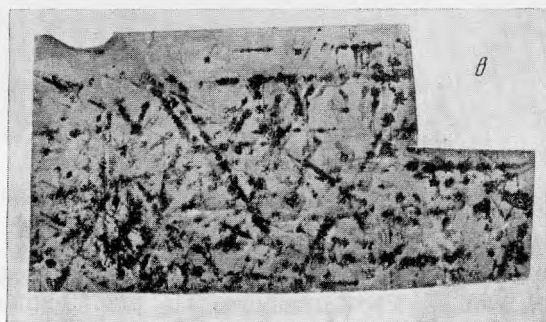
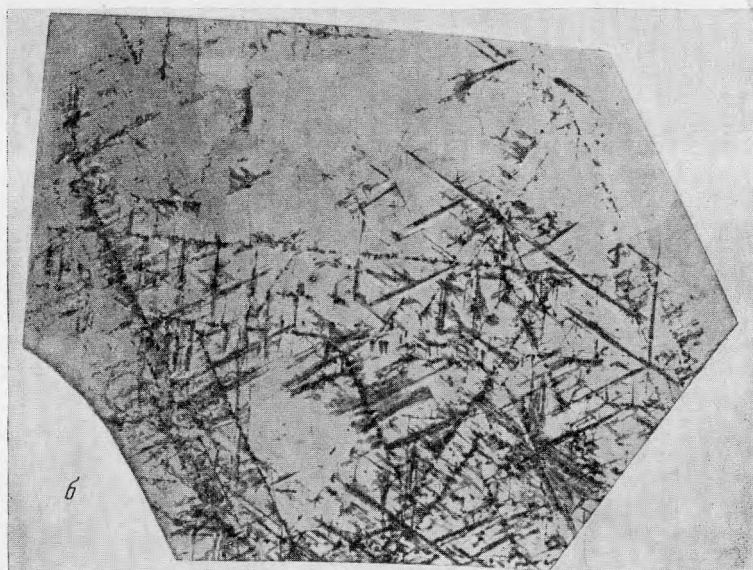
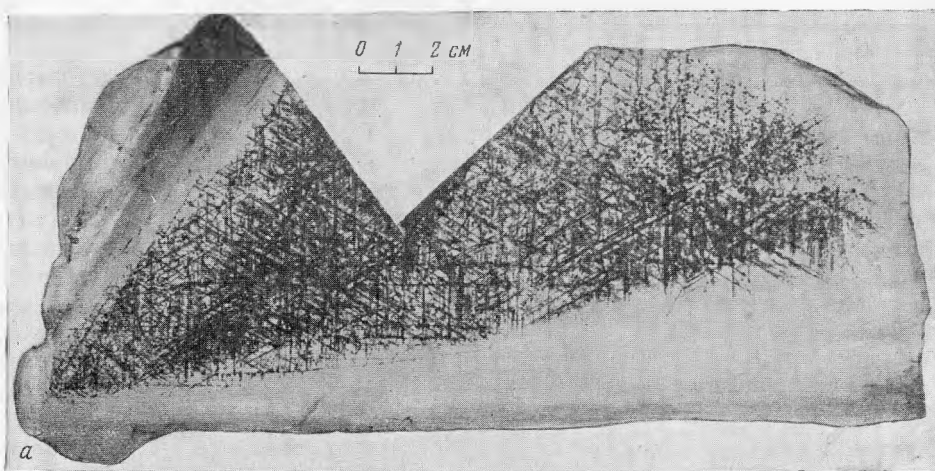


Рис 7. Ориентированные включения железистых окислов и гидроокислов в мусковите. □

а и б — смешанного состава; в — гематит

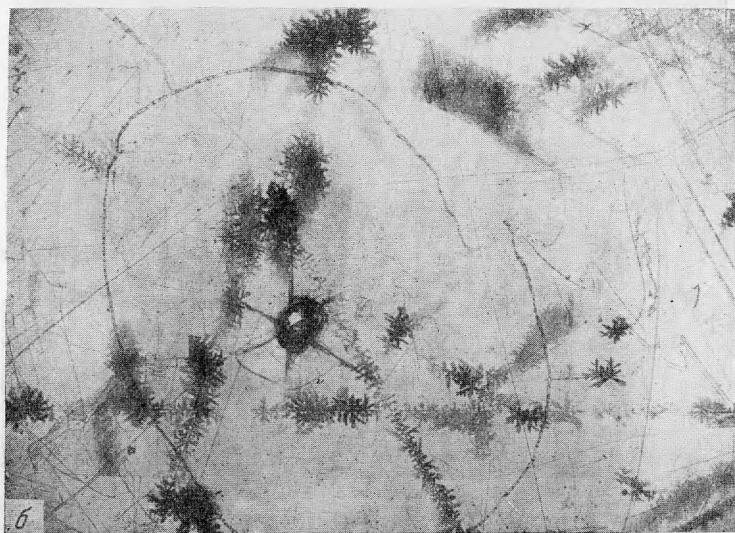
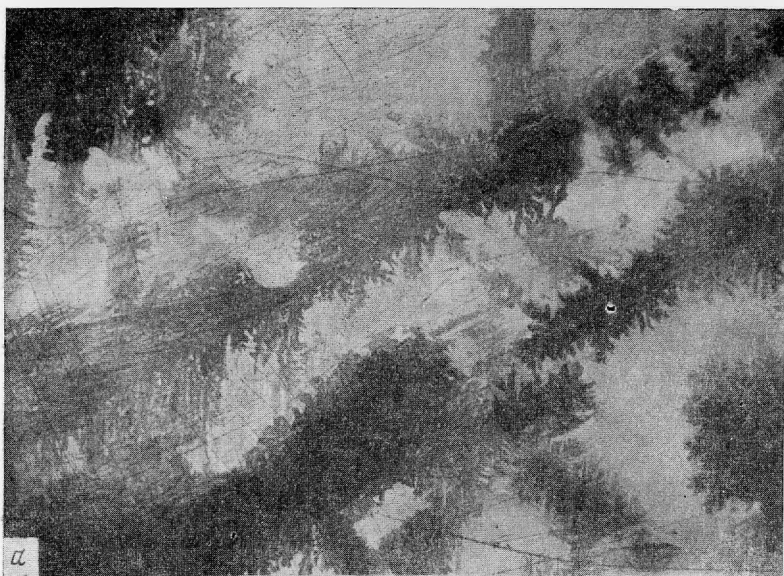


Рис. 8. Дендриты окислов и гидроокислов железа в мусковите.

а — общий вид. Проходящий свет, николи ||, увел. 30; б — закономерная ориентировка дендритов относительно лучей фигуры удара в мусковите. Проходящий свет, николи ||, увел. 30

Относительно происхождения этих дендритов трудно сказать что-либо определенное. Как известно, дендриты бывают кристаллизационные и коагулятивные. Некоторые двухмерные дендриты водных окислов железа относятся к коагулятивным. Но, сравнивая наши дендриты с дендритами, приводимыми в работе Д. Д. Саратовкина (1953), мы находим в них много



Коричневато-красные

Кремовые Черные

Кремовые



Красно-бурые

Черные

Красно-бурые



Рис. 9. Дендриты в мусковите. Проходящий свет, николи \parallel , увел. 30
a и *б* — видна смена сложности рисунка дендрита в зависимости от состава (окраски); *в* — закономерная ориентировка дендритов (по сетке ромба)

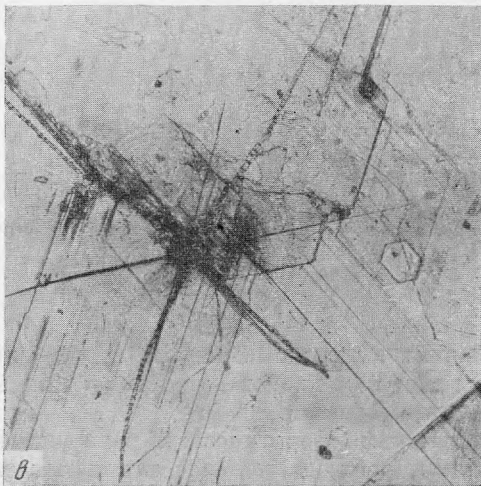
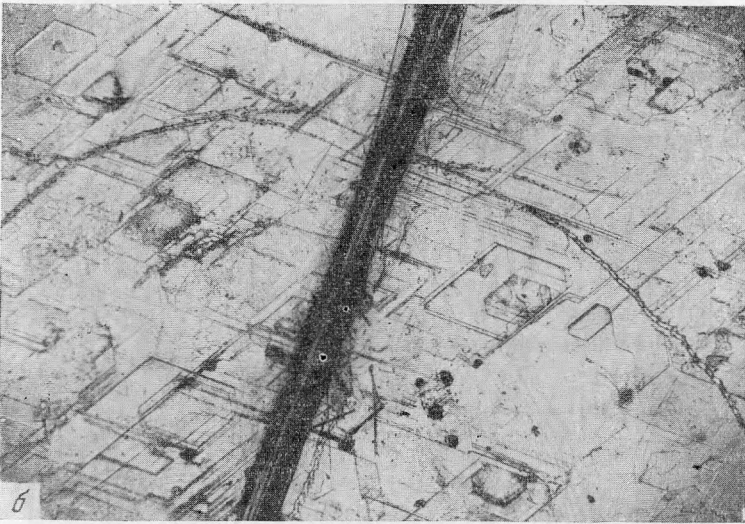
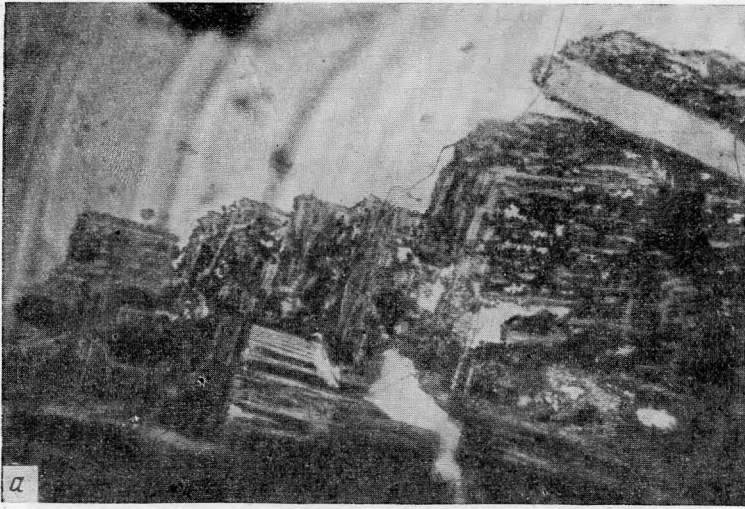


Рис. 10. «Каркас» железистых окислов и гидроокислов в мусковите
 а — проходящий свет, николи ||, увел. 18; б — проходящий свет, николи ||, увел. 46; в — закономерное строение «каркаса» относительно лучей фигуры удара в мусковите. Проходящий свет, николи ||, увел. 90

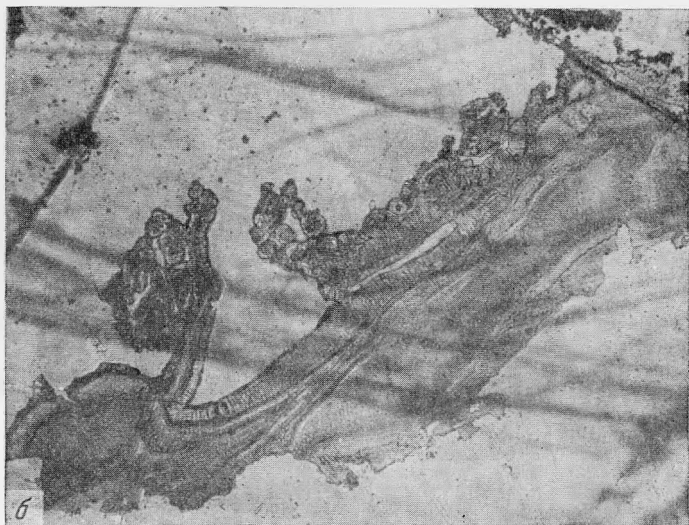
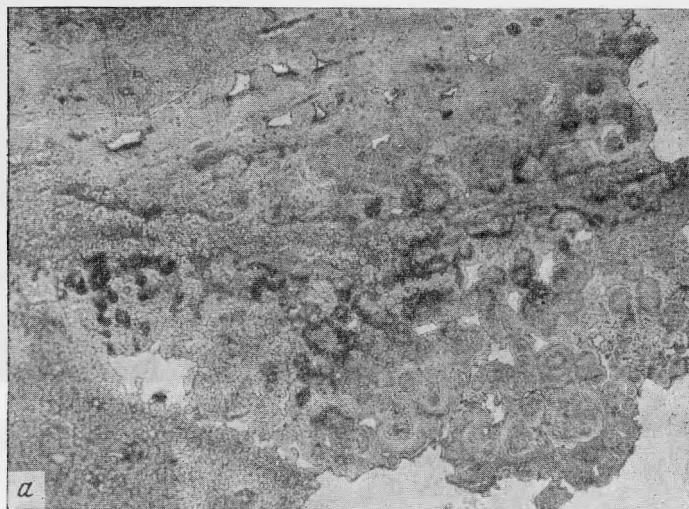


Рис. 11. Коллоидное строение железистых окислов и гидроокислов в мусковите. Проходящий свет, николи "увел. 30

а — гетит-гидрогетитового состава; б — гематит-гидрогематитового состава

общего, вследствие одних и тех же или сходных условий кристаллизации. На основе этой аналогии нам представляется возможным отнести данные дендриты к кристаллизационным.

Кроме перечисленных морфологических разновидностей, образуемых железистыми окислами, наблюдается еще так называемый каркас. Этот «каркас» представляет собой образование, подобное сагенитовой решетке, только в более крупном масштабе. При небольшом увеличении «каркас» представлен на рис. 10, а.

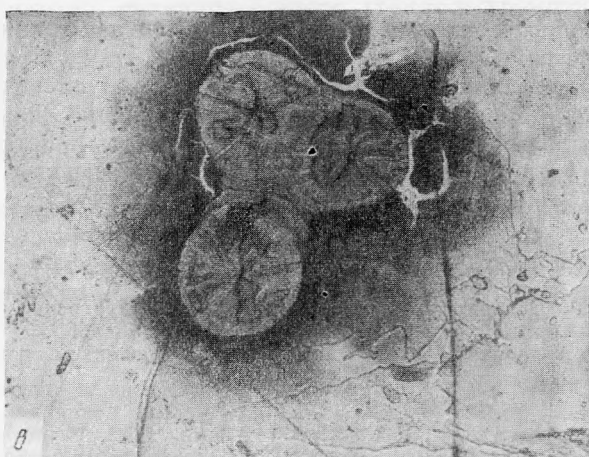
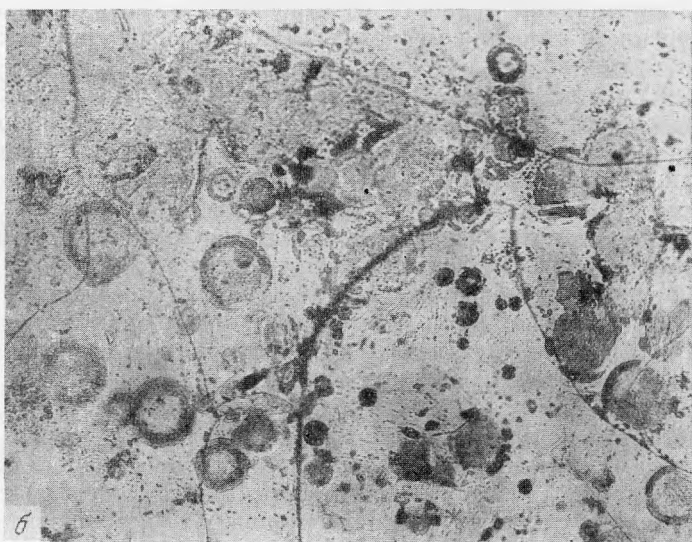
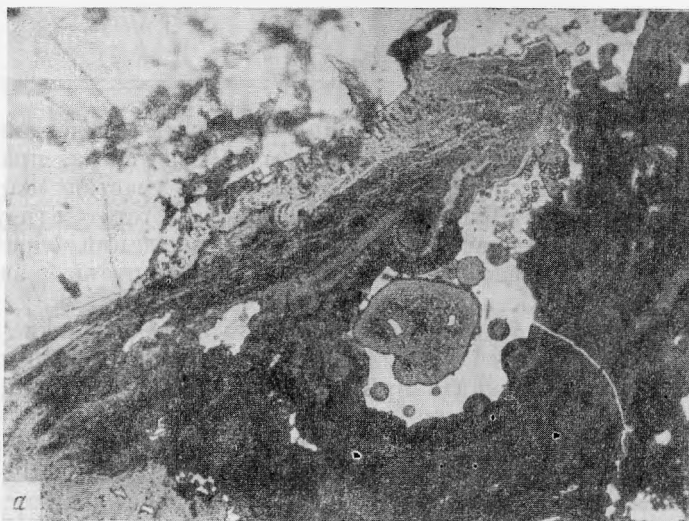


Рис. 12. Коллоидные и глобулярные включения окислов и гидроокислов железа в мусковите.

а — коллоидный агрегат железистых окислов и гидроокислов в мусковите. Проходящий свет, николи ||, увел. 30; б и в — глобулярное строение железистых окислов и гидроокислов в мусковите. Проходящий свет, николи ||, увел. 90

Основой «каркаса» являются длинные шестоватые выделения железистых окислов, пересекающиеся под углом в 60° ; иногда, правда реже, этот угол приближается к прямому. Внутренние участки «каркаса» образованы гематитом-гидрогематитом, внешние — гетитом-гидрогетитом. Основная структура «каркаса» осложнена более поздними образованиями этих минералов — корочками, иглочками, сферолитами, звездочками гетита, концентрирующимися по периферии основных балок.

При увеличении в 46 раз подчеркивается более тонкая структура «каркаса», представленная на рис. 10, б, в. На рисунке видно правильное строение, строго закономерная ориентировка «каркаса», полностью совпадающая с направлением лучей фигуры удара или давления. Ячейки сетки «каркаса» представляют собой идеальную форму ромба, иногда с усеченными углами. Углы ромбовидных ячеек равны 60 и 120° .

Рассматривая «каркас», мы видим, что окислы и гидроокислы железа ярко подчеркивают архитектуру поверхности кристаллов мусковита, выявляя какие-то закономерности ее строения, в свою очередь, зависящие от внутреннего строения мусковита. Расшифровка этих закономерностей — дело будущего.

Последней морфологической разновидностью железистых окислов и гидроокислов, встречающихся в кристаллах мусковита, являются натечные, колломорфные образования (рис. 11, а, б и 12), имеющие, очевидно, коллоидное происхождение. Для них характерны желтовато-коричневые и красно-бурые окраски с яркими цветами внутренних рефлексов и чередование окрасок по слоям, обусловленное, очевидно, сменой состава. По периферии подобных выделений наблюдаются глобулярные образования, имеющие концентрически-зональное и радиально-лучистое строение (рис. 12, б). При большом увеличении видна правильная округлая форма глобулярных образований, зональность, обусловленная четкой сменой окраски, и некоторые следы раскристаллизации, выражающиеся в наличии радиальных трещинок.

В центре почти каждого включения можно видеть центральное ядро. Более крупные включения имеют зональное строение, мелкие образованы почти исключительно гетитом-гидрогетитом ярко-желтого цвета.

Железистые окислы и гидроокислы появились в мусковите двояким путем; одни образовались за счет магнетита или пирита, другие — за счет привноса извне.

Различные морфологические разновидности обусловлены как кристаллизационными свойствами описываемых минералов, так и специфическими условиями кристаллизации внутри кристаллов мусковита, индуцирующее действие которого играло немаловажную роль. Значительным фактором, как нам представляется, является поверхность кристаллов мусковита, а может быть, и энергетические свойства его решетки.

ЛИТЕРАТУРА

- Саратовкин Д. Д. Дендритная кристаллизация. Металлургиздат, 1953.
Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд-во АН СССР, 1955.
Юшко С. А. Методы изучения руд под микроскопом в отраженном свете. Госгеол-издат, 1949.