

УДК 552.322.2 : 552.11 : 553.22

ПЕТРОГРАФИЯ

Н. И. ТИХОМИРОВА

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 11 V 1972)

Пегматиты являются одним из основных источников многих ценных редких элементов (цезия, лития, рубидия, тантала и др.), и вопросы их генезиса всегда актуальны.

Существуют три точки зрения на происхождение пегматитов, в том числе и редкометальных: 1) пегматиты кристаллизуются из особого расплава-раствора, генетически связанного с материнскими гранитами (А. Е. Ферсман, К. А. Власов и др.); 2) пегматиты образуются в процессах перекристаллизации и метасоматоза под действием рудоносных постмагматических растворов (А. Н. Заварицкий, В. Д. Никитин и др.); 3) пегматиты формируются в процессе ультраметаморфизма либо чисто метаморфогенным, либо палингенным путем (Н. Г. Судовиков, К. А. Шурпкин, М. С. Точилин и др.).

Соответственно источником редких элементов в первых двух случаях являются материнские граниты, в третьем — исходные метаморфические породы.

Нами были проведены исследования на одном из полей редкометальных пегматитов Кольского полуострова. Основными закономерностями их размещения, характерными для некоторых месторождений редкометальных пегматитов Li — Та — Cs-специализации, являются приуроченность к краевым зонам щитов и выступам древних платформ⁽¹⁾, сопряженность в пространстве и времени с процессами тектонической активизации преимущественно докембрийского возраста и связь их с глубинными региональными разломами^(2—4), а также преобладающее расположение пегматитов Na — Li-типа среди пород основного состава.

Редкометальные пегматиты Кольского полуострова расположены в пределах полосы, представляющей собой синклинальную складчатую зону, заложенную и развившуюся в архейском фундаменте на месте регионального глубинного разлома⁽⁵⁾. По данным геофизических исследований⁽⁶⁾, эта зона расположена на границе блоков с различной мощностью гранитного слоя и земной коры в целом. Подобные участки, как известно, характеризуются максимальными напряжениями в коре и, как следствие, представляют собой наиболее ослабленные зоны.

Синклиналь протягивается в северо-западном направлении непрерывно на 150 км при ширине 5—12 км. В обрамлении синклинальной зоны находится архейский фундамент. Отмечается резкое несоответствие в региональном плане простираций его главных структурных элементов и синклинальной зоны.

Синклиналь сложена метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами, в стратиграфическом разрезе которых снизу вверх выделяются: 1) гранат-биотитовые гнейсы с базальными конгломератами в основании; 2) плагиоамфиболиты; 3) порфириоиды и порфиритоиды; 4) высокоглиноzemистые сланцы^(7, 8, 5). Наиболее вероятный возраст метаморфических пород этой серии 2700—2500 млн лет^(9, 10). Породы смяты в линейные складки, ориентированные по простиранию полосы. Они прорваны интрузиями ультраосновных, основных пород, гранитоидами и пегматитами,

в том числе редкометальными, относящимися к нижнепротерозойскому времени. Все они образуют вытянутые жилы, группирующиеся в совокупности в протяженные пояса. Последние пространственно совмещены с амфиболитовыми толщами.

Проведенные исследования показали, что отмечаемая обычно генетическая связь редкометальных пегматитов с материнскими гранитоидами в данном случае отсутствует.

Вместе с тем устанавливается сопряженность пегматитов с процессами региональной мигматизации и гранитизации, непосредственно следующими за региональным метаморфизмом.

Региональный метаморфизм вмещающих эффузивно-осадочных и интрузивных пород проходил в условиях средней ступени амфиболитовой фации, на границе ее с высокотемпературной ступенью. В соответствии с систематикой С. П. Кориковского (¹¹), для бедных CaO пород — это андалузит-ставролитовая ступень равновесия, иногда с переходами к силлиманитовой; для основных пород — эпидот-роговообманковая. Парагенезисы обоих типов пород соответственно: 1) биотит + мусковит + гранат + ставролит + андалузит (силлиманит) + кварц + андезин и 2) куммингтонит + + актинолит (или актинолитовая роговая обманка) + хлорит (\pm цоизит или эпидот) + андезин-лабрадор.

Преимущественная устойчивость андалузита вместо дистена в среднетемпературных парагенезисах бедных CaO пород и характерная ассоциация куммингтонит + плагиоклаз в основных породах свидетельствуют о том, что метаморфизм проходил в условиях умеренной глубины при давлении 4,5–5,5 кбар (¹¹). На аналогичные термодинамические условия регионального метаморфизма в описываемом районе было указано ранее (¹²).

Метаморфизм сменяется мигматизацией, являющейся преимущественно метасоматическим процессом. Она характеризуется в целом нормальной щелочностью с передовой зоной плагиомигматизации. Местное повышение щелочности отмечается в связи с основным составом замещаемых пород.

В передовых порциях мигматизирующих растворов привносится главным образом Na₂O. Активность K₂O на этом этапе низкая. Это приводит к процессам плагиомигматизации, которые в основных породах выражаются в покислении плагиоклаза и замещении актинолита, актинолитовой роговой обманки и куммингтонита натрийсодержащей роговой обманкой. В породах, бедных CaO, происходит покисление плагиоклаза.

Далее натриевый метасоматоз сменяется калиевым (калиевая мигматизация). При этом наблюдается биотитизация роговой обманки, реже микроклинизация плагиоклаза. Одновременно отмечается дальнейшее покисление плагиоклаза.

В результате всех этих процессов исходные метаморфизованные эффузивно-осадочные и интрузивные породы превращаются вначале в плагиогнейсы с различными вариациями количественных содержаний биотита и роговой обманки, затем в гнейсы, а в итоге — в лейкоократовые и пегматоидные граниты.

Смена парагенезисов на этапе мигматизации свидетельствует о направленной тенденции приближения вмещающих пород по составу к гранитной эвтектике и соответствует обычной схеме гранитизации (вынос Ca, Mg, Fe и обогащение K, Na, Si).

В отличие от плагиомигматизации, имеющей более широкое площадное развитие, процессы биотитизации и микроклинизации устанавливаются лишь на небольшом удалении от редкометальных пегматитов. Последние оказываются расположеннымми внутри зоны калиевой мигматизации. Образование пегматитов, как нам представляется, связано с процессами собственно магматического замещения в участках наиболее интенсивного и продолжительного притока щелочей и одновременно с ними ряда редких

Таблица 1

Минеральные парагенезисы пегматитов

Недифференцированные пегматиты без редкометальной минерализации	Зональные редкометальнозамещенные пегматиты
Альбит-олигоклаз + микроклин (Rb 0,12—0,32; Cs 0,0016—0,0047; Li 0,0001—0,0139 *) + кварц + мусковит + гранат	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зона кварц-плагиоклазовая с шерлом, Альбит-олигоклаз + кварц + шерл. 2. Зона блокового микроклина. Микроклин (Rb 0,6—0,7; Cs 0,045—0,056; Li 0,0013—0,0046) 3. Зона замещения. Кварц + альбит + сподумен (Li_2O 6,76—6,82) 4. Зона замещения. Кварц + альбит + реликтовый микроклин (Rb 1,08—2,81; Cs 0,16—0,23; Li 0,0092—0,012) + сподумен (Li_2O 7,26) + поллуцит (Cs_2O 30,77—35,63; Li_2O 0,35—0,50)

* Здесь и далее в скобках за минералом приводятся содержания в нем редких щелочных элементов и их окислов (вес. %) по А. Ф. Соседко, 1961 г.

элементов (Li, Rb, Cs, Ta, Nb и др.). Дальнейшая эволюция возникшего *in situ* пегматитового расплава происходит в последовательности, установленной и детально описанной К. А. Власовым (13), А. И. Гинзбургом (14) и другими исследователями.

Как уже указывалось, редкометальные пегматиты Na — Li-типа, как правило, приурочены к породам основного состава. Это явление, по-видимому, может быть объяснено с точки зрения гипотезы Д. С. Коржицкого о кислотно-основном взаимодействии. Гранитизация пород, богатых сильными основаниями (CaO , MgO), сопровождается местным повышением щелочности и резким увеличением коэффициента активности щелочей (в том числе Li, Rb, Cs), что приводит к их осаждению.

Это видно из сравнения минеральных парагенезисов недифференцированных и зональных редкометальнозамещенных пегматитов (табл. 1). Содержания лития, рубидия и цезия в минералах-носителях (микроклине) из редкометальнозамещенных пегматитов заметно выше. Кроме того, в последних из-за резкого возрастания коэффициента активности редких щелочных металлов становится возможным образование собственных минералов лития (сподумен, лепидолит) и цезия (поллуцит).

Как указывалось выше, формирование редкометального пегматитового пояса Кольского полуострова, как и большинства месторождений редкометальных пегматитов Li — Ta — Cs-специализации, сопряжено в пространстве и времени с линейными зонами большой подвижности. Возникновение последних, по мнению Ю. М. Шейнманна и Л. И. Салопа, знаменуют собой принципиальную перестройку в тектонике в послеархейское время. Появившиеся на смену нелинейной древнейшей тектонике высокоактивные шовные ослабленные зоны, по-видимому, представляли собой области, наиболее доступные для проникновения мантийного материала — ювелирных растворов (продуктов дегазации мантии) и дайковых поясов ультраосновного состава, трассирующих эти зоны.

Согласно современным представлениям, в древнее время дегазация была наиболее масштабной. В архее она носила всеобщий характер, что привело в итоге к развитию сиалической коры на огромных площадях. В связи с появлением в протерозое первых линейных складчатых зон поступление ювелирных растворов в земную кору становилось более концентрированным. Это создавало условия для возникновения *in situ* собственно пегматитового расплава-раствора, обогащенного редкими элементами. Наиболее масштабная и концентрированная дегазация мантии в

протерозое совместно с наибольшей продолжительностью протерозойских тектонических этапов. По-видимому, может объяснить докембрийский возраст крупнейших в мире месторождений редкометальных пегматитов лигия-тантал-цезиевой специализации.

Таким образом, нам представляется, что редкометальные пегматиты Кольского полуострова образовались в результате процессов региональной гранитизации (магматического замещения). Появление их обусловлено: а) концентрированным развитием процессов гранитизации в первичных линейных складчатых зонах; б) связью этих зон с глубинными разломами, обеспечивающими приток ювенильных растворов, содержащих наряду с легколетучими также и редкометальные компоненты. В случае, когда вмещающими оказывались породы основного состава, создавались особенно благоприятные условия для перехода редких щелочей в твердую фазу.

Автор признателен С. П. Кориковскому за помощь в работе.

Институт минералогии, геохимии и
кристаллохимии редких элементов
Москва

Поступило
28 IV 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. И. Гинзбург, Вопросы изучения структур рудных полей и месторождений, Изд. АН СССР, 1961. ² Г. А. Топунова, Редкие элементы. Сырье и экономика, в. 3, М., 1969. ³ С. Е. Колотухина, А. Е. Первухина, А. В. Рожанец, Геология месторождений редких элементов Африки и экономическое значение, «Наука», 1964. ⁴ А. Д. Смирнов, И. Б. Недумов, В. В. Булдаков, Рифейские структуры Восточного Саяна и положение в них пегматитовых полей, Изд. АН СССР, 1963. ⁵ В. А. Токарев, Геофизика и тектоника Кольского полуострова, «Наука», 1966. ⁶ М. Я. Цирюлиникова, Э. К. Чегель и др., Геология и глубинное строение восточной части Балтийского щита, «Наука», 1968. ⁷ Л. А. Кирченко, Вопросы геологии и минералогии Кольского полуострова, в. 2, Изд. АН СССР, 1960. ⁸ В. А. Масленников, Граниты Кольского полуострова и Карелии, Изд. АН СССР, 1963. ⁹ В. А. Масленников, Геология и глубинное строение восточной части Балтийского щита, «Наука», 1968. ¹⁰ К. А. Шурин, Геология и глубинное строение восточной части Балтийского щита, «Наука», 1968. ¹¹ С. П. Кориковский, Метаморфизм, гранитизация и постмагматические процессы в докембрий Удокано-Становой зоны, «Наука», 1967. ¹² Л. А. Приякина, В. Б. Дагелайский, Граниты Кольского полуострова и Карелии, Изд. АН СССР, 1963. ¹³ К. А. Власов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1955). ¹⁴ А. И. Гинзбург, Минералогия и генезис пегматитов, Изд. АН СССР, 1960. ¹⁵ М. С. Точилин, Магматизм и геология Кольского полуострова, 1963.