

УДК 549:514.51+548.75+536.5

МИНЕРАЛОГИЯ

Е. И. ДОЛОМАНОВА, М. С. ГАСОЯН, Е. С. РУДНИЦКАЯ,
Г. К. ТЮТНЕВА, А. Б. УСПЕНСКАЯ

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА И.-К. СПЕКТРОСКОПИИ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАЗОВАНИЯ
СЛИВНЫХ ЖИЛЬНЫХ КВАРЦЕВ**

(Представлено академиком В. С. Соболевым 17 IV 1969)

В целях определения физико-химических условий образования оловорудных месторождений разных формаций Забайкалья проведено изучение типоморфных свойств кварцев, поскольку кварц кристаллизуется с начала и до конца гидротермального процесса. Были изучены физические и химические свойства кварцев разных стадий, минерализации в месторождениях различных формаций. Со сравнительной целью изучались кварцы словоносных гранитов, пегматитов, генетически связанных с этими гранитами, и кварцы из жеод в карбонатных породах Московской обл. (наиболее низкотемпературные кварцы). Оловоносные жилы сложены в основном сливным кварцем, представляющим собой агрегат сравнительно мелких (чаще до 1 мм) зерен. Определение температуры образования этих кварцев методом гомогенизации газовой-жидких включений, заключенных в них, бывает затруднено из-за малых размеров включений и невозможности иногда установить, являются ли они сингенетическими с кварцем. Температуры, полученные методом декрепитации, не всегда увязывались с геологическими наблюдениями, которые позволяли предполагать наличие в жилах высокотемпературного (β) кварца.

В месторождениях, где жилы слабо катаклазированы, методом, разработанным Е. В. Цинзерлинг⁽³⁾, Г. П. Барсановым и Э. Я. Гурьевой⁽⁴⁾, было установлено, что часть кварца, слагающего жилы, претерпела инверсию, т. е. образовалась выше температуры 573°. Но поскольку в большинстве месторождений кварц сильно катаклазирован и зерна его мелкие, наблюдать двойники инверсии чрезвычайно трудно или невозможно. Метод обнаружения β -кварца, предложенный В. С. Соболевым и др.⁽²⁾, также оказался не применим к изучаемым объектам. В связи с этим необходимо было разработать новый метод выявления β -кварца среди сливного жильного α -кварца.

За эталон высокотемпературного (β) кварца, испытавшего инверсию, были приняты кварцы гранитоидов и «сотовый» кварц из внутренних зон крупных кристаллов, залегающих в пегматитах Вольни, а также аметистовый β -кварц из пегматитов массива Кент. Эталоном низкотемпературного (α) кварца служил гребенчатый нерудоносный кварц, образованием которого обычно заканчивается гидротермальный процесс на оловорудных месторождениях Забайкалья, и кварц из жеод в карбонатных осадочных породах Московской обл. (рис. 1). Учитывая полученные ранее данные о резком различии физических и химических свойств α - и β -кварцев, для их обнаруживания мы применили метод и.-к. спектроскопии. Работа проводилась с 1965 г. Изучено около 100 образцов кварцев⁽⁴⁾. Оказалось, что высокотемпературные (β) и низкотемпературные (α) кварцы по и.-к. спектру поглощения в области Zr , снятому с пластинок, резко отличаются друг от друга. Спектры поглощения агрегатов кварца, состоящих из α - и β -модификаций, занимают промежуточное положение

между этими двумя типами. Для оценки влияния толщины пластинки на спектр из образца кварца нарезалась серия пластинок разной толщины (рис. 2 и 3), которые снимались на приборе ИКС-12 с призмой NaCl. Выяснилось, что коэффициент поглощения ($K = \ln \frac{I_0}{I} / X$, где I_0 — интенсивность падающего света, I — интенсивность прошедшего света, X — толщина пластинки кварца) зависит от толщины пластинки, когда она ме-

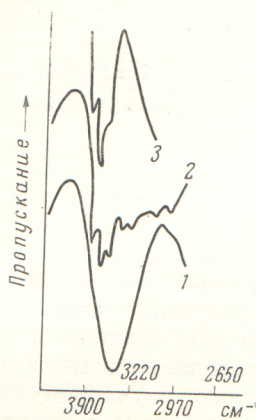


Рис. 1. И.-к. спектры поглощения (ИКС-12 с призмой NaCl) кварцев, принятых за эталон. 1 — α -кварц, 2 — β -кварц, 3 — атмосфера

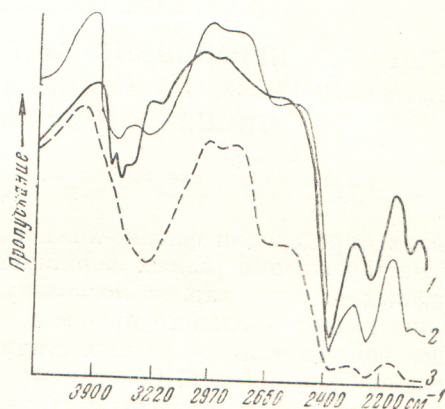


Рис. 2. И.-к. спектры поглощения (ИКС-12 с призмой NaCl) α -кварца в зависимости от толщины пластинки. 1 — толщина 0,82 мм, щель 0,085 мм; 2 — толщина 1,68 мм, щель 0,2 мм; 3 — толщина 3,68 мм, щель 0,2 мм

нее 2 мм, и сохраняет постоянное значение при толщине пластинки более 2 мм. Для сравнения спектров поглощения различных кварцев необходимо, чтобы толщина пластинок была примерно одинакова и лежала в пределах 3—4 мм. Такие образцы наиболее хорошо отражают усредненный состав сливных зернистых агрегатов кварца. Таким образом, и.-к. спектры поглощения дают возможность довольно точно и экспрессно определять наличие β - и α -модификаций в природных кварцах. По величине $(I_0 - I) / I_0$, характеризующей относительную глубину максимума поглощения, соответствующего частоте 3420 см^{-1} , можно судить о соотношении α - и β -модификаций, так как в сливных кварцах эта величина колеблется от 1 у α -модификации (полное поглощение) до 0 у β -модификации (полное пропускание).

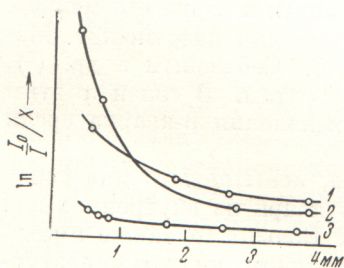


Рис. 3. Изменение коэффициента поглощения и.-к. излучения с толщиной пластинок α -кварца. Три образца

Для проверки полученных результатов щель спектрометра по вертикали перекрывалась пластинками из α - и β -кварца одинаковой толщины. Глубина полосы поглощения зависела от соотношения площадей α - и β -кварца, закрывающих щель спектрометра. Влияние газовой-жидких включений на и.-к. спектры поглощения изучалось на пластинках кварца, в которых имелись участки, совершенно не содержащие их, прозрачные, и участки, насыщенные газовой-жидкими включениями. Оказалось, что присутствие газовой-жидких включений не влияет на интенсивность полосы поглощения, но изменяет ее характер: отдельные максимумы смазываются. Сопоставление спектров поглощения прозрачных кварцев разного генезиса, не содержащих газовой-жидких включений, — β -модификации, пегматитовых, гидротермальных,

жильных и экзогенных кварцев из жеед осадочных пород — показало, что интенсивность полос поглощения зависит от генезиса кварца (рис. 4). Наибольшая интенсивность и ширина полосы поглощения в области 3μ наблюдается у бесцветных, прозрачных кварцев экзогенного происхождения и наименьшая — у кварцев, претерпевших инверсию, особенно у кварцев магматического генезиса. После нагревания β -кварцев (Вольтынь) до $500-600^\circ$ полоса, лежащая в области $3800-3000\text{ см}^{-1}$, практически исчезает. По-видимому, поглощение в этой области связано у β -кварцев с водой, не входящей в его структуру. У α -кварца после нагревания до 500° полоса поглощения сохраняется. Следовательно, и.к. спектр α -кварцев не зависит от газовой-жидких включений, так как при нагревании они взрываются.

По и.к. спектрам поглощения исследованные кварцы можно разделить на четыре группы:

1. Спектры поглощения магматического кварца пород глубинного происхождения оловоносных биотитовых и лепидомелановых гранитов и наиболее ранних по времени образования зон камерных пегматитов характеризуются широкой диффузной полосой поглощения слабой интенсивности в области $3800-3100\text{ см}^{-1}$ с основным максимумом 3440 см^{-1} , редко 3500 см^{-1} . У кварцев из амазонитового гранит-порфира интенсивность полосы поглощения несколько больше. В амазонитовых гранит-порфирах кварц зональный и неоднородный по происхождению: внутреннее ядро магматического происхождения, а внешняя зона — метасоматического. Зоны разделены альбитом. На спектрах некоторых кварцев гранитов есть полосы поглощения в области $3020-2900\text{ см}^{-1}$ с максимумом 2950 см^{-1} или пик с частотой 3650 см^{-1} . Максимум 2360 см^{-1} присутствует только на спектре поглощения кварца из амазонитового гранита.

2. Спектры поглощения кварцев близповерхностных магматических пород (кварцевые порфиры) и зон пегматитов позднемагматического генезиса характеризуются несколько большей интенсивностью поглощения в той же области и значительным числом четко проявленных максимумов: $3720; 3680; 3640; 3620; 3580; 3500; 3400; 3330; 3220; 3180\text{ см}^{-1}$ и дуплетами: $3680-3600; 3680-3650; 3640-3600; 3450-3400; 3440-3400; 3400-3220\text{ см}^{-1}$. В большинстве спектров поглощения есть также максимумы в области $3000-2800\text{ см}^{-1}$. Такой характер спектров объясняется большей газо- и водонасыщенностью кварцев из кварцевого порфира и пегматитовых тел по сравнению с кварцами гранитоидов, разнообразным энергетическим состоянием молекул воды, находящихся в структуре кварца, присутствием в них разнородных примесей, различно связанных с решеткой кварца.

3. Спектры поглощения гидротермальных высокотемпературных смешанных ($\alpha + \beta$) жильных кварцев по своему характеру часто близки к спектрам поглощения кварцев из центральных зон пегматитовых тел (позднемагматического генезиса), сложенных α - и β -модификациями, реже — к спектрам поглощения β -кварца. Ширина и интенсивность поло-

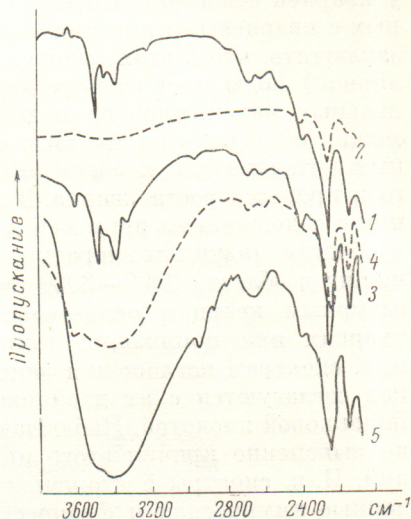


Рис. 4. И.к. спектры поглощения (UR-10 с призмой LiF) кварцев разного генезиса. 1 — β -кварц пегматита, 2 — кварц гранита, 3 — кварц гидротермальный высокотемпературный, 4 — кварц гидротермальный среднетемпературный, 5 — кварц гидротермальный низкотемпературный

сы поглощения в разных кварцах варьирует и зависит, по-видимому, от соотношения α - и β -модификаций в сливном жильном кварце.

4. Спектры поглощения средне- и низкотемпературных α -кварцев отличаются от ранее описанных значительной интенсивностью и часто более широкой полосой в области $3600-3000\text{ см}^{-1}$, указывающей на наличие большого количества воды в кварцах. Главный максимум полосы поглощения тот же: 3450 , реже 3500 см^{-1} . Сокращается число максимумов и дуплетов, и часто они едва намечаются.

Из всех изученных кварцев наиболее интенсивная полоса поглощения у кварцев экзогенного происхождения и у жильных, генетически связанных с кварцевыми порфирами. Судя по и.-к. спектрам поглощения, можно заключить, что в этих кварцах находится больше свободной (или молекулярной) воды, чем во всех других ранее описанных. Происхождение отдельных максимумов на полосе поглощения в области $3600-3000\text{ см}^{-1}$ можно объяснить наличием в структуре кварца протонов и ионов щелочных металлов или химическим составом маточного раствора, захваченного в процессе роста кварца. Точная корреляция данных и.-к. спектроскопии с содержанием примесей в кварцах возможна лишь при исследовании в области низких температур. Возрастание интенсивности полосы поглощения в области $3600-3000\text{ см}^{-1}$ от высокотемпературных к низкотемпературным кварцам свидетельствует об увеличении количества воды в кварцах при понижении температуры его образования. Полученные по и.-к. спектрам поглощения данные о смешанном характере сливных кварцев согласуются с их двойниковым строением, выявленным травлением плавиковой кислотой. Наблюдаются различия и в области $2900-2400\text{ см}^{-1}$, но выяснение причин этого явления требует дополнительных исследований. И.-к. спектры поглощения кварцев различного генезиса подтвердили данные химических и физических исследований о том, что кварцы «хранят память» о своем происхождении, т. е. характеризуют физико-химические условия, и могут быть использованы для определения температуры начала (выше или ниже инверсии) гидротермального процесса.

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
8 IV 1969

Московский горный институт

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. П. Барсанов, Э. Я. Гурьева, Сборн. Минералы СССР, «Наука», 1964.
- ² В. С. Соболев, В. В. Хлестов, К. Б. Кебезинская, ДАН, 154, № 6 (1964).
- ³ Е. В. Цинзерлинг, Искусственное двойникование кварца, Изд. АН СССР, 1961.
- ⁴ М. С. Гасоян, Г. К. Тютнева, Сборн. научн. тр. Моск. горного инст., под ред. А. С. Бурчакова, М., 1969.