*Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXIV, вып. 2, 1974 г.*

# ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ХРУСТАЛЕНОСНОГО ПОЛЯ

*Ю. А. Поленов*

Влияние вмещающих пород на закономерности размещения кварцевых жил в пределах хрусталеносных полей, генезис жил и формирование хрустальных гнезд довольно широко освещены в отечественной литературе [1—5, 9]. Во многих хрусталеносных полях отмечена приуроченность кварцевых жил к определенным по составу толщам, которые считаются продуктивными в отношении хрусталеносности. Все исследователи в той или иной мере отмечают влияние горных пород на минеральный парагенезис хрустальных гнезд, а некоторые рассматривают вмещающие породы еще и как источник кремнезема при формировании не только хрустальных гнезд, но и самих кварцевых жил [2, 5, 10]. Горные породы рассматривались и как фильтры на пути движения гидротермальных растворов [7].

В свете изложенного очень важно проследить отмеченные зависимости и выявить специфические особенности, типичные для того или иного хрусталеносного поля. Решение этих задач невозможно без тщательного изучения горных пород, вмещающих жилы.

Составляя настоящую статью, автор преследовал две задачи: 1) четко разграничить породы по химическому и минеральному составам; 2) хотя бы в первом приближении проследить влияние вмещающих пород на размещение и состав кварцевых жил. Рассмотрим решение этих задач на примере одного из месторождений Восточно-Уральского поднятия. Месторождение сложено кристаллическими сланцами протерозойского или кембро-силурийского возраста [6], образующими в первом приближении брахиантиклинальную структуру с выходами гранитных массивов на севере, юге и востоке. На западе площадь месторождения ограничена крупным тектоническим нарушением. Толща сланцев насыщена пластовыми и жильными телами амфиболитов, телами гранит-аплитов, аплит-пегматитов и кварцевыми жилами. С запада на восток число кварцевых жил уменьшается и увеличивается число интрузивных тел, т. е. отчетливо фиксируется зональное строение жильного поля, подобное строению многих других жильных полей, связанных с интрузиями гранитоидов.

В процессе геологоразведочных работ многие исследователи изучали метаморфическую толщу этой территории. Выделены самые разнообразные породы, отсутствие систематики которых и сведений по химическо-

му составу затрудняет работы по картированию и тематические исследования. Поэтому автор и поставил перед собой задачу в известной мере восполнить данные пробелы.

По трем структурным профилям, в которых наиболее полно представлены породы месторождения, визуально и в петрографических шлифах автором изучены эти породы, а по 60 образцам определен химический состав основных их разновидностей. Химический состав метаморфических пород представлен на петрохимической диаграмме в форме равностороннего треугольника, предложенной С. А. Руденко. Строится и читается такая диаграмма по известному принципу барицентрических проекций.

В зависимости от содержания в породах выбранных главных компонентов $SiO_2$, $Al_2O_3$, $(MgO+FeO)$ и $CaO$ на диаграммах получаем соответствующие точки: одну (по соотношению компонентов $SiO_2$, $Al_2O_3$, $(MgO+FeO)$ на верхнем треугольнике и другую (по соотношению компонентов $SiO_2$, $Al_2O_3$, $CaO$) на нижнем. Величина ,отвечающая суммарному содержанию в породах $Na_2O$ и $K_2O$, наносится на диаграмму (верхний треугольник) в виде вектора определенной длины. Количественное соотношение $Na_2O$ и $K_2O$ определяется углом наклона вектора. Величина этого угла характеризует коэффициент калиевости породы

$$\alpha = \frac{K_2O}{K_2O+Na_2O}\ 180°.$$

Величина, отвечающая суммарному содержанию в породах $FeO$ и $Fe_2O_3$, наносится в виде вектора на нижний треугольник диаграммы. Количественное соотношение $FeO$ и $Fe_2O_3$ также определяется углом наклона вектора величина которого представляет собой своего рода коэффициент окисленности породы

$$\beta = \frac{Fe_2O_3}{FeO+Fe_2O_3}\ 180°.$$

Ориентировка векторов на диаграммах выбирается такой, что при $\alpha_2=90°$ и $\beta_2=90°$ векторы располагаются вертикально (в первом случае вектор ориентирован вверх, во втором — вниз от основной точки). При $\alpha_1=0°$ и $\beta_1=0°$ и при $\alpha_3=180°$ и $\beta_3=180°$ векторы занимают горизонтальные положения, причем при $\alpha_1$ и $\beta_1$, равных 0°, векторы направлены влево, а при $\alpha_3$ и $\beta_3$, равных 180°, векторы направлены вправо.

На приведенной диаграмме четко выделяются поля кристаллических сланцев *1—52* и амфиболитов *53—59,* что, несомненно, и следовало ожидать из-за их резкого различного состава. Амфиболиты состоят в основном из роговой обманки или актинолита и небольшого количества плагиоклаза (ряда андезина), кварца, биотита, а в составе кристаллических сланцев приобладают кварц, слюда и иногда ставролит. Эти особенности минеральных составов и обусловили резкое преобладание в амфиболитах, по сравнению со сланцами $(MgO+FeO)$, $CaO$ и $Fe_2O_3$ и значительно меньшее содержание $SiO_2$, $Na_2O$ и $K_2O$ при относительно равном количестве $Al_2O_3$.

В поле кристаллических сланцев отчетливо выделяются участки сланцев биотитово-кварцевых *1—21* и двуслюдяно-кварцевых *38—47.* Первые содержат больше кремнезема и меньше глинозема, чем вторые, при очень близком содержании $(MgO+FeO)$ и $CaO$. Это различие еще более подчеркивается преобладанием $Na_2O$ над $K_2O$ в сланцах биотитово-кварцевых и обратным соотношением в сланцах двуслюдяно-кварцевых.

*Таблица 1*

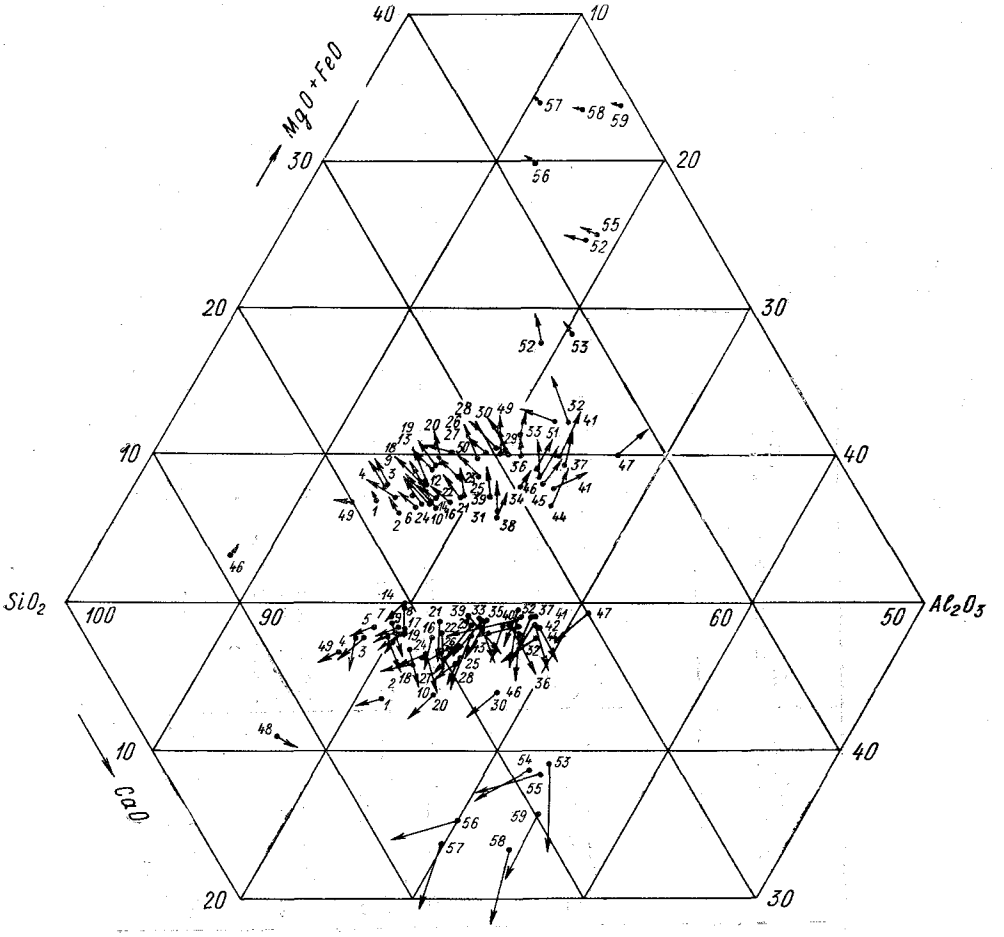
**Систематика метаморфических пород месторождения**

| Группа пород | I. Биотитово-кварцевые сланцы | II. Кварцево-биотитовые сланцы | III. Двуслюдяно-кварцевые сланцы | IV. Графитово-кварцевые сланцы | V. Амфиболово-кварцевые сланцы | VI. Амфиболиты | VII. Карбонатные породы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разновидность пород | 1. Биотитово-кварцевые<br>2. Биотитово-кварцевые с гранатом<br>3. Биотитово-кварцевые с гранатом и ставролитом<br>4. Биотитово-кварцевые с актинолитом | 1. Кварцево-биотитовые<br>2. Биотитово-кварцевые со ставролитом и гранатом<br>3. Биотитово-кварцевые со ставролитом, гранатом и кордиеритом<br>4. Биотитово-кварцевые со ставролитом и силлиманитом | 1. Мусковито-биотитово-кварцевые<br>2. Биотито-мусковитово-кварцевые<br>3. Мусковито-биотитово-кварцевые со ставролитом<br>4. Мусковито-биотитово-кварцевые со ставролитом и кордиеритом<br>5. Мусковито-биотитово-кварцевые со ставролитом и силлиматитом | 1. Графитово-кварцевые<br>2. Актинолито-графитово-кварцевые | 1. Актинолитово-кварцевые<br>2. Биотито-актинолитово-кварцевые | 1. Амфиболиты<br>2. Кварцсодержащие<br>3. Биотитсодержащие<br>4. Пироксенсодержащие<br>5. Хлоритизированные | 1. Мраморы<br>2. Мраморизованные известняки |

*Продолжение таблицы 1*

| Группа пород | I. Биотитово-кварцевые сланцы | II. Кварцево-биотитовые сланцы | III. Двуслюдяно-кварцевые сланцы | IV. Графитово-кварцевые сланцы | V. Амфиболово-кварцевые сланцы | VI. Амфиболиты | VII. Карбонатные породы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разность пород по особенностям строения | | | | | | | |
| по размерам минеральных индивидов | Тонкозернистые<br>Мелкозернистые<br>Среднезернистые | Мелкозернистые<br>Среднезернистые | Мелкочешуйчатые<br>Среднечешуйчатые<br>Крупночешуйчатые | Тонкозернистые<br>Мелкозернистые<br>Среднезернистые | Тонкозернистые<br>Мелкозернистые<br>Среднезернистые | Мелкозернистые<br>Среднезернистые<br>Крупнозернистые | Мелкозернистые<br>Среднезернистые |
| по текстурно-структурным особенностям основной массы | Неясносланцеватые<br>Тонкополосчатые | Неясносланцеватые<br>Тонкополосчатые<br>Сланцеватые | Сланцеватые<br>Плойчатые<br>Свилеватые | Неясносланцеватые<br>Полосчатые | Неясносланцеватые | Массивные<br>Грубополосчатые | Массивные<br>Полосчатые |
| породы в целом | Равномернозернистые<br>Пятнистые | Пятнистые<br>Узловатые | Пятнистые<br>Узловатые<br>Порфиробластовые | Пятнистые | Пятнистые<br>Порфиробластовые | | |
| Фациальный тип осадка | Кварцево-полевошпатовый | Кварцево-полевошпатово-пелитовый | Пелитовый | Органогенно-кварцево-полевошпатовый | Карбонатно-кварцево-полевошпатовый | | Карбонатный, пелитово-карбонатный |

Интересно, что сумма щелочей в общем сохраняется примерно одинаковой. Помимо этого в сланцах двуслюдяно-кварцевых повышено содержание $Fe_2O_3$, что, вероятно, обусловлено появлением ставролита. Этим в какой-то мере объясняется и увеличение коэффициента окисленности в сланцах биотитово-кварцевых со ставролитом.




Петрохимическая диаграмма горных пород месторождения

*1—21* — сланцы биотитово-кварцевые; *22—37* — сланцы кварцево-биотитовые и биотитово-кварцевые со ставролитом; *36—47* — сланцы двуслюдяно-кварцевые; *48—52* — сланцы амфиболово-кварцевые; *53—59* — амфиболиты

Химический и минеральный составы обоих сланцев согласованы. Биотитово-кварцевые сланцы состоят в основном из кварца (64—82%), биотита (10—35%), олигоклаза (0—10%) и граната (ряда альмандина) (до 5%), реже содержат силлиманит (до 5%), кордиерит (до 10%), актинолит (до 10%) и ставролит (до 5%). Двуслюдяно-кварцевые сланцы в своем составе имеют кварц (35—55%), биотит (10—30%), мусковит (5—35%), часто ставролит (5—20%) и олигоклаз (до 5%), реже силлиманит (до 10%), кордиерит (до 5%) и гранат (до 2%).

Сланцы кварцево-биотитовой группы *22—37* занимают промежуточное положение как по химическому, так и по минеральному составам

между сланцами биотитово-кварцевыми и двуслюдяно-кварцевыми. Такое же положение занимают и сланцы амфиболово-кварцевые *48—52,* но уже между биотитово-кварцевыми сланцами и амфиболитами. С увеличением количества актинолита они по химическому составу приближаются к амфиболитам, но значительно меньше содержат CaO. Карбонатные породы месторождения представлены белыми мраморами и серыми мраморизованными известняками (на диаграме не показаны).

Петрохимическая диаграмма с учетом всех других особенностей облегчила разделение пород на группы, представленные в табл. 1. Как показали специальные полевые наблюдения, выделенные здесь группы пород обладают различными физико-механическими свойствами. Для развития жиловмещающих трещин благоприятными оказались наиболее хрупкие биотитово-кварцевые и кварцево-биотитовые сланцы и амфиболиты. Двуслюдяно-кварцевые сланцы оказались породами более пластичными и жиловмещающие трещины образуются в них реже (табл. 2).

*Таблица 2*

**Приуроченность кварцевых жил к слоям различных метаморфических пород**

(на примере одного из участков месторождения)

| Породы | Выход породы, % от площади участка | Количество кварцевых жил | | |
|---|---|---|---|---|
| | | число | проц. | на условную единицу площади пород |
| Кварцево-биотитовые и биотитово-кварцевые сланцы | 51,0 | 40 | 61 | 0,78 |
| Двуслюдяно-кварцевые сланцы | 47,0 | 22 | 33 | 0,47 |
| Амфиболиты | 2,0 | 4 | 6 | 2,0 |

Следует учесть, что горные породы месторождения оказывают влияние на минеральный состав кварцевых жил. Особенно четкая зависимость минерального состава кварцевых жил от состава вмещающих пород отмечена для жил перекристаллизации, которые встречаются здесь наряду с жилами выполнения [8]. Так, в гранатсодержащих сланцах в жилах перекристаллизации присутствует гранат, в кварцево-биотитовых сланцах — биотит и т. д.

Таким образом, изучение горных пород при ведении геологоразведочных работ на пьезооптический кварц является необходимым условием для правильного выбора площадей при постановке работ и для отнесения выявленных кварцевых жил к тому или иному типу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриев Ю. Н. О влиянии подстилающих пород на образование хрусталеносных кварцевых жил. ЗВМО, 1962, ч. 91, вып. 2.

2. Вертушков Т. Н. Месторождение жил альпийского типа на Среднем Урале. Тр. Горногеол. ин-та Ур. фил. АН СССР, 1948, вып. 14.

3. Ермаков Н. П. Генетические типы хрусталеносных погребов и кварцевых жил Алдана. ДАН СССР, 1945, т. 48.

4. Карякин А. Е. Зависимость минеральных ассоциаций хрустальных гнезд Приполярного Урала от химического состава вмещающих пород. Зап. ЛГИ, т. XXXV, 1958, вып. 2.

5. Лазько Е. М. Хрусталеносные кварцевые жилы и их генезис. Львовск. ун-т, 1957.

6. Львов Б. К. Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Кочкарского района. Изд. ЛГУ, 1965.

7. Никитин В. Д. Влияние вмещающих пород на тип минерализации эндогенных месторождений. ЗВМО, 1959, ч. 88, вып. 5.

8. Никитин В. Д., Руденко С. А., Эшкин В. Ю. Место хрусталеобразования среди процессов изменения метаморфических горных пород. Зап. ЛГИ, т. LX, 1970, вып. 2.

9. Смирнова В. А. Роль трещинной тектоники в образовании и размещении хрусталеносных кварцевых жил Приполярного Урала. Тр. ВНИИП, 1960, т. 5, вып. 2.

10. Токмаков П. П. Хрусталеносные кварцевые жилы замещения и хрусталеносные полости перекристаллизации Алдана. Тр. Ин-та геол., рудн. местор., петр., минер. и геохимии АН СССР, 1957, вып. 10.