

В. М. МАКАГОН, Г. Г. НЕСМЕЛОВ, И. А. ПОЛЕТАЕВ, Б. М. ПИМАКИН

**ЭКЗОКОНТАКТОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ  
АНОМАЛИИ ВОКРУГ ПЕГМАТИТОВЫХ ЖИЛ  
С Ta — Cs — Li-СПЕЦИАЛИЗАЦИЕЙ**

*(Представлено академиком В. А. Кузнецовым 22 I 1973)*

Изученные пегматитовые тела расположены в одном из районов Сибири. Основной его структурой является крупный крутопадающий грабен, выполненный вулканогенно-терригенными породами, которые метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма. Пегматитовые тела образуют крупное, линейно вытянутое поле. Оно располагается на крыле антиклинальной структуры и контролируется системой крутых взбросо-сдвигов. Видимой пространственной связи пегматитов с гранитами не наблюдается. Пегматитовые тела в пределах поля двух типов: 1) крупные согласные и кососекущие тела, состоящие из 5—8 отдельных ветвей с многочисленными раздвухами и пережимами и 2) поперечносекущие «лестничные» жилы, быстро выклинивающиеся по простиранию и падению.

По составу изученные пегматиты относятся к натро-литиевому типу по классификации А. Е. Ферсмана (1). В процессе формирования пегматитовых тел четко выделяются три стадии: 1) магматическая, 2) гидролиза и 3) натрового метасоматоза. Из магматического расплава, видимо, образовались два структурно-парагенетических комплекса: сподумен-альбит-кварцевый и сподумен-микроклин-кварцевый. При гидролизе полевых шпатов на послемагматическом этапе образовались зоны и участки кварц-мусковитового замещающего комплекса. В результате натрового метасоматоза образовался широко развитый альбит-кварцевый замещающий комплекс, нередко содержащий высокие концентрации танталита. Поллудит или образует довольно крупные стяжения, неравномерно распределенные в пегматитах, или приурочен к участкам альбитизации пегматитов.

Вмещающими пегматиты породами являются кристаллические сланцы (биотитовые, андалузит-биотитовые, гранат-биотитовые, биотит-рогообманковые) и амфиболиты.

В экзоконтактовых ореолах наблюдаются следующие минеральные преобразования вмещающих пород, связанные с формированием и преобразованием пегматитов: биотитизация, развитие вторичного амфибола, микроклинизация, мусковитизация, альбитизация, гольмквиститизация, турмалинизация, сульфидизация.

Наиболее широко развит процесс биотитизации. В слюдястых сланцах, содержащих первичный биотит, происходит его перекристаллизация с изменением состава и физических свойств. В амфиболсодержащих породах биотит развивается по амфиболу, часто с одновременным образованием сфена по ильмениту. По более светлым цветам плеохроизма, характерной «лапчатой» форме чешуек, обычно не ориентированных, по отсутствию углистых включений этот биотит легко отличим от первичного биотита пород. Показатель преломления вторичного биотита изменяется в широком интервале ( $N_m=1,597-1,640$ ). Новообразованный биотит отмечается в породах на расстоянии до 70 м от контакта с пегматитами, а в пределах 20-метрового ореола он присутствует постоянно. Максимальное количество

этого биотита встречается у контакта с пегматитовыми телами, где иногда возникают анхимономинеральные слюдиты. Наблюдается прямая связь между интенсивностью биотитизации в экзоконтактах и альбитизации в пегматитовых телах.

Новообразованный микроклин в виде порфиробластов и тонких прожилков, замещающих плагиоклаз, кварц и биотит, встречается в сланцах на расстоянии до 50 м от контактов пегматитовых тел, но устойчивого возрастания содержания микроклина по направлению к контакту не наблюдается. Нет и четкой корреляции процессов микроклинизации вмещающих пород с процессами в пегматитах. Аналогичная картина фиксируется для вторичного альбита, замещающего первичный плагиоклаз сланцев (олигоклаз № 27—28). Отмечено лишь явное наложение альбитизации на микроклинизацию.

Мусковитизация проявилась только в биотитсодержащих сланцах. Мусковит развивается по первичному биотиту, обычно с сохранением его прежней ориентировки. Вторичный биотит, описанный выше, мусковитизации не подвергается. Ширина ореола мусковитизации — от 5 до 15 м. Наиболее интенсивная мусковитизация наблюдается вокруг пегматитовых тел, в которых хорошо развит кварц-мусковитовый замещающий комплекс.

Замещение роговой обманки вторичным амфиболом наблюдается в амфиболитах и амфиболовых сланцах вокруг тех же жил, что и мусковитизация. Вторичный амфибол хорошо отличается от первичной роговой обманки синевато-зелеными цветами плеохроизма. Ширина ореола — до 10—15 м, а вокруг жил, не подвергшихся процессам гидролиза, — меньше. Процессы мусковитизации и образования щелочного амфибола взаимосвязаны и протекают до процесса биотитизации.

Турмалин фиксируется в ореоле измененных пород (как амфиболитов, так и сланцев) на расстоянии до 5—7 м, но наиболее обычен в непосредственной близости к контакту (до 0,5 м). Довольно часто в зальбандах пегматитовых жил образуется мономинеральная турмалиновая оторочка мощностью до 10—20 см.

Вокруг интенсивно альбитизированных пегматитовых тел вмещающие породы нередко обогащены сульфидами, преимущественно пиритом, лёллингитом и арсенопиритом. Ширина ореола сульфидизации не превышает 5 м от контактов.

Образование гольмквистита — наиболее специфический для редкометальных пегматитов экзоконтактовый процесс (<sup>2</sup>). Следует подчеркнуть, что гольмквистит — явно более поздний минерал, чем все описанные выше. Он замещает минералы даек, пересекающих пегматитовые тела, встречается в пегматитах и более поздних кварцевых жилах. Нередко в экзоконтактах сподуменсодержащих тел среди амфиболовых пород образуется гольмквиститовая зона мощностью в несколько десятков сантиметров. Гольмквистит обычен в 2—3 м от контакта, а отдельные кристаллы этого минерала встречаются по трещинам и на большем расстоянии.

Сопоставляя экзоконтактовые изменения со стадиями минерализации в пегматитах, мы приходим к выводу, что главные преобразования пород вокруг пегматитовых тел происходили на послемагматическом этапе. Изменения, соответствующие магматической стадии, ограничились узкой полосой экзоконтакта, а наложившиеся на них послемагматические изменения привели к полному замещению пород. Во время стадии гидролиза в экзоконтактовых ореолах происходило образование вторичного амфибола по роговой обманке, мусковита по биотиту, а в зальбандах пегматитовых жил — обильного турмалина. Все это — характерные продукты кислотной стадии послемагматического метасоматоза. Интенсивная биотитизация вмещающих пород, образование в них микроклина, альбита и сульфидов соответствуют по времени стадии альбитизации (натрового метасоматоза) пегматитов, когда во вмещающих породах связывалось большое количество выносимых щелочных элементов (поздняя щелочная стадия метасома-

тоза). Процесс гольмквиститизации связан как с преобразованиями внутри пегматитовых тел на стадии альбитизации, так и с процессами заключительной нейтральной стадии послемагматического метасоматоза по Д. С. Коржинскому (3).

Изучение распределения элементов в породах, вмещающих пегматитовые тела, показало, что в пределах экзоконтактовых ореолов наблюдаются контрастные аномалии содержания  $Li$ ,  $Cs$ ,  $Pb$ , а также  $B$ ,  $As$ ,  $Sn$ ,  $Nb$ , иногда  $R$  и  $W$ . Эти аномалии обусловлены минеральными преобразованиями в экзоконтактах и хорошо увязываются с ними по составу и размерам. Следует иметь в виду, что фоновые содержания элементов существенно различны в разных породах. В связи с этим местные фоновые содержания  $Li$  и  $Cs$  могут быть как выше, так и ниже кларковых содержаний для сланцев. Фоновые содержания  $Rb$ ,  $B$  и  $Sn$  всегда ниже кларковых, а мышьяка — всегда выше (см. табл. 1).

Таблица 1

Средние содержания некоторых элементов во вмещающих породах на различных расстояниях от контактов пегматитовых тел (%)

Расстояние от контакта, м	Число проб	Rb	Cs	B	As	Sn
0	14	0,088	0,18	0,14	0,031	0,0069
0,1—0,2	16	0,073	0,13	0,11	0,027	0,0049
0,5—1,0	23	0,033	0,069	0,055	0,024	0,0022
2—5	15	0,012	0,050	0,057	0,013	0,0013
10—20	7	0,008	0,025	0,005	0,006	0,0005
30—70	5	0,008	0,009	0,022	0,006	0,0003
Фоновые содержания		0,003—0,008	0,0003—0,0060	0,002—0,008	0,004—0,006	0,0003—0,0006
Кларковые содержания в сланцах		0,012	0,001	0,01	0,0007	0,001

Литий. В метаморфических породах вблизи контактов пегматитовых тел с  $Ta - Cs - Li$ -специализацией наблюдаются очень контрастные аномалии лития. При удалении от контактов жил содержание  $Li$  постепенно понижается, так что аномальная зона ореола обычно имеет ширину 20 м. Интенсивное концентрирование этого элемента происходит в гольмквиститовых зонах. Наиболее широкие ореолы  $Li$  связаны с зонами биотитизации амфиболовых пород и перекристаллизации биотита в сланцах.

Цезий. Содержание цезия в метаморфических породах вблизи жил обычно превышает 0,1%, что в некоторых случаях (5) представляет промышленный интерес. Высокие концентрации цезия связаны с биотитом. Значительные размеры ореола биотитизации приводят к образованию аномально высоких содержаний  $Cs$  на больших расстояниях от жил — до 70 м (табл. 1).

Совместное концентрирование  $Li$  и  $Cs$  в биотитах приводит к тому, что в преобладающей части ореола (за пределами гольмквиститовых зон) наблюдается тесная прямая корреляционная связь этих двух элементов.

Отношение  $K : Cs$  изменяет свою величину от 300—900 в неизмененных метаморфических породах до 50 во внешних зонах экзоконтактового изменения и 2,5 в альбандах жил, где биотит содержит до 4% цезия.

Рубидий в экзоконтактовых ореолах ведет себя подобно цезию, однако его ореолы менее контрастные и широкие. Прямая корреляция между  $Rb$  и  $Cs$  обусловлена тем, что в метаморфических породах они концентрируются одними и теми же минералами (биотитом, мусковитом). Для экзоконтактов жил пегматитов с  $Ta - Cs - Li$ -специализацией характерно по-

стоянное преобладание (в 2—3 раза) цезия над рубидием. Только в некоторых случаях отмечаются концентрации Rb, соизмеримые с концентрациями Cs (<sup>4</sup>).

Ореол бора в экзоконтактовых зонах четко связан с процессом турмалинизации и ограничен первыми метрами от контакта пегматитовых жил. Олово также обычно образует узкие ореолы, хотя в отдельных случаях их ширина достигает 10 м. Этот элемент находится в метаморфических породах в виде собственных минералов (касситерит, нигерит). Мышьяк имеет узкий (до 5 м) ореол, не характеризующийся высокой контрастностью в связи со значительно повышенным фоном этого элемента. Мышьяк входит в состав арсенопирита и лёллингита, распространенных как в метаморфических породах, так и в пегматитах. Ореолы Nb, Р и W изучены к настоящему времени еще недостаточно из-за малой чувствительности и точности имеющихся методов анализа.

Таким образом, из рассмотренных элементов наибольший интерес как элемент-индикатор представляет цезий. Максимальный размер аномалий, их контрастность и вполне определенная связь с вторичным биотитом выгодно отличают этот элемент от остальных элементов-индикаторов. Цезиеметрия вмещающих пород может быть рекомендована в качестве надежного метода обнаружения «слепых» пегматитовых тел с Та — Cs-минерализацией, залегающих на глубинах до 70 м от поверхности. Так как внутренние части экзоконтактовых ореолов являются рудами цезия нового типа (<sup>5</sup>), массовая цезиеметрия метаморфических пород в пределах пегматитовых полей позволит одновременно провести оценку распространенности цезиевых слюдитов. Хорошее совпадение первичных и вторичных аномалий цезия (<sup>6</sup>, <sup>7</sup>) делает возможной быструю ревизию больших территорий на руды цезия путем лито- и биогеохимического картирования по вторичным ореолам рассеяния.

Институт геохимии  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Иркутск

Поступило  
3 I 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Е. Ферсман, Избр. тр., т. 4, Изд. АН СССР, 1960. <sup>2</sup> Г. Н. Тарновский, В сборн. Геохимия пегматитов Восточной Сибири, «Наука», 1971. <sup>3</sup> Д. С. Коржинский, В сборн. Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании, 1966. <sup>4</sup> В. Е. Рябенко, М. П. Глебов и др., В кн. Ежегодник Инст. Геохимии Сиб. отд. АН СССР по работам 1969 г., Иркутск, 1970. <sup>5</sup> Л. Н. Овчинников, И. А. Полетаев и др., ДАН, т. 206, № 3 (1972). <sup>6</sup> В. А. Загоскин, А. А. Шиманский, В сборн. Ореолы рассеяния месторождений Восточной Сибири, «Наука», 1971. <sup>7</sup> М. П. Глебов, В. М. Макагон, А. И. Макрыгин, В кн. Матер. II сессии Сибирск. секции Межведомств. совета по проблеме: Научн. основы геохим. методов поисков месторождений полезн. ископаемых, в. 2, ч. 1, Улан-Удэ, 1972.