

МИНЕРАЛОГИЯ

К. К. ЖИРОВ

О ПЕРЕХОДЕ ЦИРКОНА В МЕТАМИКТНОЕ СОСТОЯНИЕ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 4 VI 1952)

Переход некоторых минералов в метамиктное состояние обычно связывают с разрушающим действием α -частиц. Эта точка зрения была выдвинута Мюгге (1), а в отношении циркона в последнее время поддержана Е. Е. Костылевой (2) и Морганом и Ауэром (4). Основанием для подобного заключения служит известный параллелизм между содержанием радиоэлементов в цирконе и степенью нарушенности его решетки. Прямые доказательства перехода циркона в метамиктное состояние под влиянием α -частиц неизвестны. Опыт Штакельберга и Роттенбаха (3) не дает основания делать какие-либо определенные заключения, так как он не сопровождался оптическим и рентгенометрическим изучением облучавшегося α -частицами циркона.

Наряду с этим имеются данные, указывающие на возможность разрушения решетки циркона вне всякой связи с радиоактивными излучениями.

По данным Жорж и Ламбер (5), а также Стотта и Хайлярда (6) нагревание циркона при 1650—1750°, т. е. ниже температуры плавления, приводит к разрушению его решетки и частичной диссоциации на ZrO_2 и SiO_2 . Нагревание циркона с небольшими количествами MgF_2 и BaF_2 вызывает разрушение решетки уже при температуре около 1500°. Следовательно, при воздействии химически активных веществ разрушение решетки может наступать и при более низкой температуре.

Наблюдения, сделанные нами над акцессорными цирконами при микроскопическом изучении некоторых гранитов аляскинского типа, не подтверждают гипотезу перехода циркона в метамиктное состояние под влиянием α -излучения. Ниже приводятся результаты наблюдения и выводы, которые могут быть на этом основании сделаны.

Характерной особенностью большинства излучавшихся гранитов аляскинского типа, широко распространенных в Центральном Казахстане*, является интенсивное проявление метасоматических процессов. Устанавливается интенсивный натриевый, а в некоторых случаях менее ясно выраженный, более ранний калиевый метасоматоз.

Натриевый метасоматоз (альбитизация) в ряде случаев сопровождается появлением обильного флюорита. При этом интенсивно разлагаются ранее выделившиеся минералы, происходит хлоритизация и мусковитизация биотита, серицитизация плагиоклаза, пертитизация микроклина, вплоть до его полного замещения альбитом. Одновременно во вкрапленниках кварца появляются очень мелкие жидкие включения,

* Согласно Н. Г. Кассину (7) эти граниты являются пермскими. Пермскими их называет и Е. В. Шевченко (8). Это представление необходимо пересмотреть, так как определение возраста гелиевым методом массива Акчатау, произведенное Л. В. Комлевым, Э. К. Герлингом и К. К. Жировым, дает цифру около $300 \cdot 10^6$ лет. Цифра в $75 \cdot 10^6$ лет, приводимая В. Г. Хлопиным (9), вероятно, помещена ошибочно.

располагающиеся преимущественно по залеченным трещинкам. При увеличении больше 1000 раз во многих жидких включениях виден газовый пузырек, находящийся в броуновском движении. Таким образом, непосредственно устанавливается существенная роль воды в процессе альбитизации породы.

Циркон в виде призматических и более мелких дипирамидальных кристалликов встречается включенным практически во всех минералах гранитов, но чаще всего в биотите, с образованием интенсивных плеохроических ореолов. Разъедается альбитом и флюоритом, причем нередко замещается ими полностью. При этом во многих случаях наблюдается весьма характерное изменение циркона, в ряде случаев сопровождаемое появлением вокруг минерала темного ореола бурых изотропных продуктов. Изменения наблюдались и у кристаллов, не несущих заметных следов разъедания, но находящихся в контакте с альбитом или флюоритом.

Изменение циркона заключается в появлении расплывчатых и точечных темных включений, его помутнении и появлении ряда оптических аномалий: понижение интерференционной окраски до желтых и серых тонов, ее неравномерность, пятнистость; неравномерное и неполное погасание минерала, часто по секторам; появление отдельных неправильной формы участков, иногда в центральных частях кристалликов, с пониженной интерференционной окраской вплоть до полностью изотропных. Наблюдалось понижение окраски только по периферии с сохранением нормальной высокой в центральной части. Были встречены и такие случаи, когда центральная часть кристаллика была изотропна, а периферия имела серо-желтую окраску. Возможно, что это является вторичной анизотропией, вызываемой достаточно интенсивным изменением материала.

Описанные изменения свидетельствуют о частичном или полном переходе циркона в метамиктное состояние.

Чем лучше законсервирован циркон от воздействия более поздних растворов, тем менее он изменен или совсем неизменен. Очень показателен в этом отношении один из наблюдавшихся кристалликов, половина которого, законсервированная в неизменном биотите, остается свежей, а другая, разъеденная вместе с биотитом, изотропизирована. При сравнении кристалликов, включенных в неизменном биотите, рудном или кварце, с таковыми в альбите, флюорите или микроклин-пертите замечается большая или полная неизменность и свежесть первых по сравнению со вторыми. Не остается сомнения, что переход акцессорных цирконов в описываемом случае обусловлен воздействием более поздних растворов, а не присутствием в составе циркона больших или меньших количеств радиоэлементов.

Имеющиеся в работах Лакруа (10) и А. О. Розенцвита (11) описания цирконов говорят в пользу того, что их переход в метамиктное состояние также связан с воздействием более позднего процесса, хотя авторы такого вывода и не делают.

Возможность перехода минералов в метамиктное состояние в результате воздействия более позднего геологического процесса в литературе после работы Бреггера (12) не обсуждалась. Такая возможность не привлекала внимания исследователей, сосредоточенного на особенностях структуры и состава метамиктных минералов. Бреггер считал, что переход в метамиктное состояние связан с гидратацией минералов.

Приведенные наблюдения позволяют предполагать, что в большинстве случаев, когда указывается на метамиктное состояние минерала, его переход в это состояние обязан воздействию более позднего геологического процесса. Это тем более вероятно, что почти всегда, когда дается достаточно подробное описание геологического положения мине-

рала, более поздний процесс в виде альбитизации, флюоритизации, карбонатизации, серицитизации и т. д. отмечается.

Согласно предлагаемой точке зрения, переход минерала в метамиктное состояние происходит в результате активного физико-химического воздействия окружающей среды и представляет наиболее раннюю или одну из наиболее ранних стадий изменения минерала вообще. Попытку разделять процесс общего изменения минерала от его перехода в метамиктное состояние нельзя считать методологически правильной. Например, Саркар⁽¹³⁾ метамиктное превращение считает процессом чисто физическим, а изменение минерала — чисто химическим и не зависящим от первого.

Не имея возможности остановиться на взглядах других исследователей по данному вопросу⁽¹⁴⁻²⁰⁾, ограничимся изложением некоторых общих соображений.

Переход минерала в метамиктное состояние в результате процессов, идущих изолированно только в самом минерале, как следствие особенностей его состава и строения, можно предполагать возможным для содержащих значительные количества радиоэлементов и первичную конституционную воду. В остальных случаях необходимо четко разграничивать два обстоятельства: потенциальную возможность перехода, обусловленную составом и строением минерала, и непосредственную причину, вызывающую этот переход. Такой причиной должен явиться более поздний и относительно кратковременный процесс, например гидротермальный. Роль радиоактивного распада при этом, вероятно, очень невелика или практически несущественна. Возможно, что роль радиоактивного распада при переходе в метамиктное состояние может быть определяющей тогда, когда он связан с постепенным поступлением воды, подвергающейся разложению в сильно активных минералах. При этом происходит радиохимическое изменение минерала, при котором, надо полагать, ведущую роль играет окисление. О переходе в метамиктное состояние, как о сложном процессе радиохимического изменения, в свое время уже писал В. И. Вернадский⁽²¹⁾.

В связи с приведенными фактами и соображениями допустимо, что большая радиоактивность измененных, метамиктных цирконов по сравнению с неметамиктными, отмечавшаяся уже давно⁽²²⁾, объясняется обогащением циркона радиоэлементами в процессе его изменения, т. е. может быть явлением вторичным, а не всегда обязательно первичным.

В заключение автор выражает свою благодарность чл.-корр. АН СССР И. Е. Старику за сделанные при написании настоящей статьи критические замечания.

Поступило
20 V 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ O. Mügge, *Cent. Miner.*, **24**, 721 (1922). ² Е. Е. Костылева, *Сборн. Вопросы минералогии, геохимии и петрографии*, 1946. ³ M. Stackelberg u. E. Rottenbach, *Z. Krist.*, **102**, 207 (1940). ⁴ J. Morgan and M. Auer, *Am. J. Sc.*, **239**, 305 (1941). ⁵ H. Georg et R. Lambert, *C. R.*, **204**, 9, 688 (1937). ⁶ V. Stott and A. Hilliard, *Min. Mag.*, **27**, 193, 198 (1946). ⁷ Н. Г. Кассин, *Сборн. Советская геология за 30 лет*, **70**, 1947. ⁸ Е. В. Шевченко, *Структурные и петрографические особенности некоторых пермских плутонов Ц. Казахстана*, 1951. ⁹ В. Г. Хлопин, *ДАН*, **69**, № 6 (1949). ¹⁰ A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, **1**, 1922. ¹¹ А. О. Розенцвит, *Зап. Всес. мин. об-ва*, (2), **66**, в. 4, 695 (1937). ¹² W. Brögger, *Z. Krist.*, **16**, 101 (1890). ¹³ T. Sarcar, *Proc. Indian Ac. Sc.*, **14**, 3, 245 (1941). ¹⁴ L. Vegard, *Phil. Mag.*, **7**, 4, 511 (1927). ¹⁵ В. Гольдшмидт, *Основные идеи геохимии*, в. 1, 57, 1933. ¹⁶ A. Holmes, *Bull. Nat. Res. Count.*, **80** (1934). ¹⁷ А. Е. Ферсман, *Пегматиты*, 1940. ¹⁸ F. Machatschki, *Zbl. Min.*, **A**, 2, 38 (1941). ¹⁹ A. Faessler, *Z. Krist.*, **104**, 81 (1942). ²⁰ O. Hutton, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **61**, 7, 635 (1950). ²¹ В. И. Вернадский, *Очерки геохимии*, 1934. ²² В. Г. Хлопин, *Изв. Импер. ак. наук*, **9**, 1907 (1915).