

РЕНТГЕНОГРАФИЯ ПРОЗРАЧНОГО ЖИЛЬНОГО КВАРЦА УРАЛА

А. И. Белковский

Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс

В начале прошлого века на Урале был открыт и изучен новый вид полезного ископаемого – прозрачный жильный кварц [Богданович, 1933; 1936; Вертушков, 1937]. Месторождения этого типа представлены одиночными крупными жилами (г. Пульная, Ново-Алексеевское, Косулинское, Теченское, Ахминское) или полями кварцевых жил (Кыштымское, Хрустальки). Жилы сложены первичным гигантозернистым (участки до 15×25 см и индивиды до 1 м в поперечнике, ограниченные индукционными гранями) водяно-прозрачным, светло-дымчатым и дымчатым кварцем, который в результате пластических деформаций и блокирования превращен в молочно-белый гранулированный кварц [Вертушков, 1946; Щеколдин, Азанов, Сенкевич и др., 1979]. Прозрачный кварц также обнаружен в жилах керамических (г. Малая Медвежка, Режик), редкометальных амазонитовых (Тюбук, Уржумка, Мурзинка) и сиенитовых (Вишневые и Потанины горы) пегматитах (табл.). В большинстве случаев прозрачный жильный кварц обладает хорошо проявленной спайностью по гексагональной призме первого рода, по которой он легко раскалывается на прямоугольные и треугольные обломки [Вертушков, 1953; Белковский, 1964]. В жилах прозрачного кварца всегда отсутствуют хрусталеносные погребя.

Рентгеновское исследование уральского кварца начато В. П. Казанцевым, которым были получены первые лауэграммы водяно-прозрачного и молочно-белого кварца [Казанцев, 1933]. Установлено, что молочно-белый кварц отличается от водяно-прозрачного наличием искривленных пятен, имеющих сходство с лауэграммами кристаллов с деформированными решетками. Лауэграммы водяно-прозрачного кварца характеризуются пятнами правильной формы [Казанцев, 1933]. На кафедре кристаллографии Ленгосуниверситета разработана методика прецезионного определения параметров элементарной ячейки кварца [Афанасьева, Каменцев, Франк-Каменецкий, 1959; Франк-Каменецкий, 1960]. Использовалась камера РКЭ, позволяющая осуществить одновременную фокусировку небольшого интервала углов отражений, за счет чего значительно сокращается время съемки [Квитко, Уманский, 1951]. Параметры определялись по линиям 234 α_1 ($\theta_{CuK} \alpha_1 = 76^\circ,8$) и 216 α_1 ($\theta_{CuK} \alpha_1 = 78^\circ,6$). В качестве эталона использовался прозрачный горный хрусталь из месторождения Кожум (Приполярный Урал), для которого при $T = 18^\circ\text{C}$ значения параметров оказались равными: $a_0 = 4.91265 \pm 0.00007 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.40441 \pm 0.00005 \text{ \AA}$. Эталонный кварц смешивался с химически чистым германием, который имеет одну интенсивную линию в нужной области углов скольжения – 622 α_1 ($\theta_{CuK} \alpha_1 = 76^\circ,5$). Съемку проводили на медном излучении при $T = 18 \pm 1^\circ\text{C}$, экспозиция 20 мин. (35 кв, 18 ма). Расстояние между линиями на пленке измерялось на компараторе ИЗА-2 с точностью ± 0.01 мм, что позволяет определять параметры с точностью $\pm 0.0002 \text{ \AA}$. Каждый образец снимался 3–4 раза, после чего бралось среднее значение измеренных расстояний.

В 50-х годах прошлого столетия экспериментально установлено [Keith, 1950], что количество микропримесей в синтетическом кварце с увеличением температуры его кристаллизации (290, 380 и 390 °С) уменьшается ($\Delta a_0 = 0.0048 \text{ кх}$; $\Delta c_0 = 0.0032 \text{ кх}$). Эти данные были подтверждены на разнообразном природном материале [Каменцев, 1962; 1963_a; 1963_б; 1965]. Однако позднее появились публикации, в которых различными методами (кроме рентгеновского) доказывалось, что с увеличением температуры кристаллизации количество структурных примесей в природном кварце увеличивается [Балицкий, Самойлович, Новожилов и др., 1966; Вертушков, 1968; Лютоев, Кузнецов, 1993].

Таблица

**Параметры и объем элементарной ячейки прозрачного кварца из пегматитовых,
кварц-полевошпатовых и кварцевых жил Среднего и Южного Урала**

№/№	Место взятия пробы	Вмещающие породы	Характеристика пород	Характеристика жильного кварца	$a_0, \text{Å}$	$c_0, \text{Å}$	c_0/a_0	$V, \text{Å}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тюбук Средний Урал	Известково-щелочные сиениты	Амазонитовый пегматит	Прозрачный дымчатый кварц	4.9123	5.4045	1.10020	112.940
2	Уржумка Южный Урал	Граниты	Амазонитовый пегматит	Спайные обломки прозрачного дымчатого кварца по $\{10 \bar{1} 0\}$	4.9122	5.4047	1.10026	112.940
3	Ильменские горы Прутовская копь Южный Урал	Плаггиогнейсы	Амазонитовый пегматит	Спайные обломки прозрачного дымчатого кварца по $\{10 \bar{1} 0\}$	4.9124	5.4044	1.10015	112.943
4	Вишневые горы Средний Урал	Известково-щелочные сиениты	Сиенитовый пегматит	Прозрачный дымчатый кварц	4.9124	5.4043	1.10013	112.940
5		Известково-щелочные сиениты	Эгирин-авгитовый пегматит	Прозрачный дымчатый кварц	4.9123	5.4043	1.10016	112.936
6	Ильменские горы Блюмовская копь Южный Урал	Плаггиогнейсы	Гранитный пегматит	Прозрачный дымчатый кварц	4.9124	5.4043	1.10013	112.940
7	Караси Средний Урал	Граниты	Пегматитовая Жила	Прозрачный дымчатый кварц	4.9124	5.4043	1.10013	112.940
8	Гора Малая Медвежка Средний Урал	Граниты	Кварц-полевошпатовая жила	Спайные обломки прозрачного дымчатого кварца по $\{10 \bar{1} 0\}$	4.9124	5.4042	1.10011	112.938
9	Игиш Средний Урал	Граниты	Кварц-полевошпатовая жила	Прозрачный дымчатый кварц	4.9124	5.4044	1.10015	112.943
10	Г. Хрустальная Средний Урал	Диориты	Кварц-полевошпатовая жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10 \bar{1} 0\}$	4.9124	5.4042	1.10009	112.943
11	Хрустальки Средний Урал	Граниты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10 \bar{1} 0\}$	4.9125	5.4042	1.10009	112.943

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Первоуральск Средний Урал	Плагиограниты	Кварцевая Жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9123	5.4047	1.10024	112.944
13	Пласт Южный Урал	Плагиограниты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного дымчатого кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9125	5.4042	1.10009	112.943
14	Ларино Средний Урал	Габбро- амфиболиты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9123	5.4046	1.10022	112.942
15	Слюдорудник Средний Урал	Амфиболиты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9125	5.4042	1.10009	112.943
16	Слюдорудник Средний Урал	Амфиболиты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного дымчатого кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9125	5.4042	1.10009	112.943
17	Слюдорудник Средний Урал	Амфиболиты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9126	5.4041	1.10005	112.946
18	Шабры Средний Урал	Серпентиниты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного дымчатого кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9124	5.4045	1.10017	112.945
19	Тайгинка Средний Урал	Габбро	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9126	5.4042	1.10007	112.948
20	Сак-Елга Южный Урал	Габбро	Кварцевая жила	Водяно-прозрачный кварц	4.9126	5.4041	1.10005	112.946
21	Верхняя Санарка Южный Урал	Граниты	Кварц-полево- шпатовая жила	Прозрачный дымчатый кварц	4.9126	5.4042	1.10007	112.948
22	Пульная Средний Урал	Серпентиниты	Кварцевая жила	Прозрачный кварц	4.9125	5.4045	1.10015	112.949
23	Ахминское Средний Урал	Серпентиниты	Кварцевая жила	Спайные обломки прозрачного кварца по $\{10\bar{1}0\}$	4.9126	5.4045	1.10013	112.954

Автором изучена уникальная коллекция прозрачного жильного кварца практически из всех месторождений Среднего и Южного Урала (табл.).

Результаты проведенных исследований сводятся к следующему.

1. Параметры и объем элементарной ячейки изученных образцов колеблются в следующих пределах: a_0 – от 4.9123 до 4.9026 Å, c_0 – от 5.4041 до 5.4047 Å, V_0 – от 112.932 до 112.954 Å³. Минимальным объемом элементарной ячейки ($V_0 = 112.936 - 112.940$ Å³) характеризуется прозрачный дымчатый кварц из гранитных и щелочных пегматитов Восточно-Уральского поднятия. Максимальным объемом элементарной ячейки ($V_0 = 112.948-112.954$ Å³) характеризуется водяно-прозрачный кварц из гидротермальных жил, залегающих среди антигоритовых серпентинитов Маукско-Серовского пояса и ультрамафитов Главного Уральского глубинного разлома;

2. Полученные данные в полной мере сопоставимы с результатами исследований метрики прозрачного жильного кварца и содержанием в нем микропримесей, определенных методом ИК-спектроскопии, согласно которых максимальными объемами элементарной ячейки ($V_0 = 112.949$ Å³ среднее 20 определений) и количеством микропримесей обладает наиболее поздний гигантозернистый водяно-прозрачный кварц [Якшин, Корнилов, Сенкевич, 1976].

Литература

Афанасьева Н. А., Каменцев И. Е., Франк-Каменецкий В. А. Колебание параметров элементарной ячейки кварца различного генезиса // Кристаллография, 1959. Т. 4, № 3. С. 382–385.

Балицкий В. С., Самойлович М. И., Новожилов А. И. и др. О влиянии температурных условий образования кварца на содержание в структурной примеси алюминия // Минер. сб. Львовск. Ун-та, 1966. № 20. Вып. 20. С. 430–434.

Белковский А. И. Прецезионное определение параметров элементарной ячейки и температуры $\alpha \leftrightarrow \beta$ превращения кварца из некоторых месторождений Урала // ДАН СССР. 1964. Т. 154. № 1.

Богданович В. В. Месторождения прозрачного кварца Урала. Свердловск: Уралгеолмин, 1933. 22 с.

Богданович В. В. Микроскопическое и рентгенографическое исследование прозрачного и непрозрачного кварца // Зап. Всеросс. Минер. о-ва. 1936. Ч. 65. Вып. 2. С. 241–245.

Вертушков Г. Н. Жильный кварц из жил восточного склона Урала // ДАН СССР. 1946. Т. 51. № 1. С. 53–56.

Вертушков Г. Н. Кварц резунец из Кочкарского района на Урале // Зап. Всесоюз. Минер. о-ва, 1953. II серия. Ч. 82. Вып. 3. С. 217–219.

Вертушков Г. Н. Параметры элементарной ячейки жильного кварца с месторождений Южного и Среднего Урала // Минералы месторождений полезных ископаемых. Тр. ИГГ УФАН СССР, 1968. Минер. сб. № 8. Свердловск: УФАН СССР, 1968. С. 58–63.

Долманова Е. И., Бершов Л. В., Гасоян М. С. Изоморфные элементы-примеси в жильном кварце оловорудных месторождений Забайкалья и их генетическое значение // Изв. АН СССР. Сер. Геол., 1972. № 6.

Казанцев В. П. Рентгено-графическое исследование непрозрачного кварца // Тр. Рентгено-технич. Лаборатории Уральск. отд. Ин-та Прикладной минералогии, № 2. М.: ИПМ ВИМС, 1933. С. 14–21.

Каменев И. Е. Влияние условий кристаллизации на вхождение посторонних примесей в решетку кварца // Вест. Ленингр. Гос. ун-та. 1962. Сер. геол.-географ. № 18. Вып. 3. С. 69–78.

Каменцев И. Е. О влиянии температуры кристаллизации на количество примесей, входящих в структуру кварца, и изменение параметров элементарной ячейки // Геохимия. 1963. № 6. С. 586–589.

Каменцев И. Е. О влиянии температуры кристаллизации на вхождение алюминия в структуру природного кварца // Геохимия, 1965. № 3. С. 366–368.

Каменцев И. Е., Прияткин А. А. Изменение параметров элементарной ячейки кварца в зависимости от условий его образования в различных магматических породах Большого Хингана // Рентгенография минерального сырья. Сб. № 3. М.: Недра, 1963. С. 80–86.

- Квитко С. С., Уманский М. М.* Рентгеновская камера для экспрессной съемки поликристаллов // Изв. АН СССР. Сер. Физ. 1951. Т. 15. № 2. С. 131–135.
- Лютнев В. П., Кузнецов С. К.* Содержание структурной примеси алюминия в жильном кварце в связи с его метаморфизмом // Минералы и минеральные ассоциации. Тр. Ин-та Коми НЦ УрО РАН. 1993. Вып. 81. Сыктывкар, 1993. С. 71–77.
- Малышев А. Г., Мишенов В. М., Новожилов А. И.* Содержание структурной примеси алюминия в различных генетических типах кварца Забайкалья // Геология рудных месторождений. 1979. Т. XXI, № 2. С. 75–77.
- Франк-Каменецкий В. А.* По поводу проявлений микроизоморфизма в кварце // Кристаллография, 1960. Т. 5. Вып. 4. С. 650–654.
- Франк-Каменецкий В. А.* Природа структурных примесей в минералах. Л.: Изд. ЛГУ, 1964. 240 с.
- Щеколдин А. А., Азанов В. М., Сенкевич Г. А., Рундквист И. Н.* Метаморфизм безрудного жильного кварца на Среднем и Южном Урале // Онтогенетические методы изучения минералов. Ч. II. М.: Наука, 1970. С. 33–42.
- Якшин В. И., Корнилов Ю. Б., Сенкевич Г. А.* Перераспределение примесей в жильном кварце при грануляции по данным ИК-спектроскопии // Зап. Всесоз. Минер. о-ва. 1976. Ч. 105. Вып. 1. С. 100–102.
- Keith H. D.* The lattice – parametrs of clear crystallins quartz // Proc. Phys. Soc. 1963. B, 1950.