

МИНЕРАЛОГИЯ

С. А. ЧАИКОВСКИЙ

ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕГРЕВА ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 28 XI 1950)

Ряд работ последнего времени (¹⁻³) и др.) по исследованию жидких включений в минералах показал огромное значение этого метода для установления генезиса минералов. Температура гомогенизации включений служит относительной мерой, позволяющей сравнивать условия образования различных минералов и выделять из них низко-, средне- и высокотемпературные образования.

Температурой гомогенизации считается температура, при которой двух- или многофазовое включение при нагревании становится однофазовым, т. е. гомогенным. Многочисленные опыты по нагреванию жидких включений в кварцах Волыни показали, что однофазовыми эти включения продолжают оставаться и при значительном их перегреве. Для жидких включений в волынских кварцах температура таких перегревов колеблется в пределах от нескольких десятков градусов до 180 и даже 200°, затем при охлаждении газовая фаза восстанавливается в том же объеме, т. е. включение возвращается к исходному состоянию.

Приведем пример исключительно высокого перегрева жидких включений. Исследованию был подвергнут небольшой обломок кристалла серого высокотемпературного кварца, пронизанного многочисленными залеченными трещинами, расположенными в различных направлениях. Обломок имеет размеры 0,8 × 0,8 × 0,2 см. В этом образце имеются включения с различными относительными размерами газовых пузырьков. Наблюдения за всеми отмеченными на фотографии включениями производились при нагревании одновременно.

Микроскопическое изучение включений данного образца показало, что все они относятся к числу вторичных, т. е. образовавшихся после формирования кристалла, при залечивании образовавшихся в нем трещин.

Общий вид и взаимное расположение включений показаны на рис. 1 (см. вклейку). Исследованные включения, обозначенные цифрами 1, 2, 2 и 3, относятся к трем различным залеченным трещинам. Включение 1 заполнено жидкостью, в которой имеется маленький газовый пузырек. При нагревании пузырек этого включения, по показаниям термопары, исчезает при 185° и появляется при охлаждении при температуре 175°. Истинную температуру гомогенизации этого включения можно приравнять средней, т. е. 180°. Такой метод подсчета температуры гомогенизации исключает погрешности за счет одновременного нагревания спая термопары и самого включения в микротермокамере.

При температуре 180° газовые пузырьки в остальных включениях еще остаются, хотя их размеры заметно сокращаются. При дальнейшем нагревании образца до температуры 280° наступает гомогенизация во

включениях 2, 2, относящихся к одной залеченной трещине (см. рис. 2); таким образом, первое включение оказалось перегретым на 100° выше температуры его гомогенизации без разрушения образца. Затем образец был охлажден до исходной, комнатной температуры; газовые пузырьки во всех включениях, которые достигли гомогенизации, восстановились в том же объеме.

Последующее нагревание производилось до температуры гомогенизации включения 3, что происходило при температуре 360° . Включение 3, несмотря на большой относительный диаметр газового пузырька, гомогенизировалось как обычно — в процессе нагревания газовый пузырек постепенно сокращался и, наконец, при 360° исчез. После последующего охлаждения образца газовая фаза восстановилась во всех включениях в первоначальном объеме.

Следовательно, во время нагревания образца до температуры 360° включение 1 находилось в перегретом состоянии на 180° выше температуры гомогенизации и, несмотря на это, не было разрушено. Включения 2 и 2 испытывали перегрев на 80° .

Нет необходимости описывать все примеры подобных перегревов жидких включений; они аналогичны приведенному, за исключением лишь того, что одни включения допускают значительные перегревы, другие трескаются при небольших перегревах.

Было сделано около ста подобных перегревов жидких включений в кварцах, причем нагрев, как правило, продолжался до разрушения включений. Во время этих опытов отмечено, что перегрев допускают также и включения с жидкой углекислотой, которые могут быть перегреты на 10° и в некоторых случаях даже на 100° .

Чем меньше размеры жидкого включения, тем при прочих равных условиях выше допустимый перегрев жидкости, находящейся во включении. Допустимым можно считать такой перегрев, после которого при охлаждении во включении восстанавливаются все фазы в их первоначальном соотношении. На величину перегрева влияют также толщина пластины (образца), форма включения, расположение включения в теле образца, состав включенного вещества, скорость нагрева и т. д.

Эти факты должны быть учтены при разработке теории определения вероятных температур минералообразования методом взрывания включений при нагревании, так как очевидно, что главная масса жидких включений допускает перегревы.

Однако было бы неправильно утверждать, что вещество включения, будучи перегретым намного выше температуры гомогенизации этого включения, обязательно представляет собой жидкость, особенно в области надкритических температур воды и водных растворов. Но, что вещество это однородное и, что в таком состоянии оно могло быть «запечатано» во время образования включения, не может быть сомнений.

Вполне вероятно, что температуры допускаемых перегревов жидких включений могли бы быть значительно более высокими, если бы образец, заключающий жидкие включения, во время нагревания подвергался гидростатическому давлению, отвечающему в какой-то мере давлению среды, в которой происходило минералообразование. В лабораторных условиях такое давление при указанных опытах создать пока трудно.

Высокие температуры перегревов жидких включений в минералах указывают на то, что действительные температуры среды во время минералообразования не могут быть определены до тех пор, пока не будут учитываться факторы давления, концентрации и состава включенной жидкости и газа. В настоящее время делаются попытки при температурных определениях ввести поправку на давление среды, но, к сожалению, последнее определяется лишь на основании геологических соображений о глубине минералообразования.



Рис. 1. Общий вид и расположение включений в кварце при комнатной температуре. Снято в проходящем свете. $\times 100$

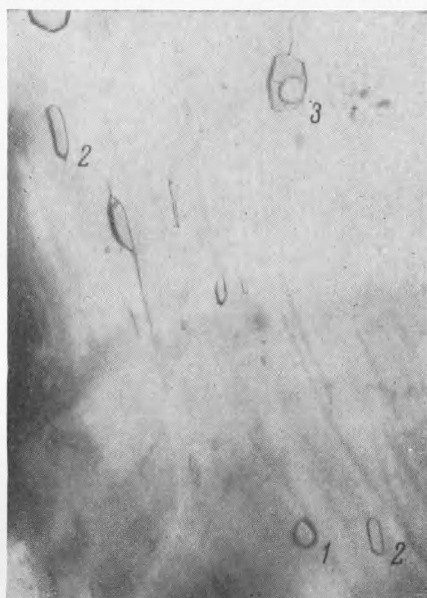


Рис. 2. Образец нагрет до температуры 280°. Газовые пузырьки исчезли во включениях 1, 2, 2. $\times 100$

Некоторые исследователи (^{1, 2}) используют наличие жидких включений в минералах как критерий для отнесения их к числу гидротермальных образований. Такой вывод иногда может быть ошибочным, так как температуры перегрева включений заходят далеко в область пневматолитических образований, вплоть до области магматических процессов. Если учесть возможность существования расплава при температурах ниже 600°, то можно прийти к выводу о том, что температурные интервалы этапов минералообразования в генетических процессах не имеют резких границ, а накладываются один на другой. Отсюда становится ясным, что, зная одну только температуру среды минералообразования, не говоря уже о температуре гомогенизации включений, еще нельзя с уверенностью относить данный минерал к тому или иному этапу генетического процесса.

Не приходится сомневаться, что путь минералотермометрических исследований является правильным, однако делать с помощью этого метода окончательные выводы о генезисе минералов пока преждевременно. Необходимо подробное изучение химического состава жидких и газовых включений.

О температуре среды минералообразования можно судить только по всему комплексу данных (температура гомогенизации, давление, состав включения и т. д.), тесно связанных друг с другом. Возможность же значительно перегревать жидкие включения (не говоря уже о газовых, допускающих очень высокие перегревы) указывает на то, что судить о температурах среды минералообразования только по температурам гомогенизации включений пока еще рискованно.

Киевский государственный университет
им. Т. Г. Шевченко

Поступило
4 XI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. П. Ермаков, Мин. сборн. Львов. геол. о-ва, № 2 (1948). ² Н. П. Ермаков, там же, № 3 (1949). ³ Г. Г. Леммлейн, ДАН, 72, № 4 (1950).