

И. С. ДЕЛИЦИН, Л. Н. ЛЕВУШКИН

**ДИФРАКТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КВАРЦЕВОГО
S-ТЕКТОНИТА ИЗ ЗОНЫ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ
ДЕФОРМАЦИИ**

(Представлено академиком Ф. В. Чухровым 19 XI 1971)

При решении геологических проблем, связанных с ориентированным строением горных пород, в ряде случаев возникает необходимость детального изучения особенностей пространственной ориентировки слагающих породу минеральных зерен.

Эти вопросы обычно решаются при помощи микроструктурного анализа. Указанный метод, как известно, заключается в том, что замеряются выбранные для исследования кристаллографические или кристаллооптические направления в зернах минералов, слагающих горную породу. После соответствующей статистической обработки ориентировка замеренного элемента предстает в форме круговой диаграммы. По узору диаграммы судят о наличии или отсутствии ориентировки изучаемых зерен породы.

К сожалению, в некоторых случаях этот метод не дает должных результатов. Так, например, в кварците выявление ориентировки кристаллографических элементов кварцевых зерен, слагающих породу, при помощи микроструктурного анализа невозможно. В данном случае доступно лишь выявление ориентировки оптических осей зерен кварца породы (в настоящее время оно может быть установлено весьма однозначно).

При изучении примера пластической деформации кварцита Юго-Западного Прибайкалья ⁽¹⁾ была сделана попытка подойти к определению полной пространственной ориентировки деформированных зерен кварца комплексно — с одновременным использованием двух методов: оптического — микроструктурного — и пьезоэлектрического, поскольку пьезоэлектрический метод позволяет дополнительно к определению положения оптических осей (метод микроструктурного анализа) получить и ориентировку осей электрических.

Полученные результаты исследования показали ⁽²⁾, что при пластической деформации кварцита зерна кварца ориентируются параллельно относительно осей не только оптических (S-тектонит в зоне интенсивной пластической деформации), но и электрических.

Еще более четко пространственная ориентировка зерен кварца, слагающего мономинеральную кварцевую породу, может быть получена при помощи рентгеновского метода. При этом следует использовать методику «обратных» полюсных фигур. Этот метод изучения текстурированных образцов был вначале применен Харрисом ⁽³⁾, а впоследствии — Зевиным и Воробьевой ⁽⁴⁾. Применительно к горным породам (изучение текстур деформированного мрамора) методика дифрактометрического исследования была отработана Левушкиным ⁽⁵⁾.

Сущность методики «обратных» полюсных фигур заключается в том, что для исследуемого сечения образца горной породы устанавливается степень ориентированности кристаллографических элементов, слагающих породу минералов (относительно их беспорядочного распределения). После соответствующей обработки дифрактограмм полученные данные наносятся на стандартную проекцию кристалла — сетку Закса (наносится нормали

к соответствующим кристаллографическим плоскостям). Ориентировка кристаллографических элементов изучаемого минерала породы предстает в виде круговой диаграммы, на которой степень совершенства ориентировки того или иного кристаллического элемента изображена в виде максимумов различной плотности.

Представление о пространственной ориентировке слагающих породу минералов составляется на основании изучения диаграмм, построенных для трех взаимно перпендикулярных сечений образца.



Рис. 1. Пластическая деформация кварцита. Переход к зоне интенсивной пластической деформации (правая часть снимка) сопровождается как изменением формы слагающих кварцит зерен кварца, так и изменением их оптической ориентировки (практически одновременное угасание зерен в зоне интенсивной пластичности). Поляризованный свет. 46 ×

В качестве примера возможного применения рентгеновского метода для исследования ориентированного строения кварцевых пород мы приводим данные дифрактометрического изучения пространственной ориентировки деформированных зерен кварца зоны развития интенсивной пластической деформации того же образца, для которого ранее было проведено комплексное микроструктурное и пьезоэлектрическое изучение ориентировки кварца⁽³⁾.

В этом образце есть исходный макроскопический недеформированный кварцит, кварцит деформированный (переход к зоне интенсивной пластичности) и кварцит наиболее деформированный — зона интенсивной пластической деформации (ее мощность до 5 мм).

Деформация зерен наглядно проявляется в изменении их формы (размер исходных зерен 4–6 мм), причем в зоне интенсивной пластической деформации зерна кварца имеют вид закономерно ориентированных кварцевых лент (отношение их ширины к длине 1:30 — 1:60 при толщине до сотых долей миллиметра).

На рис. 1 можно видеть, что развитие деформации сопровождается не только изменением формы, но и изменением оптической ориентировки зерен кварца. Как не трудно видеть на рис. 1, деформация идет без разрыва сплошности породы. Развитие процесса пластической деформации в этом случае подтверждается и данными электронной микроскопии⁽²⁾.

Диффрактометрическое исследование кварцита зоны интенсивной пластичности (два образца размером $4 \times 4 \times 4$ мм и шлифы, характеризующие взаимно перпендикулярные сечения*) проводилось на диффрактометре УРС-50ИМ с гониометрической приставкой ГП-4 (нефильтрованное излучение; трубка БСВ-6 с железным анодом; напряжение 35 кв; анодный ток 10 ма; скорость съемки — град/мин; дифракционная картина регистрировалась на ленте электронного потенциометра ЭПП-9).

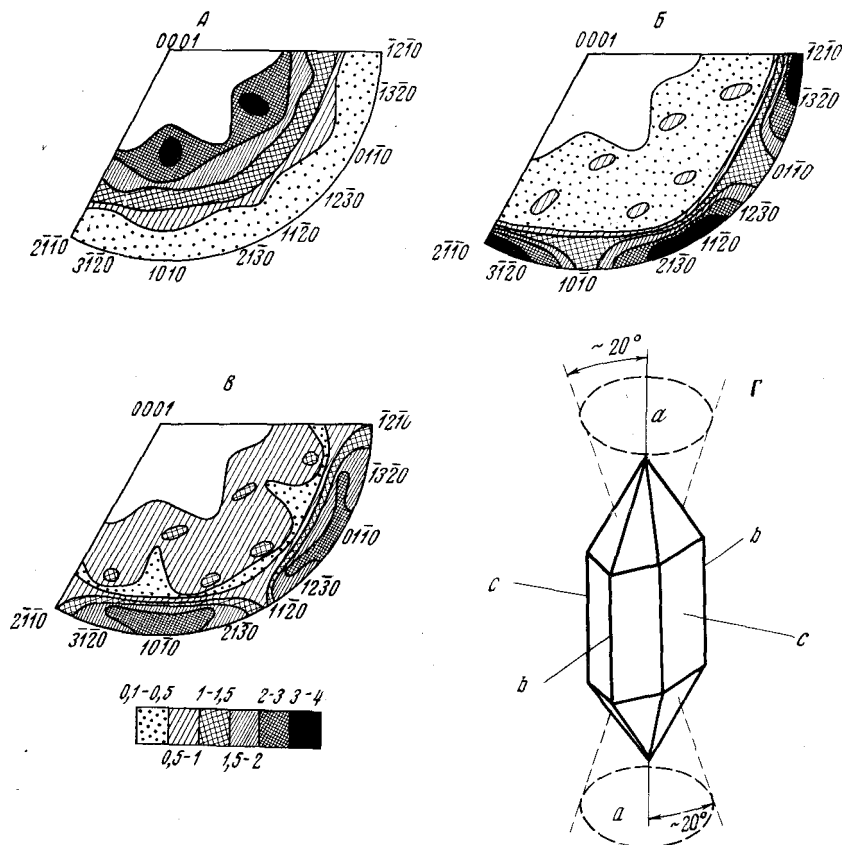


Рис. 2. «Обратные» полюсные фигуры ориентировки кварца различных сечений образца из зоны интенсивной пластичности природного пластично-деформированного кварцита. А — сечение, перпендикулярное микроструктурной оси a ; Б — сечение, перпендикулярное микроструктурной оси b ; В — сечение, перпендикулярное микроструктурной оси c ; Г — построенная на основании диффрактометрического изучения, идеализированная модель кварца из зоны интенсивной пластической деформации и ее положение относительно установленных в образце микроструктурных осей a, b, c . Внизу доказана плотность выходов нормалей (сравнительно с плотностью изотропного образца)

На рис. 2 приведены «обратные» полюсные фигуры трех взаимно перпендикулярных сечений образца, привязанные к установленным в образце микроструктурным осям*. Анализируя полученные данные, нетрудно видеть, что в сечении, перпендикулярном микроструктурной оси a (рис. 2А), выходят плоскости ромбоэдров $(10\bar{1}4) - (10\bar{1}5)$, — плоскости, наиболее близкие к оптическим осям (напомним, что отражения от плоскости пинакоида (0001) для кварца запрещены).

В сечении, перпендикулярном микроструктурной оси c (рис. 2В), преимущественное развитие имеет кристаллографическая ориентировка плоскостей призм $(10\bar{1}0)$.

* Взятые для исследования образцы в пространстве ориентированы относительно микроструктурных осей a, b, c . Их положение установлено в соответствии с представлениями, принятыми в отечественной литературе (?).

В сечении, перпендикулярном микроструктурной оси b (рис. 2Б), преимущественное развитие имеет ориентировка плоскостей призм второго рода (1120).

Сопоставление полученных данных дифрактометрического исследования различных сечений образца между собой показывает, что при интенсивной пластической деформации кварцита слагающие его деформированные зерна кварца занимают в пространстве строго определенное положение относительно кристаллографических элементов.

Полученные результаты позволяют представить ориентировку деформированных зерен кварца зоны интенсивной пластической деформации в виде идеализированной модели. Ее ориентировка относительно микроструктурных осей приведена на рис. 2Г*.

Уточнение пространственной ориентировки этой модели на отдельных участках шлифов, характеризующих различные сечения пластически деформированного кварцита, показало, что некоторые колебания пространственного положения рассматриваемой модели (рис. 2Г) относительно микроструктурных осей a , b , c возможны**.

В заключение отметим следующее. Дифрактометрические данные изучения интенсивно пластически деформированного кварцита подтверждают и уточняют выводы, полученные ранее микроструктурным и пьезоэлектрическим методами, а именно: при интенсивной пластической деформации кварцита в слагающих его зернах кварца наблюдается упорядочение не только их оптических осей, но и их кристаллографических элементов.

Проведенные исследования позволили также установить и пространственную ориентировку деформированных зерен кварца в зоне интенсивной пластической деформации относительно микроструктурных осей a , b , c .

Все изложенное выше дает основание считать, что метод «обратных» полюсных фигур может быть с успехом применен для изучения ориентированных структур мономинеральных кварцевых горных пород.

Его применение (по сравнению с другими методами) более целесообразно, так как этот метод дает возможность получить более полную пространственную ориентировку минеральных зерен в породе, недоступную другим методам исследования.

Авторы выражают глубокую благодарность И. В. Звереву за помощь в проведении данной работы.

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

Поступило
19 XI 1971

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. С. Делицин, ДАН, 120, № 5 (1958). ² И. С. Делицин, К. Е. Фролова, ДАН, 149, № 5 (1963). ³ И. С. Делицин, Э. И. Пархоменко, О. И. Силаева, В сборн. Физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры, «Наука», 1968. ⁴ Н. А. Елисеев, Структурная петрология, Л., 1953. ⁵ Л. С. Зевин, О. А. Воробьева, Зав. лаб., № 6 (1962). ⁶ Л. Н. Левушкин, В сборн. Рентгенография минерального сырья, № 7, 1970. ⁷ Л. И. Лукин, В. Ф. Чернышев, И. П. Кушнарев, Микроструктурный анализ, «Наука», 1965. ⁸ G. V. H a r r i s, Phil. Mag., 43, 336 (1952).

* Обычно рассматривается одна треть диаграммы (полная диаграмма может быть построена путем симметрических преобразований).

** Ориентировка второго образца аналогична.