

В. В. ЯКУБОВА

**ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ ПЕГМАТИТОВ
МУРЗИНКИ (УРАЛ)¹**

II. ВКЛЮЧЕНИЯ В КВАРЦЕ

Кварц является единственным минералом, который выделяется в течение всего процесса минералообразования месторождения и дает богатый материал для однозначного решения вопроса последовательности выделения его разновидностей. На первом этапе минералообразующего процесса кварц выделяется в закономерном сростании с полевым шпатом, образуя пегматиты письменной структуры, затем выделяется в пегматоидной стадии вместе с крупными выделениями полевого шпата и слюды в виде замечательных кристаллов дымчатого кварца, на который изредка закономерно нарастает серовато-фиолетовый кварц, иногда имеющий настоящую аметистовую окраску.

А. Е. Ферсман (1940) на основании изучения многочисленных образцов кварца устанавливает следующую последовательность его выделения: светлодымчатый кварц (температура выделения 800—600°), темподымчатый (температура выделения 600—575°). В интервале температур 575—475° перерыв в отложении кварца, разъедание и образование механических разломов, облекание кварца альбитом.

При 475° вновь начинается кристаллизация серого кварца, который при 450° сменяется пепельным. Затем при 400—250° отлагается бесцветный кварц, и весь процесс завершается при 250—100° выделением аметиста.

Наличие ряда разновидностей кварца, часто с зонарным строением, и возможность бесспорно устанавливать порядок их выделения делают кварц благодарным материалом для проверки метода определения температур минералообразования гомогенизацией газовой-жидких включений.

КВАРЦ ГРАФИЧЕСКИХ ПЕГМАТИТОВ

Наиболее высокотемпературным кварцем месторождения, по схеме А. Е. Ферсмана (1940), является кварц из пегматитов письменной структуры.

По представлениям А. Е. Ферсмана, одновременное выделение кварца и полевого шпата с образованием пегматитовой структуры происходит

¹ I часть работы о включениях в топазах была напечатана в трудах Минералогического музея, вып. 4, 1952.

при температуре 700—600°. Поэтому кварц в них представлен высокотемпературной модификацией — α -кварцем. При понижении температуры α -кварц переходит в низкотемпературную модификацию — β -кварц, причем этот переход сопровождается значительным уменьшением объема. А. Е. Ферсман (1940) приводит данные Сосмана (Sosmann), характеризующие изменение объема кварца и полевого шпата.

Кварц при охлаждении от 600 до 300° изменяется в объеме на 4,5—5%, полевой шпат — всего только на 0,5%. Следовательно, при охлаждении графических пегматитов кварц и полевой шпат будут сжиматься в разной степени, что должно неизбежно вызывать нарушение непрерывности структуры.

Наряду с трещиноватостью внутри зерен кварца, обусловленной неравномерным сокращением его объема, должны образоваться промежутки между ихтиоглиптами кварца и полевым шпатом, которые будут залечены в дальнейшем. Кроме того, трещинки, образующиеся при сжатии кварца, должны были бы вызвать раздробление полевого шпата, по крайней мере тех его зерен, которые окружены кварцем со всех сторон, с образованием трещин, общих для кварца и полевого шпата.

При просмотре 37 пластинок, вырезанных перпендикулярно к направлению роста графического пегматита, было обнаружено, что зерна кварца ихтиоглиптов имеют многочисленные включения, плоскости которых резко обрываются на границе с полевым шпатом. В самом полевым шпате, а также на границе между ним и ихтиоглиптами кварца залеченных трещин не было обнаружено. Кварц и полевой шпат в графических пегматитах имеют отчетливую границу с правильными очертаниями.

При изучении включений в ихтиоглиптах нам не удалось установить какую-либо закономерность в их распределении. Критерием первичности или вторичности включений служит их отношение к кристаллографическим направлениям в кристалле, их связь с зонами роста. Это отчетливо можно наблюдать лишь при рассмотрении целого кристалла. Если приходится иметь дело с пластинками, хотя бы и ориентированными, то в ряде случаев невозможно решить вопрос о вторичном или первичном характере включений.

Однако при комплексном изучении месторождения вторичные включения представляют не меньший интерес, чем первичные, так как они могут характеризовать определенный этап процесса минералообразования.

В ихтиоглиптах наблюдались газовой-жидкие включения двух типов: 1) двухфазовые включения, состоящие из раствора и газового пузырька (в 29 случаях); 2) трехфазовые включения, состоящие из двух жидких фаз — раствора и жидкой углекислоты — и газового пузырька (в 8 случаях). Твердой фазы, встречающейся во включениях в других минералах месторождения, ни в одной пластинке не обнаружено.

Большинство включений в ихтиоглиптах очень небольшого размера. Поэтому в ряде случаев провести наблюдение за их поведением при нагревании и определение температуры их гомогенизации было невозможно из-за незначительного увеличения прибора, на котором производилась работа.

В тех же случаях, когда величина включений позволяла произвести их изучение, они нагревались в микротермокамере Н. П. Ермакова до полной гомогенизации. В результате были получены очень неопределенные данные. Так, в обр. № 4ф двухфазовые включения, принадлежащие к одной и той же системе, гомогенизировались при температуре 225 и 190°, в обр. № 20353 — при температуре 280 и 300°, в обр. № 14ф была получена температура 240°, в обр. № 43ф — 180 и 100°, в обр. № 70ф — 230 и

180°, в обр. № 78ф—200 и 100°, в обр. № 69ф—220°, в обр. № 79ф—225, 220 и 180° и в обр. № 20362—225 и 125°.

В ихтиоглиптах, содержащих трехфазовые включения, были получены такие температуры: в обр. № 47ф включения, содержащие жидкую углекислоту, гомогенизировались при 200 и 225°, без углекислоты — при 135°. В обр. № 68ф включения, содержащие жидкую углекислоту, становились гомогенными при 250 и 225°, не содержащие жидкой CO₂ при 180°, в обр. № 71ф — при 250° и в обр. № 72ф — при 200°.

Полученные разноречивые данные для включений, относящихся к одной и той же системе включений, делают невозможным установление температуры их образования. Также невозможно сравнение температур гомогенизации включений, полученных в различных образцах.

При изучении распределения включений в пластинках, приготовленных из графических пегматитов, также не удалось установить какую-либо закономерность, указывающую на то, что кварц ихтиоглиптов является высокотемпературной модификацией и, следовательно, представляет собой параморфозу β-кварца по α-кварцу.

При изучении пегматитов всегда обращает на себя внимание необычайно своеобразное явление — выщелачивание кварца ихтиоглиптов из пегматитов графической структуры. Кажется необъяснимым, под влиянием какого агента мог происходить столь совершенный вынос кварца при полной сохранности полевого шпата. Если кварц целиком выносился из пегматита, то оставшийся полевой шпат, весь пронизанный пустотами, напоминает губку. В этих пустотах можно иногда обнаружить кристаллики прозрачного альбита, мелкие кристаллы прозрачного топаза IV типа (по классификации А. Е. Ферсмана) и слюду. Очень своеобразный пример такого выщелачивания кварца ихтиоглиптов наблюдался на обр. № 69ф.

Обр. № 69ф представляет собой кристалл ортоклаза, насквозь проросший ихтиоглиптами. На некоторых гранях ортоклаза ихтиоглипты не выходят на поверхность; их кристаллизация оканчивается раньше, чем кристаллизация ортоклаза. На грани (001) этого кристалла ихтиоглипты оканчиваются небольшими кристаллами дымчатого кварца, покрытыми бурой корочкой.

Один из этих кристаллов как бы вырос в пустотке в полевом шпате. В сечении эта пустотка имеет очертания неправильного шестиугольника, стороны которого параллельны граням кристалла кварца, в ней находящегося. Некоторые из соседних кристаллов кварца также непосредственно не соприкасаются своими гранями с ортоклазом и, очевидно, также росли в пустотке в нем. На этой грани имеется одна пустотка, кварц в которой совсем не выкристаллизовался. Если рассматривать в изломе внутреннее строение этого кристалла ортоклаза, то обнаруживается, что частично кварц из ихтиоглиптов вынесен и образовались пустоты, ограниченные индукционными гранями. На одной из стенок такой пустоты выкристаллизовался двуконечный кристаллик дымчатого кварца. Этот кристаллик лежит на грани призмы под углом к длинной оси бывшего ихтиоглипта. Очевидно, что этот кристаллик, так же как и кварц, выросший на грани (001) ортоклаза, образовался после частичного выноса кварца из ихтиоглиптов.

Для изучения включений от этого образца был отбит один кристалл кварца. Удалось выделить и часть кристалла, уходящего в ортоклаз и, следовательно, являющегося ихтиоглиптом.

Из этого кварца была приготовлена пластинка, проходящая через центр кристалла и ориентированная параллельно к его вертикальной оси.

В пластинке было обнаружено, что в наиболее удаленной от поверхности ортоклаза части ихтиоглипта можно отчетливо видеть своеобразный фантом кварца (рис. 1), точнее его часть, так удачно попавшую в сечение пластинки, что можно наблюдать его кристаллические очертания.

Обращает на себя внимание ориентировка этого фантома, совершенно совпадающая с ориентировкой кристалла, образующего головку ихтиоглипта. Вертикальная ось этого фантома образует с длинной осью ихтиоглипта угол около 47° .

Образование такого своеобразного фантома внутри кварца ихтиоглипта указывает на то, что кварц рос совершенно свободно, не испытывая никакого индуктирующего влияния полевого шпата.

На это же косвенно указывает и то, что штриховка на гранях полостей крупных включений, которые встречаются в этом ихтиоглипте, располагается параллельно ребру между призмой и ромбоэдром кристалла, образующего головку ихтиоглипта.

При изучении включений в кварце было установлено, что в случае, когда встречаются крупные первичные включения, на гранях, их ограничивающих, может наблюдаться штриховка. Эта штриховка обычно ориентирована так же, как и штриховка на гранях призмы кристалла-хозяина.

Это дает нам также некоторое основание сделать заключение, что и в остальной части ихтиоглипта рост кварца происходил не в направлении его длинной оси, а в направлении, совпадающем с вертикальной осью кристалла, которым оканчивается ихтиоглипт.

Если сопоставить эти факты с наличием пустот как внутри кристалла ортоклаза, так и на его гранях вокруг кристаллов, которыми оканчиваются ихтиоглипты, то станет очевидным, что кварц ихтиоглиптов в этом ортоклазе является вторичным, что он выкристаллизовался в пустотах, образовавшихся после выноса первичного кварца, и что штриховка, которой ограничен ихтиоглипт, является псевдоиндукционной, обусловленной формой полости, которую кварц выполнил. Это дает основание предполагать, что процесс выноса кварца из ихтиоглиптов графического пегматита имел больший масштаб, чем это кажется при изучении образцов. Быть может, явлением вторичного переотложения кварца в ихтиоглиптах можно объяснить то, что кварц ихтиоглиптов, вопреки указанию А. Е. Фермана, не имеет строго выдержанной окраски. Наряду со светлодымчатым кварцем встречается темнодымчатый кварц с такой же окраской, как и кварц пегматоидной фазы процесса.

Причина выноса кварца ихтиоглиптов может быть в какой-то степени понята, если обратиться к последним работам по изучению растворимости кварца и к результатам опытов по искусственному выращиванию кварца [Кеннеди (Kennedy), 1950; Хитаров, 1953; Шефталь, 1954].

Работами Кеннеди установлено, что на величину растворимости кварца в воде оказывает огромное влияние давление. Особенно велико это влияние при надкритических температурах и давлениях.

Давление в надкритических условиях является фактором, от которого непосредственно зависит удельная плотность среды. Величина удельной плотности оказывает решающее влияние на растворимость кварца в воде при надкритических условиях. Очень характерно, что при давлениях ниже 750 бар и надкритических температурах наблюдается уменьшение растворимости кварца при повышении температуры.

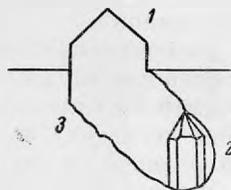


Рис. 1. Фантом в ихтиоглипте.

Кварц, обр. № 69ф.
1 — головка ихтиоглипта; 2 — фантом;
3 — ихтиоглипт.

Именно в интервале давлений от критического до давления 750 бар характерны наибольший удельный объем воды, а следовательно, и наименьшая ее плотность. При увеличении давления выше 750 бар величина растворимости кварца значительно увеличивается, причем повышение температуры также вызывает ее увеличение. Таким образом, при надкритических условиях основным фактором, влияющим на величину растворимости кварца, является давление.

Эти данные были использованы Н. Н. Шефталем (1954) для объяснения явления растворения растущего кристалла кварца при искусственном вырацировании в автоклаве и распространены на явления растворимости и переотложения кварца в хрустальных погребках кварцевых месторождений.

Включения, обнаруженные в минералах Мурзинского месторождения, в основном были водными. Это дает основание считать, что пегматитовый расплав был насыщен водой. После окончания кристаллизации графического пегматита вода, очевидно, является одним из основных компонентов флюида, а затем гидротермального раствора, выполняющих пустоты в теле пегматита.

Поэтому данные Кеннеди (1950) о растворимости кварца могут быть в какой-то степени использованы для объяснения причин выщелачивания кварца во время процесса кристаллизации месторождения.

Месторождения пегматитов, по А. Е. Ферсману (1940), образуются на больших глубинах (4—8 км), а следовательно, под давлением вышележащего слоя пород около 1000—2000 бар.

Следовательно, плотность среды минералообразования пегматитов должна быть значительной, несмотря на надкритическую температуру. Для Мурзинского месторождения это подтверждается соотношением фаз внутри включений в минералах. Обычно в них жидкая фаза преобладает над газовой, что возможно только в том случае, если захваченная в нее среда имела значительную плотность. Обратное соотношение фаз встречалось только в аномальных случаях, когда включения получали излишек газовой фазы в процессе эволюции при перестройке полости.

Таким образом, процесс кристаллизации графического пегматита месторождения происходил из замкнутой системы при температуре выше 600°, при давлении приблизительно 1000—2000 бар. При снижении температуры, но при постоянном давлении выше 750 бар и отсутствии приноса дополнительного материала из магматического очага нормальным является отложение кварца, а не его растворение.

Очевидно, причиной, вызывающей увеличение растворимости кварца при одном и том же составе минералообразующей среды и при снижающейся температуре, могло быть только увеличение удельной плотности среды. Увеличение удельной плотности среды в условиях кристаллизации месторождения из замкнутой системы могло быть вызвано только увеличением давления.

Можно предположить, что после окончания кристаллизации графического пегматита под влиянием бокового давления произошло сжатие минералообразующей среды, а следовательно, и увеличение растворимости кварца в ней. Кварц ихтиоглиптов был частично вынесен. В дальнейшем в отдельных участках месторождения пустоты в полевоом шпате могли вновь быть зашолнены кварцем, а в других местах они сохранились и в них выкристаллизовались другие минералы.

А. Е. Ферсман (1940) считает, что растворение и вынос кварца, а также тектонические явления происходили на границе пегматоидной и надкритической фаз. Обнаруженный нами процесс вторичного отложения кварца

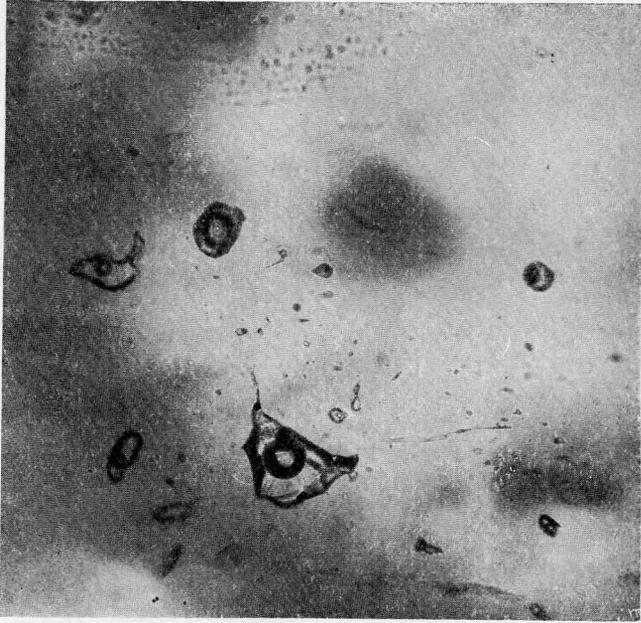


Фото 1. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 69ф, $\times 150$.

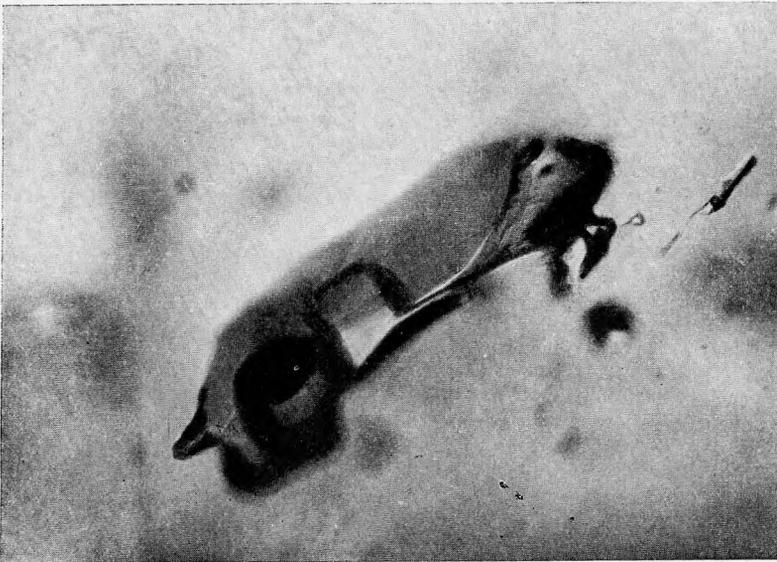


Фото 2. Твердая фаза (бура) во включении.

Кварц, обр. № 4ф, $\times 210$.

в пустотах ихтиоглиптов, оканчивающихся ростом кристалла кварца с образованием головки псевдоихтиоглипта, заставляет предполагать, что этот процесс происходил раньше, а именно непосредственно после окончания кристаллизации графического пегматита до пегматоидной фазы.

При изучении пластинки, приготовленной из кварца обр. № 69ф, было обнаружено, что включения в ней имеют одинаковый фазовый состав: состоят из раствора и газового пузырька, но соотношения этих фаз в различных включениях не одинаковы.

В ряде случаев можно было отчетливо наблюдать, что даже для включений, принадлежность которых к одной системе совершенно очевидна, это соотношение является различным. Различие же в соотношении газообразной и жидкой фаз обуславливает разную температуру гомогенизации включений, а также и направление этого процесса. На фото 1 изображена группа включений, находящихся в кварце обр. № 69ф. Все эти включения относятся к одной системе включений. Ни о каком наложении двух систем включений, одновременно образовавшихся, здесь не может быть и речи. Это совершенно отчетливо можно наблюдать при изучении их под микроскопом. Два верхних, расположенных рядом, включения имеют совершенно различные соотношения фаз. Левое верхнее включение имеет небольшой газовый пузырек и будет гомогенным при небольшой температуре с выполнением всего включения жидкостью. Правое включение при гомогенизации должно целиком выполниться газом. Нижнее большое включение имеет фазовые соотношения, отличные от первых двух. Оно станет гомогенным при какой-то своей температуре и будет при этом, как и первое, целиком выполнено раствором.

Мы не произвели нагревания этого образца, так как хотелось его сохранить неприкосновенным. Но и без этого очевидно, что при гомогенизации этих включений мы получили бы три разные температуры. К тому же, следуя Н. П. Ермакову (1950), мы должны были бы сделать вывод, что одно из включений (первое) захватило среду минералообразования, находящуюся в газообразном состоянии, два остальных — среду, представляющую собой гидротермальный раствор. Абсурдность последнего заключения совершенно очевидна. Какими же причинами можно объяснить существование включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различные соотношения фаз?

Это может быть легко объяснено, если обратиться к опытам Г. Г. Леммлейна и М. О. Клия (1950—1954).

Очень редко встречаются в минералах одиночные включения.

Обычно независимо от первичности или вторичности происхождения мы всегда имеем группу включений, образовавшихся одновременно, часто сообщающихся друг с другом и представляющих собой единую неравновесную систему.

Аналогично включениям в опытах Г. Г. Леммлейна и М. О. Клия эта система будет стремиться к наиболее равновесному состоянию — отдельные включения будут отграничиваться от соседних, перестраивать форму своей полости. Этот процесс будет происходить до тех пор, пока будет сохраняться растворимость вещества минерала в растворе, заключенном в полости включения. При этом могут образоваться включения с аномальными фазовыми соотношениями, так же как и в случае вторичных включений в опытах Г. Г. Леммлейна и М. О. Клия. Очевидно, и во включениях в кварце обр. № 69ф мы имеем такой же случай. С этой же точки зрения можно объяснить и разницу в температурах гомогенизации включений, относящихся к одной и той же системе, в кварце ихтиоглиптов.

Более подробно это явление будет рассмотрено ниже.

КВАРЦ ПЕГМАТОИДНОЙ СТАДИИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кварц пегматоидной стадии минералообразования, по классификации А. Е. Ферсмана (1940), является благодарным материалом для определения последовательности выделения его разновидностей.

Для месторождения обычны крупные кристаллы дымчатого кварца, имеющие зонарную окраску (рис. 2, 3). В этом случае окраска кварца является типоморфным признаком, тогда как ихтиоглипты пегматитов графической структуры не имеют постоянной окраски и их окраска не является типоморфной.

Центральная часть кристаллов образована сероватым молочным кварцем, который постепенно переходит в более прозрачный дымчатый кварц.

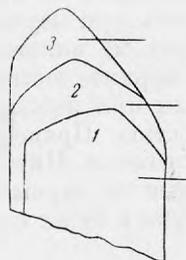


Рис. 2. Зонарное строение кварца.

Кварц, обр. № 32ф. 1 — молочный; 2 — дымчатый; 3 — бесцветный.

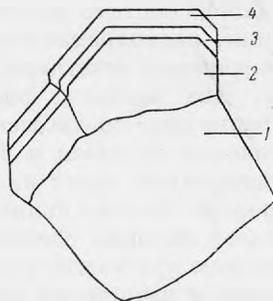


Рис. 3. Зонарное строение кварца.

Кварц, обр. № 1ф. 1 — молочный; 2 — светлый дымчатый; 3 — темный дымчатый; 4 — бесцветный.

Отсутствие резкой границы между молочным и дымчатым кварцем указывает на непрерывный процесс кристаллизации. Дымчатый кварц обычно также не является однородным. Он имеет зонарную окраску, причем в общем случае наблюдается тенденция к увеличению ее интенсивности. Иногда наблюдается чередование более светлых и более темных полосок. На дымчатый кварц нарастает бесцветный. Между отложением дымчатого и бесцветного кварца был перерыв, на что указывает резкая, отчетливая граница между ними. На некоторых образцах оболочка из бесцветного кварца может быть снята без нарушения грани дымчатого кварца, на который она нарастает. В бесцветном кварце бывают включены мельчайшие листочки слюды и кристаллы турмалина, выделение которых, очевидно, предшествовало отложению бесцветного кварца.

Так как все кристаллы дымчатого кварца с зонарной окраской непрозрачны, то для детального изучения включений были приготовлены пластинки, проходящие через центр кристалла и ориентированные параллельно к его вертикальной оси.

Строение кристалла (обр. № 1ф) изображено на рис. 3. В этом кристалле центральная часть сложена серовато-молочным кварцем, затем идет зона дымчатого кварца, окраска которого усиливается на границе с бесцветным, и сверху расположена узенькая каемка бесцветного кварца.

Наибольшее количество включений находится в серовато-молочном кварце, обилием которых вызвана его окраска.

Расположение включений в пластинке кварца, вырезанной через центр кристалла параллельно к его вертикальной оси, чрезвычайно напоминает пертитовую структуру полевых шпатов. Для пертитовой структуры характерно правильное, параллельное расположение пертитовых вростков; отдельные же вростки имеют неопределенные, расплывчатые очертания. Это является также характерным и для распределения включений в молочном кварце.

Включения в нем встречаются отдельными группами, вытянутыми в направлении, перпендикулярном к вертикальной оси кварца, и имеющими в общем неправильные расплывчатые очертания. В расположении этих групп включений по отношению друг к другу наблюдается определенная закономерность — они строго параллельны.

При сравнении строения этой пластинки со скелетными кристаллами кварца было обнаружено значительное сходство. На гранях скелетных кристаллов также наблюдается параллельное нарастание и чередование пустот. Очевидно, что и в этом случае мы имеем пример скелетного роста кристалла, когда в результате неравномерного притока питающего раствора в отдельных участках растущего кристалла образовались группы включений. Эти группы включений представляли собой единую неравновесную систему, которая, как и в случае вторичных включений, в течение жизни месторождения не оставалась стабильной, а претерпевала ряд изменений, стремясь к наиболее равновесной форме с наименьшей поверхностной энергией.

К такому взгляду на природу этих включений мы пришли к концу нашей работы, когда стали известны результаты блестящих опытов Г. Г. Леммлейна и М. О. Клия (1950—1954). В начале же работы, следуя рекомендациям Н. П. Ермакова (1950), мы предприняли попытку на основании изучения гомогенизации отдельных, наиболее правильных по форме включений определить температуру образования, а следовательно, и температуру последовательности выделения различных зон кварца.

Эта попытка с самого начала была обречена на неудачу, так как была поставлена методически неправильно.

Пластинка кварца была расщеплена на ряд мелких пластинок. В этих пластинках выбирались наиболее крупные и удобные для наблюдения включения, которые предварительно изучались под микроскопом. Затем они нагревались в микротермокамере Н. П. Ермакова до гомогенизации включений. По своему составу эти включения в большинстве случаев были двухфазовыми, в некоторых наблюдалась также твердая фаза в виде псевдогексагональных пластинок и кристаллов (фото 2 и 3). На основании растворимости и формы они были определены как бура по аналогии с кристалликами во включениях кварца из этого же месторождения, определенных при помощи микрохимических и спектральных исследований (Якубова, 1952). Очень редко наблюдались отдельные включения, содержащие жидкую углекислоту.

В результате был получен ряд температур гомогенизации включений, не дающий возможности сделать какой-нибудь вывод. Включения, относящиеся к одной и той же системе, имели разные соотношения фаз, а потому гомогенизировались при различных температурах. Так, например, были получены температуры 250, 175 и 125° для включений, относящихся к одной и той же системе, причем включение, становившееся гомогенным при 125°, содержало твердую фазу, растворявшуюся при 40°. Наблюдавшийся разброс температур и разница фазовых соотношений в соседних включениях, явно образовавшихся одновременно, были совершенно необъяснимы до опытов Г. Г. Леммлейна и М. О. Клия (1950—1954).

После этих опытов становится очевидным, что жизнь включений продолжается и после их захвата в кристалл, что это выражается не только в отложении вещества на стенках полости включений и в выделении твердой фазы, но и в том, что включения активно перестраивают форму своей полости, стремясь к равновесию. Особенно длительным этот процесс был у кварца, так как кварц продолжает выделяться в течение всего процесса минералообразования месторождения, а следовательно, в течение длительного времени сохраняется его растворимость в маточном растворе, захваченном во включениях. Пока эта растворимость существует, возможна перестройка формы полости включений.

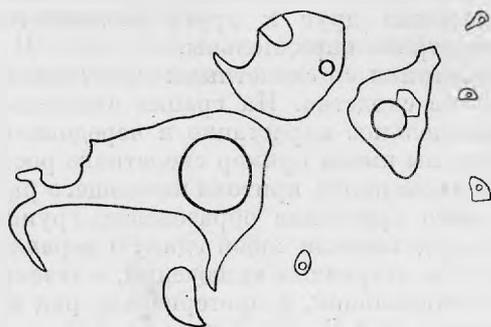


Рис. 4. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 32 ф.

имеет большой газовый пузырек, который, очевидно, был общим для обоих этих включений.

Строение кристалла дымчатого кварца (обр. № 32ф) изображено на рис. 2. Центральная часть кристалла представляет собой кварц молочно-серого цвета, который постепенно переходит в дымчатый. На дымчатый кварц нарастает бесцветный. Наибольшее количество включений встречается в зоне кварца молочносерого цвета, наименьшее — в бесцветном.

Распределение включений в этом кварце, так же как и в предыдущем, очевидно, является результатом скелетного роста.

При изучении включений прежде всего обращает на себя внимание их различный фазовый состав при явно одновременном происхождении. По своему составу это обычно двухфазовые включения, некоторые из них иногда содержат твердую фазу. Жидкая углекислота ни в одном включении не была обнаружена.

На рис. 4 изображена группа включений, расположенных в центральной части кристалла обр. № 32ф (место расположения обозначено цифрой 1 на рис. 2). Из этой группы два включения содержат твердую фазу, третье, большее включение ее не содержит и является двухфазовым, так же как и четыре мелких включения. Одно, самое нижнее, включение совсем не содержит газового пузырька; если оно и соединяется с соседним, то канал настолько тонок, что не обнаруживается под микроскопом.

Обращают на себя внимание фазовые соотношения в двух верхних включениях. Эти включения имеют почти одинаковый размер, газовые пузырьки в них должны быть также равными. Однако на самом деле газовый пузырек верхнего левого включения ненормально мал, твердая фаза почти вдвое больше, чем в правом включении. Следовательно, и температура гомогенизации этих включений будет значительно различаться. Не

возможна перестройка формы полости включений. На фото 4 представлена группа включений из зоны дымчатого кварца кристалла обр. № 1ф. На нем изображена группа включений, которые, несомненно, образовались одновременно. Очевидно, два больших включения вначале соединились посредством канала, разрыв которого произошел уже при очень низких температурах. Газовый пузырек нижнего включения изображен на фотографии в виде черной точки; при наблюдении под микроскопом его можно заметить, так как он движется. Верхнее же включение

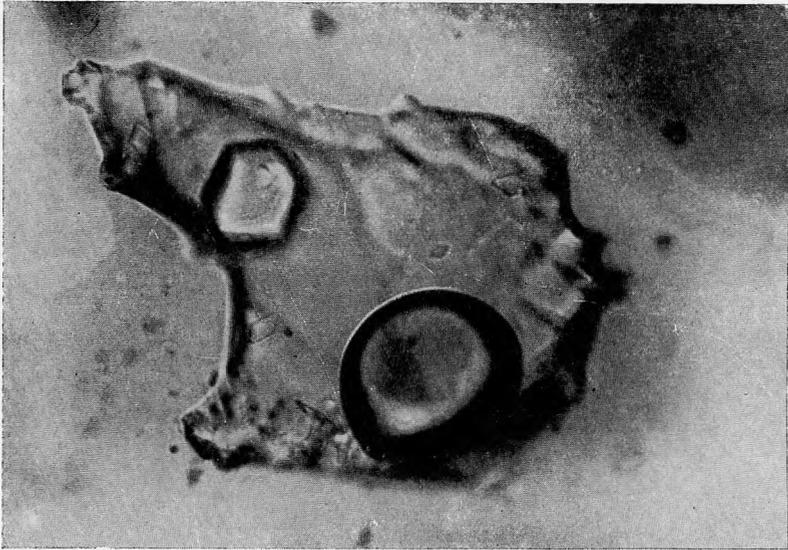


Фото 3. Твердая фаза (бура) во включении.
Кварц, обр. № 1 ф, $\times 400$.

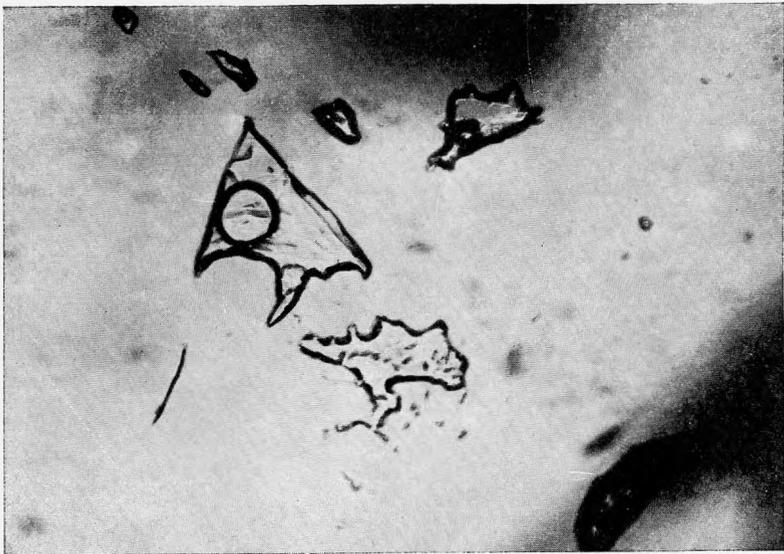


Фото 4. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.
Кварц, обр. № 1 ф, $\times 180$.

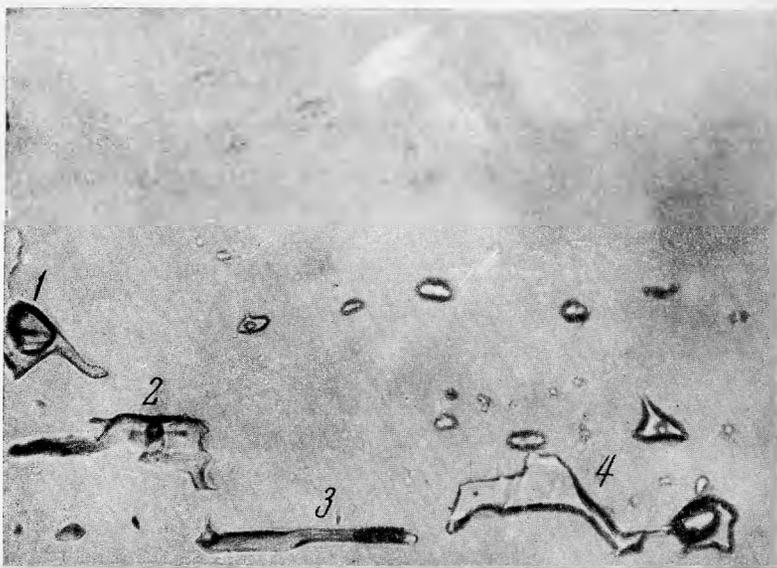


Фото 5. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 32, ф. × 335.

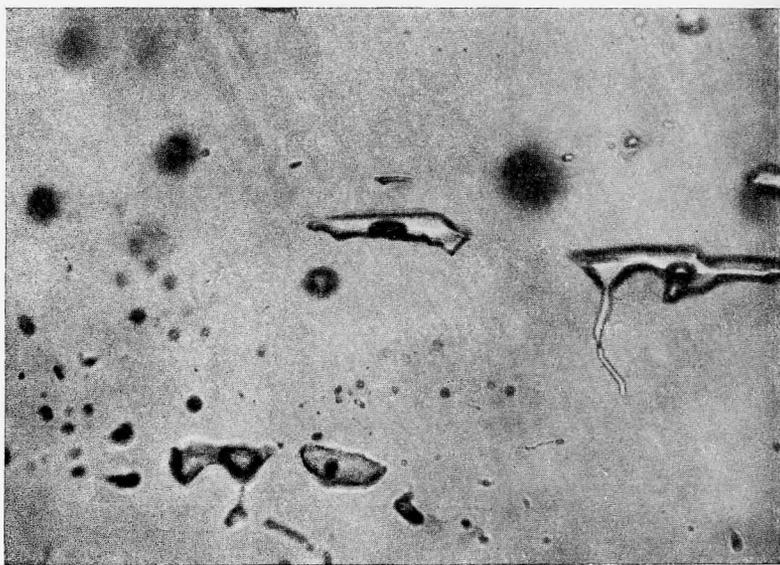


Фото 6. Группа включений, образовавшихся одновременно но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 32, ф. × 335.

вызывает никаких сомнений, что вся группа включений образовалась одновременно. Ни о каком пересечении двух разновременных систем трещин не может быть и речи. Очевидно, что большое включение и верхнее левое представляли собой одно целое и разделились уже после их захвата кристаллом. Делать выводы о температуре захвата этих включений внутрь кварца не представляется возможным. На фото 5 представлена группа включений, которые расположены также в молочном кварце кристалла обр. № 32ф. Эти включения во время захвата, очевидно, представляли

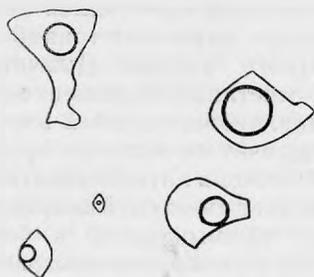


Рис. 5. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 32ф.

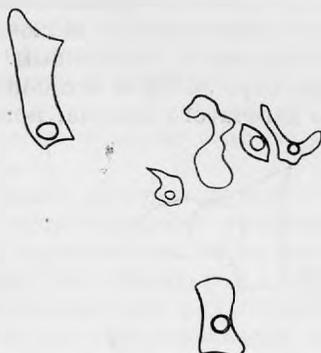


Рис. 6. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 32ф.

одно целое, как бы ветвь дендрита. Отделение включений от этого дендрита происходило разновременно, причем с совершенно произвольным распределением газовой фазы между ними. Так, например, включение 1 имеет большой газовый пузырек; включение 2, очевидно, совсем не получило газовой фазы, и газовый пузырек возник вследствие того, что процесс охлаждения минерала продолжался еще какой-то промежуток времени; включение 3 имеет газовый пузырек средних размеров; включение 4 окончательно не разделилось. Вся газовая фаза в нем сосредоточена в правой, меньшей, части включения, и если бы процессе разделения завершился, то левая часть могла совсем не иметь газового пузырька или он должен быть очень маленьким. Правое же, меньшее, включение имело бы аномально большой газовый пузырек и гомогенизировалось бы с выполнением включения газом. И в этом случае не представляется возможным говорить о температуре замыкания этих включений в кристалле. Аналогичный пример можно наблюдать на фото 6.

На рис. 5 изображены включения, имеющие форму, приближающуюся к равновесной. Фазовые соотношения, а следовательно, и температура их гомогенизации будут различны (место расположения этих включений обозначено цифрой 2 на рис. 2).

На рис. 6 изображены включения в бесцветном кварце кристалла обр. № 32ф (место, где они расположены, отмечено цифрой 3 на рис. 2). В этом случае также имеется группа включений, очевидно, образовавшихся одновременно. В одном из включений газовый пузырек совсем отсутствует, в других его размеры не пропорциональны величине включений. Если произвести гомогенизацию включений, то получится разброс температур, поэтому сделать вывод о времени их захвата внутрь кристалла не пред-

ставляется возможным. Гомогенизация этих включений не была проведена, так как обычно нагревание вызывает порчу образца, его растрескивание. Хотелось сохранить эти пластинки как документальное подтверждение сделанных выводов.

Здесь приведены примеры, которые наиболее отчетливо иллюстрируют явление. В менее отчетливой форме эту разницу в фазовых соотношениях, а следовательно, и в температурах гомогенизации включений можно наблюдать во всем кристалле кварца.

Делать какие-либо заключения о порядке выделения кварца по температуре гомогенизации включений в кристалле обр. № 32ф, очевидно, не представляется возможным.

Кварц обр. № 2ф в отличие от предыдущих кристаллов целиком состоит из дымчатого кварца, поверх которого нарастает тонкий ободок из бесцветного кварца. Дымчатый кварц

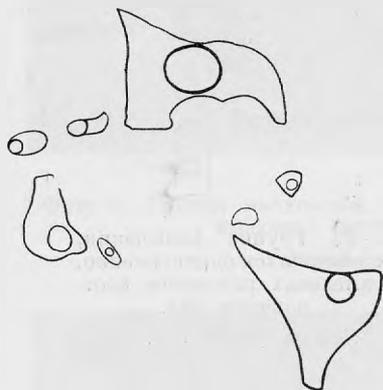


Рис. 7. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение, фаз.

Кварц, обр. № 2ф.

имеет отчетливо выраженное зонарное строение, проявляющееся в чередовании слоев дымчатого кварца с окраской различной степени интенсивности. Наиболее темный цвет имеет слой кварца, непосредственно примыкающий к бесцветному слою. Кристалл был непрозрачным, и его внутреннее строение оказалось возможным наблюдать только в пластинке. Кристалл не содержит такого количества включений, как предыдущие; в тонкой пластинке он прозрачен. В нижней части кристалла можно наблюдать как залеченные трещинки, так и плоскость первичных включений, форма которой повторяет зонарное строение кристалла. Каемка бесцветного кварца также содержит ряд включений, расположенных вдоль нее. Эти включения, несомненно, образовались одновременно с кристаллизацией кварца и поэтому являются первичными. Местами в дымчатом кварце (у вершины и у границы с бесцветным кварцем) встречаются также включения, которые не связаны с залечиванием трещинок. Первичные включения в нижней части кристалла очень мелкие, к тому же так неудачно ориентированы в пластинке, что наблюдать их не представляется возможным.

Включения в бесцветном кварце могли бы быть использованы для определения температуры его отложения, если бы не отсутствие постоянных фазовых соотношений во включениях, как и в случае кристаллов кварца обр. № 1ф и 32ф. Для иллюстрации приводим зарисовку группы включений из каемки бесцветного кварца (рис. 7).

Интересно отметить некоторую закономерность в составе включений. Первичные включения в дымчатом кварце, так же как и включения по трещинкам, являются трехфазовыми и состоят из раствора, жидкой углекислоты и газовой фазы. Включения же в бесцветном кварце и в участках дымчатого кварца на границе с ним двухфазовые, состоящие из раствора и газового пузырька.

Это указывает на то, что в течение роста кристалла обр. № 2ф произошло изменение состава среды минералообразования, выразившееся в уменьшении содержания углекислоты.

Кварц обр. № 8769 нарастает на ортоклаз-пертит, проросший ихтиоглиптами кварца необыкновенно больших размеров, вместе с пластинчатым альбитом, крупными пластинками лепидолита и черным турмалином. Все эти минералы образуют крупнозернистый агрегат, на который сверху нарастают мелкие пластинки лепидолита — лепидолитовая «кипелка», по терминологии А. Е. Ферсмана (1940). Зерна кварца вытянуты в направлении роста и имеют форму, слегка напоминающую форму ихтиоглиптов. Иногда кристаллизация кварца прекращается раньше, чем кристаллизация альбита, иногда же одновременно. В последнем случае сверху кварц бывает покрыт мелкими пластинками лепидолита. Этот кварц выделяется, по видимому, одновременно с зонарными кристаллами, описанными выше, которые обычно также нарастают на ортоклазе и являются продолжением ихтиоглиптов, которыми он прорастает.

Степень интенсивности дымчатой окраски у зерен кварца различна. Зонарная окраска в них не наблюдалась.

Этот кварц весь переполнен равномерно распределенными включениями. Доказательством их первичного происхождения является отсутствие приуроченности их к некоторым определенным ориентированным направлениям в кристалле, не связанным с его структурой и зонами роста. Последнее условие является обязательным для включений вторичного происхождения. Включения, равномерно распределенные по всему кристаллу кварца, могут быть захвачены только во время его роста и, следовательно, являются первичными.

Включения в этом кварце были главным образом трехфазовыми, состоящими из раствора, газового пузырька и твердой фазы. Твердая фаза была представлена хорошо образованными кристалликами довольно больших размеров. Форма этих кристалликов была такая же, как во включениях в кварце обр. № 1ф.

Такие же кристаллики внутри включений встречались и в других кристаллах кварца месторождения. При гомогенизации этих включений наблюдали температуру их растворения. Полное растворение твердой фазы происходило в интервале 40—50°.

Обилие включений в этом кварце дало возможность определить состав их твердой фазы.

Подробно это определение описано в вып. 4 «Трудов Минералогического музея» (Якубова, 1952). Здесь же необходимо указать, что твердая фаза включений представлена бурой. Кроме того, во включениях обнаружено содержание битуминозного вещества.

При нагревании этих включений в микротермокамере Н. П. Ермакова определили температуру их гомогенизации. Наивысшая температура была 190°, большинство же включений гомогенизировалось при температуре 175 и 150°. Наблюдалось также небольшое количество включений, которые гомогенизировались в интервале температур 110—75°.

Никакой закономерности в колебаниях температуры гомогенизации включений установить не удалось.

Кварц обр. № 8771 бесцветный, не прозрачный из-за многочисленных включений. Как и кварц обр. № 8769, описанный выше, он встречается вместе с пластинчатым альбитом, крупными пластинками лепидолита и черным турмалином, образуя крупнозернистый агрегат. Кварц не имеет правильных кристаллических ограничений. Парагенетическая ассоциация, в которой встречается этот кварц, дает возможность утверждать, что дымчатый кварц обр. № 8769 и бесцветный кварц обр. № 8771 должны были образоваться на одном и том же этапе минералообразования месторождения.

Включения в этом кварце также распределены равномерно по всему кристаллу, и, как в кварце обр. № 1ф, расположение отдельных групп включений напоминает пертитовую структуру полевых шпатов. Большинство включений являются трехфазовыми и состоят из раствора, газового пузырька и твердой фазы.

Одновременно с определением состава включений в кварце обр. № 8769 было произведено такое же определение и для данного кварца.

Состав включений оказался совершенно таким же, как и у включений в кварце обр. № 8769. Интересно отметить, что и в этом случае обнаружено содержание битуминозного вещества, несмотря на то, что у кварца не было дымчатой окраски. Определения температур гомогенизации включений в этом кварце не было произведено вследствие чрезвычайно малого размера включений.

Обр. № 46ф представляет собой графический пегматит, на который нарастают кристаллы ортоклаза, альбит-олигоклаза и дымчатого кварца.

Дымчатый кварц является продолжением ихтиоглипта и нарастает гранью призмы на полевой шпат. Из этого образца была приготовлена пластинка для изучения включений. В пластинке была обнаружена у кварца зонарная окраска. Основная часть кристалла дымчатого цвета, интенсивность которого увеличивается перед отложением бесцветного кварца. С поверхности на нем тоненькая каемка бесцветного кварца.

Включения в этом кварце были двух типов: содержавшие жидкую углекислоту и не содержавшие ее. Установить какую-либо закономерность в их распределении не удалось. Но в нем были встречены примеры, очень наглядно иллюстрирующие эволюцию включений после их захвата кристаллом.

На фото 7 представлена группа включений, расположенная в нижней части кристалла. Все эти включения двухфазовые, но соотношение фаз в них различно. Образовались они одновременно, что отчетливо видно даже на фотографии, и представляли собой единую неравновесную систему. В течение жизни кристалла, пока сохранялась растворимость кварца в растворе, заключенном в полости включения, они перестраивались, стремясь принять равновесную форму. Несомненно, что включения 1 и 2 были одним включением. Их разделение на два самостоятельных включения произошло при низких температурах, близких к температуре земной поверхности. Об этом говорит отсутствие газового пузырька во включении 2, которое выполнено целиком раствором. Включение 1 содержит аномально большой пузырек по сравнению с включением 3, близким по размеру к включению 1. Очевидно, что газовый пузырек ранее был общим для включений 1 и 2 и при их разделении достался целиком включению 1.

На фото 8 изображена группа включений в этом же кварце. Они расположены в месте перехода от дымчатого кварца к бесцветному и вытянуты цепочкой, почти перпендикулярной к полосам зонарно окрашенного кварца. При некотором допущении они могли бы трактоваться как включения, расположенные по следу ребра кварца. Независимо от их происхождения эти включения являются ярким примером одновременно образовавшихся включений, но с совершенно различным соотношением фаз. Это настолько очевидно, что не требует дополнительных пояснений. Также очевидной является полная невозможность определения температур мигералообразования по включениям такого типа.

В этом же кварце встречаются и включения, вторичный характер которых является несомненным. Они изображены на фото 9. Эти включе-



Фото 7. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 46 ф, $\times 335$.

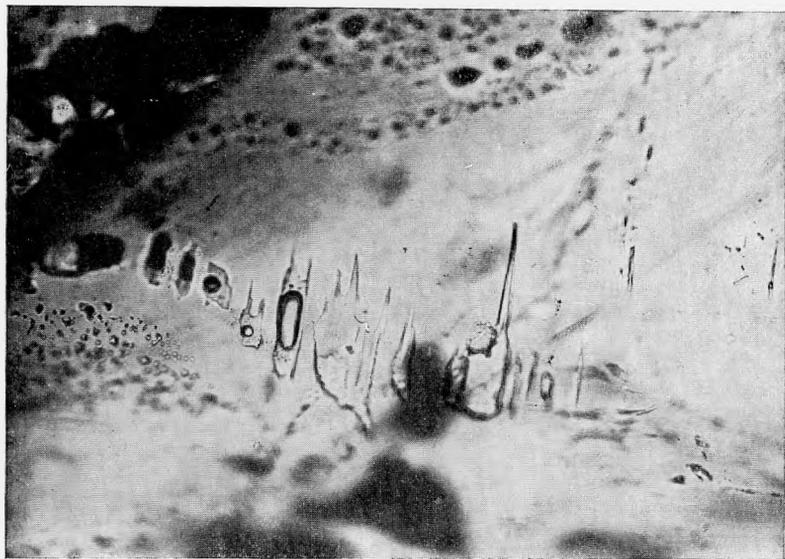


Фото 8. Группа включений, образовавшихся по следу ребра кварца, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 46 ф, $\times 335$.

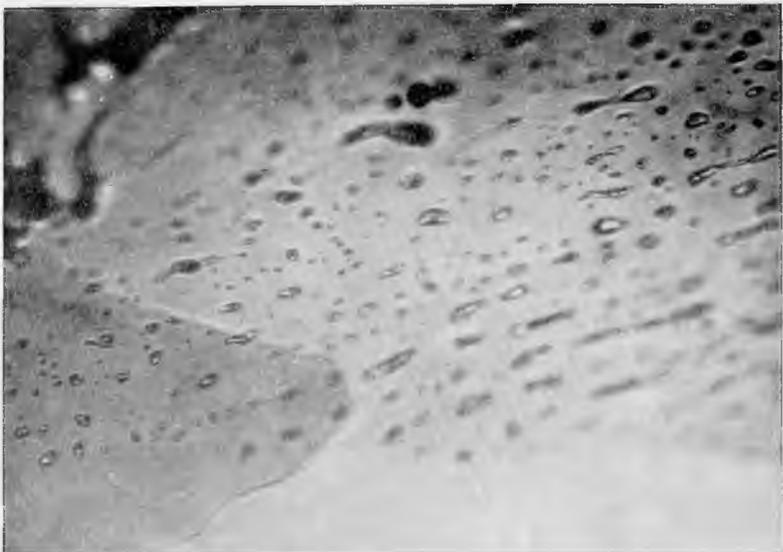


Фото 9. Вторичные включения в кварце.
Кварц, обр. № 46 ф, $\times 335$.

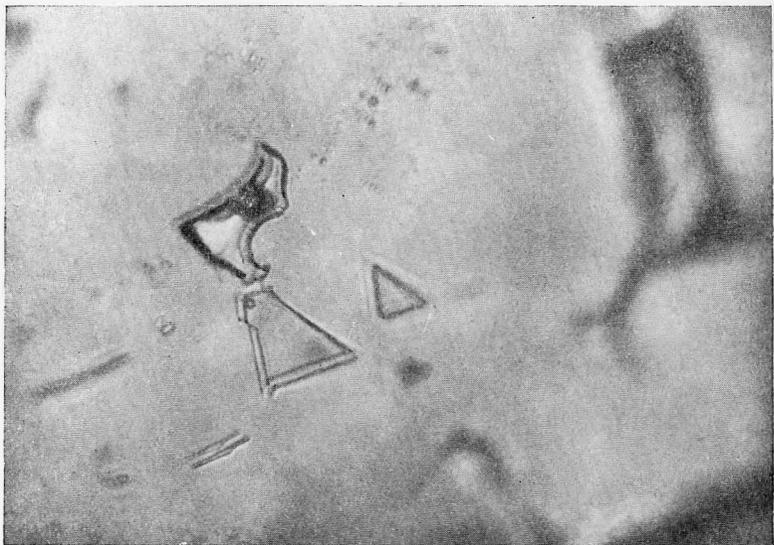


Фото 10. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.
Кварц, обр. № 41ф, $\times 335$.



Фото 11. Группа включений, образовавшихся одновременно, но имеющих различное соотношение фаз.

Кварц, обр. № 41ф. $\times 150$.



Фото 12. Включения в аметисте.

На стенках полости включений штриховка, ориентированная параллельно ребру между призмой и ромбоэдром аметиста, $\times 210$.

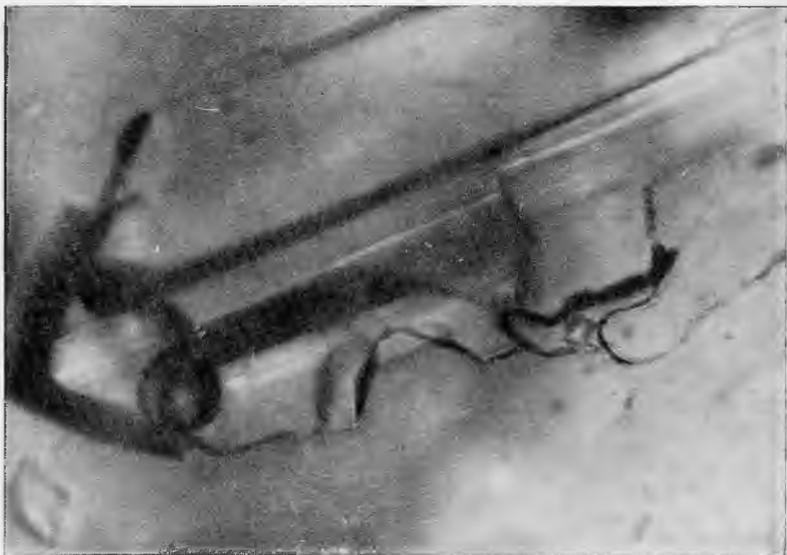


Фото 13. Включения в аметисте.

На стенках полости включения штриховна, ориентированная параллельно к ребру между призмой и ромбоэдром аметиста, $\times 400$.

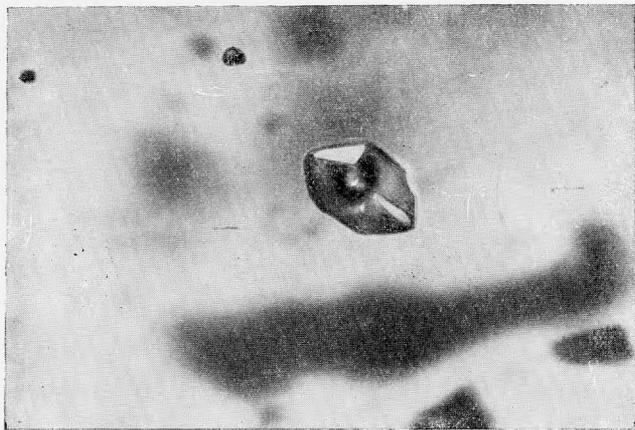


Фото. 14. Равновесная форма включения в кварце.

Кварц, обр. № 69 ф, $\times 335$.

пия по своему составу являются двухфазовыми. Среди них также встречаются включения с разными соотношениями фаз.

Обр. № 41ф представляет собой кристалл дымчатого кварца, являющийся продолжением ихтиоглиптов пегматита, и нарастает на полевом шпате. В нем также наблюдались включения, соотношение фаз в которых указывает на длительный процесс перестройки их полости.

На фото 10 изображено три включения. В одном находится большой газовый пузырек, во втором — совсем маленький. Отчетливо видно, что они раньше соединялись. В третьем включении совсем нет пузырька.

Интересный случай распределения фаз между включениями в этом же кристалле представлен на фото 11.

Включение 1 содержит довольно большой газовый пузырек, соседнее 2 совсем не содержит пузырька, а включение 3 состоит только из газообразной фазы. Включение 4, расположенное над ним, имеет три фазы: раствор, жидкую уголекислоту и газовый пузырек. Все включения образовались одновременно.

Можно было бы увеличить число примеров, доказывающих, что включения в кварце после их захвата кристаллом продолжают изменять свою форму до тех пор, пока сохраняется растворимость кристалла в маточном растворе, заключенном внутри включений.

Нам кажется, что пример такого же явления, но без всякого объяснения его причины, приведен в работе Б. И. Скиннера (Skinner, 1953); автор изучал включения в бразильском кварце, которые содержались в большом количестве внутри кристалла и были в нем равномерно распределены. Для изучения брали пластинку, вырезанную перпендикулярно к вертикальной оси кристалла. Температуру гомогенизации измеряли для всех включений, расположенных в пластинке по четырем направлениям. В результате была получена очень пестрая картина, которая не дала автору возможности установить какую-либо закономерность в изменении температур выполнения включений.

Несовершенство установки, на которой нам пришлось работать, и небольшая величина включений в кварцах месторождения не дали нам возможности произвести такое же систематическое измерение температур гомогенизации целой системы включений. Однако нам кажется, что и приведенные примеры достаточно убедительны и наглядны.

Мы сделали попытку определить температуру гомогенизации включений в 25 кристаллах дымчатого кварца месторождения. Пример такого определения нами приведен для кварца обр. 1ф. Никакой закономерности в температурах гомогенизации включений в кварце установить не удалось.

КВАРЦ ПОСЛЕДНЕЙ СТАДИИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На месторождении изредка встречались кристаллы серовато-фиолетового кварца, иногда с настоящей окраской аметиста, нарастающие на дымчатом кварце и поэтому, бесспорно, являющиеся кварцем последней генерации. Нарастание этих кристаллов происходило закономерно и своеобразно. Очень интересен в этом отношении обр. № 100ф.

Обр. № 100ф является друзой кварца, выросшей на графическом пегматите.

Дымчатый кварц этой друзы неоднороден, он покрыт с поверхности тонким слоем прозрачного кварца, что можно отчетливо наблюдать на некоторых кристаллах.

• На ромбоэдрах такого дымчатого кварца нарастают гранями же ромбоэдра мелкие кристаллы аметиста, которые имеют чрезвычайно своеобразное строение, выражающееся в оригинальной скульптуре граней.

Грани аметиста состоят как бы из отдельных слоев с неправильными границами, причем эти слои переходят на соседние, ограничивая целые плоскости. Аметист состоит как бы из отдельных слоев, нарастающих параллельно грани ромбоэдра дымчатого кварца, и является интересным примером слоистого роста кристаллов.

Аналогичный же способ нарастания кварца последней генерации на дымчатый кварц можно наблюдать на обр. № 8603.

В этом случае серовато-фиолетовый кварц нарастает на дымчатый кварц, представляющий собой параллельный сросток нескольких кристаллов.

Очевидно, что первоначально на грани ромбоэдра дымчатого кварца нарастало несколько отдельных мелких кристалликов серовато-фиолетового кварца. Эти кристаллы, как и в предыдущем случае, нарастали на грани ромбоэдра дымчатого кварца гранями же ромбоэдра, поэтому все они имели параллельную ориентировку и по мере дальнейшего роста срослись, образовав общие грани призмы. Образовался один большой двуконечный кристалл с тремя головками вверх, четырьмя вниз и одной общей призмой. За этим большим кристаллом, представляющим собой параллельный сросток, находился одиночный кристалл, нарастающий на ромбоэдр того же самого дымчатого кварца. У него не было общих граней с большим кристаллом и в месте соприкосновения с ним он был ограничен индукционными гранями.

Из этого кристалла приготовили пластинку, ориентированную параллельно вертикальной оси кристалла и проходящую через его центр.

В этой пластинке были обнаружены многочисленные довольно крупные включения своеобразной формы. Они были вытянуты перпендикулярно к вертикальной оси кристалла и ориентированы параллельно друг другу, а также к ребру между призмой и ромбоэдром кристалла, в котором были заключены. На стенках полости крупных включений была штриховка, направление которой совпадало с направлением штриховки на призме самого кристалла (фото 12 и 13).

Форма этих включений очень похожа на форму пустот, которые можно наблюдать на скелетных кристаллах кварца. Их параллельная ориентировка также повторяет расположение пустот на гранях призмы скелетных кристаллов кварца. Очевидно, что эти включения являются первичными и образовались в результате роста аметиста.

По своему составу это двухфазовые включения с относительно маленьким газовым пузырьком. Включений с углекислотой среди них не было обнаружено. Если сопоставить этот факт с тем, что и в бесцветном кварце, который отлагался на дымчатом, содержащем включения с жидкой углекислотой, углекислота во включениях не была обнаружена (см. описание кристалла обр. № 2ф), то становится очевидным, что маточный раствор на последних этапах минералообразования месторождения не содержал или содержал незначительное количество углекислоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении включений в кварце Мурзинского месторождения было установлено, что выводы, полученные при изучении вторичных включений в искусственно выращенных кристаллах (опыты Г. Г. Леммлейна и М. О. Клия, 1950—1954), могут быть целиком перенесены на минералы, образовавшиеся в земной коре. Было установлено, что это относится не

только ко вторичным включениям, образовавшимся при залечивании трещин в кристаллах, но и к первичным включениям, образовавшимся в результате дефектного роста кристалла.

Обычно в местах нарушенного питания кристалла независимо от причин, его вызывающих, возникает не одно включение, а группа включений. Эта группа включений представляет собой единую неравновесную систему, которая после захвата внутрь кристалла продолжает активно перестраиваться, стремясь достичь наибольшего равновесия между включением и кристаллом, в котором оно заключено. Наиболее равновесной формой включения независимо от его характера является отрицательный кристалл с гранями, для которых характерно наименьшее количество свободной поверхностной энергии (на фото 14 равновесная форма включения в кварце). Степень равновесности включений в минералах определяется прежде всего продолжительностью активной жизни включения, которая зависит от растворимости вещества минерала в среде, захваченной внутрь полости включения.

В процессе перестройки первичных включений, как и при залечивании трещин в кристаллах, может произойти нарушение фазовых соотношений во включениях. В результате при нагревании включений температура их гомогенизации будет различной. Это является очень серьезным ограничением метода определения температур минералообразования гомогенизаций включений в минералах.

Изучение включений в кварце показало, что их состав не одинаков. Имеются трехфазовые включения, содержащие жидкую углекислоту, трехфазовые включения без углекислоты, но содержащие твердую фазу, определенную нами как бура (Якубова, 1952), и двухфазовые, состоящие из раствора и газового пузырька. В одном и том же кристалле кварца обычно встречаются трехфазовые включения только одного типа (содержащие жидкую углекислоту или твердую фазу). Наряду с трехфазовыми включениями всегда встречаются двухфазовые. Фазовый состав и соотношение фаз во включениях различны даже для одной и той же системы включений. Чрезвычайно редко можно наблюдать вместе трехфазовые включения обоих типов.

Включения в бесцветном кварце, нарастающем на дымчатый кварц, в виде тоненькой каемки и включения в аметистах обычно двухфазовые. Эти факты указывают, что состав минералообразующей среды не был одинаков в пределах как самого месторождения, так и в течение всего процесса минералообразования.

Было установлено, что существует определенная связь между составом включений в минералах и особенностями парагенетических ассоциаций месторождения. Для месторождения можно выделить две основные парагенетические ассоциации: 1) дымчатый кварц, ортоклаз, голубой топаз, альбит и лепидолит; 2) дымчатый кварц, ортоклаз, альбит, олигоклаз, бесцветный топаз и жильбертит.

Только со второй ассоциацией встречаются псевдоморфозы жильбертита по кордиериту. Турмалин и берилл встречаются в обеих ассоциациях.

Для включений в минералах, которые встречаются в первой ассоциации, характерно содержание В, образующего минерал твердой фазы — буру. Для минералов второй ассоциации характерно содержание жидкой углекислоты.

Наиболее отчетливо влияние микропримесей можно наблюдать на топазах (Якубова, 1952). Голубые топазы типа I, по классификации А. Е. Ферсмана, к которым мы относим как топазы «квадратные», так и голубые топазы с сильно развитой дбмой, содержат включения с твердой

фазой, определенной нами как бура. Бесцветные топазы — «гексагональные» — содержат включения с жидкой уголекислотой. Голубые и бесцветные топазы вместе ни на одном образце месторождения не обнаружены. Порядок их выделения относительно минералов, с которыми они встречаются (кварц и полевой шпат), один и тот же, и, очевидно, для них характерно пространственное разобщение, приуроченность к разным участкам месторождения, а не разница в температурах выделения, как это считал А. Е. Ферсман (1940).

Нахождение уголекислоты во включениях в минералах только определенной парагенетической ассоциации, а следовательно, только в определенных участках месторождения, дает основание считать, что уголекислота не является первичным компонентом среды минералообразования месторождения. Она, очевидно, привнесена из вмещающих пород.

Если обратиться к описанию месторождения (Ферсман, 1925; Карножицкий, 1895 и др.), то обращает на себя внимание указание на выходы мраморов и доломитов в районе месторождения, а также своеобразных пегматитов д. Маслянки и Луговой, образовавшихся на контакте с змеевиками.

Первое указание на выходы доломитов встречается у А. Н. Карножицкого (1895) при описании месторождения Старцева гора, который в выработке наблюдал контакт пегматита со скрытокристаллическим розовато-серым доломитом, прикрывающим в наклонном положении ниже лежащий пегматит. Указание на наличие каких-либо минералов, образовавшихся на этом контакте, отсутствует; оно также отсутствует и у А. Е. Ферсмана (1925), который подтверждает нахождение доломита в этой выработке. А. Е. Ферсман (1925) описывает выходы известняков по течению р. Алабашки, напротив деревни, с образованием на их контактах диоксида, а также ломку мрамора в 200 м от Н. Алабашки, на правом берегу реки, в которой на контакте с жилой гранита наблюдается диоксидовая оторочка с гранатом, флогопитом, актинолитом и сфеном.

Содержание уголекислоты во включениях в минералах, наблюдаемое только для определенных парагенетических ассоциаций, а следовательно, и для определенных участков месторождения, обусловлено, очевидно, выходами карбонатных пород в районе месторождения. Отсутствие среди минералов месторождения типичных минералов, указывающих на процесс ассимиляции карбонатных пород, заставляет предполагать, что здесь наблюдается только косвенное отражение процесса метасоматоза в районе месторождения.

На масштаб этого процесса указывает нахождение в районе Мурзинки своеобразных горных пород плагиоклазитов, содержащих наряду с плагиоклазом кордиерит и ильменит, а также пегматит окрестностей д. Маслянки, встречающийся в сильно измененном змеевике и состоящий из шлагиоклаза, зеленой слюды, перла и синего кордиерита.

По описанию А. Е. Ферсмана (1925), посетившего месторождение во время вскрышных работ на жиле Мокруше в 1922 г., на северном конце жилы встречались крупные темные кристаллы кварца, голубые топазы, турмалин и слюда. Для южного же конца было характерно наличие псевдоморфоз по кордиериту. Это подтверждает наше предположение о пространственном обособлении парагенетических ассоциаций месторождения и дает основание предполагать, что привнос уголекислоты и некоторых других компонентов (Mg в кордиерите, Ca в олигоклазах) объясняется наличием в районе месторождения тектонических разломов, по которым могли перемешаться газы и растворы от участков, подвергшихся процессу метасоматоза.

Во всяком случае отсутствие образцов, на которых одновременно можно было бы наблюдать голубые и бесцветные топазы, занимающие относительно других минералов месторождения одинаковое положение, указывает скорее на их территориальную обособленность в пределах месторождения, а не на последовательность выделения — голубой топаз, затем бесцветный, как это указывает А. Е. Ферсман.

Изучение состава включений в минералах месторождения, хотя и сделанное только качественно, дало некоторые интересные результаты. Оно показало, что в природе, очевидно, не существует месторождений «чистой линии», что окружающие месторождение породы обязательно оказывают влияние на состав минералообразующей среды.

Среда минералообразования не является однородной даже на небольшом месторождении, даже в пределах одной жилы. Это находит отражение в различии минеральных ассоциаций месторождения.

Фактами, подтверждающими это положение, являются как полевые наблюдения (в нашем случае, например, указания на то, что берилл и топаз не встречаются вместе, что псевдоморфозы по кордиериту приурочены к определенному участку жилы и не встречаются вместе с голубым топазом и т. д.), так и состав включений в минералах.

При изучении включений в кварце было обнаружено, что содержание углекислоты наблюдается только для включений в дымчатом кварце. В бесцветном кварце, обрастающем дымчатый кварц, и в аметисте, нарастающем на него, углекислоты не было обнаружено.

Это является очень любопытным фактом тем более, что впервые углекислота была определена во включениях А. П. Карпинским (1880) именно в аметистах из окрестностей Липовки.

Это можно объяснить только тем, что до кристаллизации бесцветного кварца и аметиста в результате тектонических нарушений в районе месторождения произошло удаление летучих компонентов, а следовательно, спад давления перед переходом процесса в гидротермальную фазу.

Подтверждением того, что на границе между надкритической и гидротермальной фазами в районе месторождения происходили тектонические движения, являются обломанные со стенок пустот кристаллы и целые друзы минералов. Они обычно лежат внутри пустот — «занорышей» месторождения и носят явные следы залечивания.

Отдельные кристаллы кварца обычно дорастают в форме многоглавого роста. Друзы минералов, нарастающие на стенки пустот в виде желваков и откалывающиеся обычно с обратной стороны, сложены графическим пегматитом, кварц ихтиоглиптов которого дорастает мелкими кристалликами бесцветного кварца.

Таким образом, изучение включений в кварце и топазе Мурзинского месторождения показало, что непосредственное определение температур образования месторождения путем гомогенизации включений в минералах едва ли возможно, но при этом можно получить ряд интересных данных, уточняющих наши представления о процессе минералообразования.

ЛИТЕРАТУРА

- Н. П. Ермаков. Исследование минералообразующих растворов. Харьк. гос. ун-т, 1950.
- А. П. Карпинский. О нахождении в минеральных веществах включений жидкого угольного ангидрида. Горный журнал, т. II, № 4—5, 1880.
- А. Н. Карножицкий. Евгений-Максимилиановские минеральные копи и некоторые другие. ЗМО, ч. 34, вып. 1, 1895.
- G. S. Kennedy. A Portion of the System Silica-Water. Econ. Geol., v. 45, № 7—8, 1950.

- М. О. К л и я. Некоторые вопросы образования жидких включений в кристаллах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геол.-минерал. наук, М., 1952.
- Г. Г. Л е м м л е й н. Соответствует ли наблюдаемый современный объем включения первоначальному. Докл. АН СССР, т. LXXII, № 4, 1950.
- Г. Г. Л е м м л е й н. Процесс залечивания трещины в кристалле и преобразование формы полостей вторичных жидких включений. Докл. АН СССР, т. LXXXVII, № 4, 1951.
- Г. Г. Л е м м л е й н. Перемещение жидкого включения в кристалле в направлении к источнику тепла. Докл. АН СССР, т. LXXXV, № 2, 1952.
- Г. Г. Л е м м л е й н и М. О. К л и я. Новые данные об отложении вещества кристалла на стенках полости жидкого включения. Докл. АН СССР, т. LXXXII, № 5, 1952.
- Г. Г. Л е м м л е й н и М. О. К л и я. Особенности залечивания трещины в кристалле в режиме снижающейся температуры. Докл. АН СССР, т. LXXXVII, № 6, 1952.
- Г. Г. Л е м м л е й н. К теории залечивания трещин в кристалле и о равновесной форме отрицательного кристалла. Докл. АН СССР, т. LXXXIX, № 2, 1953.
- Г. Г. Л е м м л е й н и М. О. К л и я. Изменение жидких включений под влиянием временного перегрева кристалла. Докл. АН СССР, т. XCIV, № 2, 1954.
- В. J. S k i n n e r. Some Consideration Regarding Liquid Inclusions as Geologic Thermometers. Econ. Geol., v. 48, № 7, 1953.
- А. Е. Ф е р с м а н. Драгоценные и цветные камни России. Комиссия по изуч. сст.-произв. сил России, Росс. Академия наук, т. II, 1925.
- А. Е. Ф е р с м а н. Пегматиты, т. I, изд. 3, АН СССР, 1940.
- Н. И. Х и т а р о в. Экспериментальная характеристика устойчивости кварца и миграция кремнезема в гидротермальных условиях. Тр. 4 Совещания по эксперимент. минералогии и петрографии, II, 1953.
- Н. Н. Ш е ф т а л ь. Доклад на Всесоюзном минералогическом совещании. В ст. Г. С. Грицаенко «Совещание по минер. и геохимии». ЗМО, т. LXXXIII, № 3, 1954.
- В. В. Я к у б о в а. Опыт изучения включений в минералах пегматитов Мурзинки (Урал). Труды Минерал. музея АН СССР, вып. 4, 1952.