

В. М. МАКАГОН

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВ НА ИХ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 26 III 1973)

Изучены редкометальные пегматиты одного из пегматитовых поясов Сибири, относящиеся, по классификации А. Е. Ферсмана ⁽¹⁾, к патролитиевому типу. Они залегают среди вулканогенно-терригенных пород среднепротерозойской складчатой зоны, метаморфизованных в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма.

Главными породообразующими минералами пегматитов являются микроклин, альбит, сподумен и кварц в различных соотношениях. Среди пегматитовых жил выделяются тела с литиевой, танталовой и комплексной тантал-цезий-литиевой специализацией. Зональность в их строении проявлена слабо или совсем отсутствует.

Наиболее детально изучены пегматитовые жилы поля I, краткая геологическая характеристика которого приведена в работе ⁽²⁾. Оно простирается в северо-западном направлении вдоль крупного регионального разлома. Пегматитовые жилы в пределах поля образуют сложные жильные серии, протягивающиеся иногда на 1–1,5 км. Отдельные жилы этих серий представляют собой линзовидные тела с многочисленными раздувами и апофизами. Наблюдается отчетливая зональность в пространственном расположении жил, с северо-запада на восток и юго-восток в пегматитах возрастает содержание Ta, Cs и Rb, что выражается в обогащении пегматитовых жил восточного и юго-восточного флангов поля танталитом, микролитом и поллуцитом.

В процессе формирования пегматитовых тел отчетливо выделяются три стадии: 1) первичная кристаллизация из расплава, 2) гидролиз и 3) натровый метасоматоз.

Первой из этих стадий соответствуют два структурно-парагенетических комплекса: сподумен-кварц-альбитовый и альбит-кварц-сподумен-микроклиновый. Наиболее широко распространены жилы, сложенные минеральными ассоциациями второго комплекса. Они и явились объектом настоящего исследования. Пегматитовые жилы литиевой специализации сложены микроклином, сподуменом, кварцем с небольшим количеством альбита. В жилах комплексной тантал-цезий-литиевой специализации наблюдается более высокое содержание альбита, в них встречены также монтебразит, танталит, поллуцит ⁽²⁾. Последний, судя по его взаимоотношениям с другими минералами первичной кристаллизации, образуется после главных минералов.

Для выяснения условий кристаллизации минералов этого комплекса проведено изучение газово-жидких включений в сподумене и поллуците. Газово-жидкие включения в сподумене содержат жидкую углекислоту и водный раствор в различных соотношениях. При нагревании они обычно гомогенизируются в фазу водного раствора и редко — в фазу жидкой углекислоты. Встречаются также однофазовые включения жидкой углекислоты. Максимальная температура гомогенизации включений в сподумене из пегматитов литиевой специализации составляет 440–370°, минималь-

ная 220°. Эти величины близки к полученным И. В. Моториной и Л. Ш. Базаровым для сподумена из редкометальных пегматитов других районов (3). Включения в сподумене из пегматитов комплексной специализации гомогенизируются при температурах 320—220°. Указанные выше температуры гомогенизации не отражают истинной температуры образования сподумена, — они указывают только на пониженную температуру кристаллизации сподумена из пегматитов комплексной специализации. Определение температуры кристаллизации микроклина по методу Т. Барта также показало понижение температуры образования этих пегматитов (по графику Рябчикова (4) — средняя температура для литиевых пегматитов равна 505, а для комплексных 480°).

Изучение включений в поллците показало, что первичные включения с жидкой углекислотой в нем отсутствуют. Температура гомогенизации обычных газовой-жидких включений составляет 510—390°. Поскольку поллцит кристаллизуется в изучаемом комплексе одним из последних, то температура образования сподумена также превышает 500° и достигает, видимо, 550°. Согласно экспериментальным данным, приведенным в работе (5), этой температуре соответствует давление около 5 кбар. Наличие в сподумене включений жидкой углекислоты с высокой плотностью также указывает на большую величину давления, при котором происходила кристаллизация минерала. Полученные по диаграмме PVT для углекислоты и по температурам ее гомогенизации во включениях величины давлений составляют 4—4,5 кбар (для 550°) и близки к указанным выше экспериментальным данным. Тот факт, что в сподумене из пегматитов комплексной специализации распространены менее плотные включения с жидкой углекислотой, указывает на относительно пониженное давление, существовавшее при кристаллизации этих пегматитов.

Формирование пегматитов изученного поля происходило в условиях неспокойного тектонического режима, что подтверждается также отсутствием или слабым проявлением зональности в строении пегматитовых тел. Снижение внешнего давления приводило к гетерогенизации минералообразующих растворов на две фазы — водный раствор и жидкую углекислоту, которые наблюдаются во включениях из сподумена. Агрегатное состояние включений в поллците показывает, что при его кристаллизации фаза жидкой углекислоты в растворе отсутствовала, а давление летучих было пониженным. Таким образом, появление пространственной зональности в расположении пегматитовых жил с различной специализацией обусловлено понижением первоначальной температуры и давления кристаллизации пегматитов.

Возможно, что жилы комплексных пегматитов образовались из порций расплава, отделяющихся от очага при его эволюции в условиях более низких температуры и давления по сравнению с литиевыми пегматитами. Наличие включений с высокой плотностью CO_2 в сподумене и обычных газовой-жидких включений в поллците указывает на резкое снижение внешнего давления в процессе формирования комплексных пегматитов, в результате чего давление летучих на конечном этапе кристаллизации этих пегматитов резко понижалось.

Особенности процесса формирования пегматитов литиевой и комплексной специализации выражены в их геохимической специфике. Это особенно отчетливо видно на примере микроклина, поскольку геохимическая эволюция пегматитового процесса определяется изменением роли щелочных элементов и летучих (6), а микроклин является минералом-носителем калия и редких щелочей — рубидия и цезия.

Сравнение серий образцов микроклинов из пегматитов литиевой и комплексной специализации показывает, что они существенно различаются по составу. Микроклин комплексных пегматитов отличается более высоким содержанием Rb и Cs, а также накоплением последнего элемента относительно рубидия и калия, так что отношения Rb : Cs и K : Cs в мик-

роклине из пегматитов с поллуцитом минимальны и составляют в среднем соответственно 7,2 и 49 (см. табл. 1). Для микроклина литиевых пегматитов эти отношения равны 11,7 и 195. Отношение К : Rb также понижается от микроклина литиевых пегматитов к микроклину пегматитов комплексной специализации, что указывает на накопление в последнем рубидия не только в абсолютном количестве, но и относительно калия, хотя и в меньшей степени, чем цезия. Необходимо также отметить, что микроклин и комплексных, и литиевых пегматитов поля I содержит резко повышенные концентрации лития, что нельзя объяснить только недостаточно чистой отборкой мономинеральных проб. Видимо, эта геохимиче-

Таблица 1

Содержания К, Li, Rb, Cs и индикаторные отношения в микроклинах пегматитовых жил различной специализации

	Число проб	Содержания, вес. %				Отношения		
		К	Li	Rb	Cs	К:Rb	К:Cs	Rb:Cs
Пегматитовые жилы комплексной Та—Cs—Li-специализации								
Поле I								
Жила 1	3	10,97	0,0256	1,62	0,3303	6,8	33	4,9
» 2	2	10,27	0,0469	2,18	0,1700	4,7	60	12,8
Среднее	13	10,45	0,0317	1,57	0,2189	6,7	49	7,2
Пегматитовые жилы Li- или Та-специализации								
Поле I	9	10,9	0,0393	0,65	0,0558	16,8	195	11,7
» II	8	11,2	0,0037	0,61	0,0556	18,3	201	10,8
» III	10	11,0	0,0120	0,39	0,0306	28,2	360	12,8
» IV	7	10,8	0,0034	0,26	0,0153	41,5	706	17,3

ская особенность микроклина связана с специфичностью процесса формирования пегматитов этого поля.

Н. А. Солодовым при изучении зональных пегматитовых тел установлено, что микроклин из зон, содержащих поллуцит, обогащен рубидием и цезием (?). Поведение этих двух элементов, а также натрия в процессе образования зональных пегматитовых тел соответствует изменению их содержаний в микроклине от пегматитов литиевой специализации к комплексным пегматитам. Такое распределение Rb и Cs в микроклине пегматитов поля I подтверждает наш вывод о том, что поллуцитсодержащие пегматитовые тела образовались из относительно более низкотемпературных порций расплава.

Так как микроклин является единственным минералом-концентратом и носителем цезия в процессе первичной кристаллизации пегматитов, а изоморфная емкость его кристаллической решетки в отношении этого элемента резко ограничена, цезий, благодаря возможности вхождения в микроклин при кристаллизации комплексных пегматитов, все же не рассеивается полностью. Его накопление в конечных продуктах кристаллизации пегматитов привело к образованию поллуцита. Таким образом, первоначальное обогащение порций расплава, образующих комплексные пегматиты, цезием, а также ограниченное рассеяние последнего при указанных выше условиях процесса кристаллизации этих пегматитов явились причиной образования на конечном этапе этого процесса поллуцитовых обособлений, часто располагающихся в виде гнезд и желваков.

Содержание редких щелочей в микроклине и индикаторные отношения могут быть использованы для оценки поллуцитонности пегматитовых тел. Ю. М. Учакиным, А. А. Шиманским и Т. И. Пауллер были ука-

заны содержания Rb, Cs и Li, а также величина отношения Rb : Cs в микроклине, которые можно использовать как геохимический критерий наличия редкометалльной минерализации в пегматитах (⁸). Принимая во внимание наши данные, можно считать, что содержание Rb в микроклине >1%, Cs >0,1%, а также величины отношений K : Rb, K : Cs и Rb : Cs, не превышающие соответственно 10,8; 80 и 13,2, являются в комплексе геохимическим критерием поллуцитоносности жил всего пегматитового пояса. Содержание Li в микроклинах комплексной специализации изменяется от 0,0136 до 0,070.

Данные, полученные по микроклину пегматитовых жил других полей этого пегматитового пояса (см. табл. 1), согласуются с нашим выводом. Они показывают, что изученные пегматитовые жилы полей II, III, IV не должны содержать поллуцит, что подтверждается поисково-разведочными работами.

Таким образом, пегматиты литиевой и комплексной специализации образуются при различных физико-химических условиях, что отражается на геохимических особенностях минералов, слагающих пегматитовые жилы. Содержание Rb и Cs и указанные выше индикаторные отношения можно использовать в качестве критериев поллуцитоносности пегматитовых жил изучаемого пегматитового пояса.

Институт геохимии
Сибирского отделения Академии наук СССР
Иркутск

Поступило
21 III 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. Е. Ферман, Избр. тр., т. 4, Изд. АН СССР, 1960. ² Ю. И. Филиппова, ДАН, т. 192, № 5 (1970). ³ И. В. Маторина, Л. Ш. Базаров, В кн.: Тез. докл. III Всесоюзн. совещан. по минералогической термобарометрии и геохимии глубинных рудообразующих растворов, М., 1968. ⁴ И. Д. Рябчиков, В кн. Минералогическая термометрия и барометрия, «Наука», 1965. ⁵ А. А. Штернберг, Т. Н. Иванова, В. А. Кузнецов, ДАН, т. 202, № 1 (1972). ⁶ А. И. Гинзбург, В кн. Минералогия и генезис пегматитов. Международн. геол. конгр., XXI сессия, докл. сов. геол., Изд. АН СССР, 1960. ⁷ Н. А. Солодов, Внутреннее строение и геохимия редкометалльных гранитных пегматитов, Изд. АН СССР, 1962. ⁸ Ю. М. Учакин, А. А. Шиманский, Т. И. Пауллер, Геохимия, № 8 (1962).