

О двух генетических типах постмагматических ториево-редкоземельных месторождений

В. А. Невский, П. С. Козлова

Охарактеризованы два генетических типа постмагматических ториево-редкоземельных месторождений. Один из них связан с приповерхностными рудоносными очагами, другой — с глубинными. В месторождениях первого типа обнаруживается тесная пространственная связь с материнскими магматическими породами, сформированными на незначительной глубине от дневной поверхности. Эти месторождения характеризуются сложным поликомпонентным и полиминеральным составом и незначительным вертикальным размахом оруденения. Месторождения второго типа не имеют пространственной связи с магматическими породами, сформированы на значительной глубине от дневной поверхности при достаточном удалении от рудоносного очага. Минеральный состав руд месторождений сравнительно прост. Вертикальный размах оруденения составляет много сотен метров при выдержанности типа оруденения на глубину.

В настоящей статье детально изучены два типа постмагматических ториево-редкоземельных месторождений. Один из них относится к торий-ниобиево-редкоземельным месторождениям, другой — к торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковым, которые являются более сложными месторождениями.

Характерная особенность структурно-геологической позиции торий-ниобиево-редкоземельных месторождений — приуроченность их к краевым частям внутренних выступов докембрийского кристаллического фундамента, среди толщ палеозоя, в складчатых поясах. Породами, непосредственно их вмещающими, являются древние метаморфические толщи, в том числе и древние гнейсированные граниты, прорванные гнейсированными аплитами, порфиритами и лампрофирами. Метаморфические породы

обычно смяты в теснопережатые изоклинальные и нередко подвергшиеся сплющиванию складки и рассечены многочисленными разломами. Рудные тела месторождений представлены простыми и сложными кварцевыми и кварцево-карбонатными жилами с эгирином и глаукофаном и с подчиненными рудными минералами (табл. 1).

Процесс формирования рассматриваемых месторождений происходил в один этап, состоящий из четырех стадий: кварцевая, магнетит-карбонат-кварцевая, кварц-карбонат-сульфидная и безрудная кварц-кальцитовая. По объему основная масса жильных и рудных минералов месторождения связана с первой и второй стадиями при резком проявлении третьей и незначительном проявлении четвертой стадии. В первую стадию минерализации произошло отложение практически одного раннего кварца, в котором в виде ничтожной примеси отмечаются циркон и вольфрамит (рис. 1). Вторая стадия отличается обилием разнообразных жильных и особенно рудных минералов. К последним относятся основные ценные компоненты месторождений — редкие земли, ниобий и торий (монацит, ильменорутит, ферриторит, ортит, карбонаты и фторкарбонаты редких земель и пр.). Третья стадия минерализации также характеризуется большим разнообразием жильных и рудных минералов, однако содержания их незначительны. Наибольшую долю составляют жильные минералы (кварц, кальцит, флюорит, сидерит и незначительное количество барита). В завершающую четвертую стадию происходило отложение позднего кварца и кальцита.

Таблица 1

Минеральный состав торий-ниобиево-редкоземельных месторождений

Минералы	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Жильные	Кварц, кальцит, сидерит, эгирин, глаукофан	Биотит, микроклин флюорит, барит, мусковит, хлорит	Пренит, турмалин
Рудные	Магнетит, гематит, карбонаты и фторкарбонаты редких земель, ильменорутит	Пирит, ферриторит, галенит, молибденит, рутил, торит, титаномagnetит, ортит, апатит	Вольфрамит, сфалерит, халькопирит, золото, циркон

Минерал	Остаточные минералы	Стадии, связанные с процессом минерализации			
		I	II	III	IV
Кальцит	—				
Доломит	—				
Кварц	—				
Мусковит	—				
Серицит	—				
Кварц		—	—	—	—
Циркон		—			
Вольфрамит		—			
Эгирин			—		
Глаукофан			—		
Микроклин			—		
Биотит			—		
Апатит			—		
Ильменорутил			—		
Монацит			—		
Магнетит			—		
Пирит			—		
Титаномагнетит			—		
Ортит			—		
Рутил			—		
Кальцит			—	—	
Ферриторит			—		
Тарит			—		
Карбонаты и фторокарбонаты р.з.			—		
Флюорит			—		
Золото				—	
Молибденит				—	
Хлорит				—	
Халькопирит				—	
Сфалерит				—	
Галенит				—	
Сидерит				—	
Барит				—	

Рис. 1. Схема последовательности выделения минералов на торий-ниобиево-редкоземельных месторождениях.

Гнейсированные граниты, вмещающие рудные жилы, на контакте с последними часто интенсивно микроклинизированы, а кварцево-сланцевые сланцы биотитизированы. Микроклинизация и биотитизация вмещающих пород тесно связаны со второй стадией рудоотложения; по времени микроклинизация обычно несколько опережает биотитизацию.

Рудные жилы рассматриваемых месторождений вскрыты по вертикали на 600—800 м без каких-либо отчетливых изменений оруднения с глубиной.

Во вмещающих рудные тела метаморфических толщах как в верхних слоях рудных жил, так и на нижних их горизонтах резко преобладают трещины скальвания, а трещины отрыва составляют только 1—3% общего количества трещин в данных породах. Это убедительно показывает, что в предрудный и внутрирудный этапы существовали стабильные условия деформации вмещающих рудные жилы горных пород на значительном вертикальном интервале.

Рудные жилы обнаруживают тесную пространственную связь с дорудными дайками негнейси-

рованных аплитов. Имеются некоторые элементы геохимического родства между рудными жилами и указанными дайками. Такие рудные минералы рассматриваемых месторождений, как апатит, монацит, пирит и флюорит, являются аксессуарными минералами даек аплита. Дайки и рудные жилы обычно контролируются одними и теми же разломами. Это подтверждает существование парагенетической связи даек аплитов с торий-ниобиево-редкоземельными месторождениями. Материнские интрузии (вероятнее всего щелочные гранитоиды), с которыми генетически связано оруднение, скрыты на глубине.

Как показали детальные петротектонические исследования, рудные жилы и дорудные дайки аплитов обнаруживают отчетливые следы пластической деформации. Весьма своеобразны и особенности внутреннего строения дорудных разломов, в которых, как правило, не обнаруживаются брекчии, которые являются характерным показателем хрупкой деформации горных пород. Это подтверждает то, что формирование данных месторождений происходило на достаточной глубине от поверхности земли. В то же время присутствующий в рудах барит обычно образуется на глубине не более 2000—2500 м. Мы предполагаем, что именно на этих глубинах и происходило формирование рассматриваемых торий-ниобиево-редкоземельных месторождений.

Торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковые месторождения обычно занимают ту же структурно-геологическую позицию, что и торий-ниобиево-редкоземельные месторождения. Вмещающие породы таких месторождений в одних случаях представлены докембрийскими кристаллическими сланцами различного состава, в других — карбонатными или карбонатно-сланцевыми толщами нижнего палеозоя. Обычно они тесно пережаты в изоклинальные, а в некоторых случаях и подвергшиеся сплющиванию складки; реже отмечаются менее резко проявленные складчатые деформации, в том числе и куполовидные складки.

Древние толщи в районах развития этих месторождений прорваны разновозрастными изверженными породами. Среди этих пород отмечаются крупные массивы гранитоидов батолитового типа с сопровождающей их серией мелких интрузивов и жильных пород и более молодые (другого тектономагматического цикла) трещинные интрузивы субщелочных гранитоидов и щелочных пород с разнообразной жильной серией.

Характерная особенность геологической обстановки данных месторождений — обилие разломов, в том числе глубинных разломов, часто контролирующих трещинные интрузивы. Рудные тела обычно располагаются по краям щелочных и субщелочных пород или в зоне их экзоконтакта. Среди них встречаются жильные и жиллообразные тела, приуроченные как к единичным сложным трещинам скалывания или отрыва, так и к их системам, неправильные метасоматические залежи в узлах пересечения и сопряжения трещин; штокверки, линзы, гнезда и трубчатые тела различного сечения. У рудных тел, расположенных в экзоконтакте массивов, часто отмечается отчетливое изменение их морфологии с глубиной на коротких вертикальных интервалах (например, в направлении сверху вниз трубчатые тела сменяются линзовидными и жиллообразными). Наблюдаются также существенные изменения в соотношениях между трещинами отрыва и скалывания на коротких вертикальных интервалах. С глубиной число трещин отрыва значительно уменьшается (иногда почти в два раза) за счет возрастания трещин скалывания.

Приведенные данные показывают, что в предрудный и внутрирудный период формирования месторождений условия деформации вмещающих рудные тела горных пород менялись на достаточно коротких вертикальных интервалах (200—400 м).

Руды торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковых месторождений отличаются сложным минеральным составом (табл. 2). Главны-

ми жильными минералами этих месторождений являются кварц, биотит, альбит, ортоклаз, мусковит, серицит, флюорит, хлорит. На месторождениях, приуроченных к карбонатным породам, широко распространены минералы скарнов — везувиан, гранат, диопсид, эгирин-авгит, а также кальцит, анкерит, сидерит, марганец-сидерит. Среди главных рудных минералов установлены пирит, пирротин, галенит, сфалерит, молибденит, монацит, паризит, бастнезит, ферриторит, касситерит, ксенотим, иттрофлюорит, циртолит, малакон, магнетит, фенацит. На некоторых месторождениях вместо пирита широко распространен пирротин, а среди бериллиевых минералов отмечаются эпидидимит и эвдидимит.

Формирование месторождений происходило в два этапа, разделенных между собой периодом внедрения более поздних дифференциатов субщелочных и щелочных пород. Каждый этап состоял из нескольких стадий. На месторождениях, залегающих в карбонатных породах, процесс постмагматического минералообразования начинался с формирования везувиан-пироксен-гранатовых и эгирин-авгитовых скарнов, на других месторождениях — с отложения пегматоидного кварца с циртолитом, торитом и другими минералами. Затем следовала кварц-мусковит-серицитовая стадия. В большинстве случаев минерализация первого этапа практического значения не имеет. На некоторых же месторождениях с кварц-, мусковит-серицитовой стадией связано образование торий-бериллиево-редкоземельных руд.

Таблица 2

Минеральный состав торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковых месторождений

Минералы	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Жильные	Кварц, биотит, альбит, ортоклаз, мусковит, серицит, флюорит, хлорит; в карбонатных породах содержатся также везувиан, гранат, диопсид, эгирин-авгит, кальцит, анкерит, сидерит, марганец-сидерит	Микроклин, эпидот	Топаз, турмалин, актинолит, опал, халцедон, барит
Рудные	Пирит, пирротин, галенит, сфалерит, молибденит, монацит, паризит, бастнезит, ферриторит, касситерит, ксенотим, иттрофлюорит, циртолит, малакон, магнетит, фенацит	Халькопирит, арсенопирит, бавенит, джемсонит, станнин, марказит, клейофан, вюртцит, эпидидимит и эвдидимит, гематит, ильменит, феррихрутонит, торит, рутил, амбатоаринит, анкилит, кальциоанкилит, флюоцерит, мизерит, циркон, апатит	Буланжерит, пираргирит, стефанит, прустит, козалит, полибазит, франкеит; самородные — свинец, висмут, серебро, олово, киноварь, шеелит, вольфрамит, станнин, колумбит, берилл, рутил, висмутин, ортит

Минерал	Э т а п ы м и н е р а л и з а ц и и						
	I			II			
	С т а д и и		М и н е р а л и з а ц и и				
	Легматонд- ный кварц	Кварц-муско- вит-серици- тобая	Альбито- вая	Биотит-мо- нацитовая	Ферриторит- ортоклазовая	Сульфидно- кварцевая	Кварцевая
Кварц	-----	-----				-----	-----
Цирколит	-----						
Микроклин	-----						
Альбит	-----		-----				
Биотит	-----			-----	-----		
Эпидот					-----		
Топаз				?			
Ортит							
Флюорит	-----?	-----	-----		-----	-----	-----
Торит	-----						
Монацит	-----	-----	-----	-----	-----		
Апатит		-----	-----	-----	-----		
Ферриторит	-----	-----	-----	-----	-----		
Мусковит		-----	-----				
Циркон		-----					
Турмалин		-----		-----			
Колумбит				-----			
Ильменит				-----			
Ортоклаз				-----	-----		
Ксенотим					-----	-----	
Шеелит	-----						
Вольфрамит	-----						
Касситерит	-----	-----	-----		-----		
Арсенопирит	-----	-----	-----		-----	-----	
Молибденит	-----	-----	-----		-----	-----	
Пирит	-----	-----	-----		-----	-----	
Халькопирит	-----	-----	-----		-----	-----	
Магнетит	-----	-----	-----		-----	-----	
Серицит	-----	-----	-----		-----	-----	
Хлорит	-----	-----	-----		-----	-----	
Малакон	-----	-----	-----		-----	-----	
Амбтоаринит	-----	-----	-----		-----	-----	
Анкилит	-----	-----	-----		-----	-----	
Кальциоанкилит	-----	-----	-----		-----	-----	
Паризит	-----	-----	-----		-----	-----	
Бастнезит	-----	-----	-----		-----	-----	
Берилл	-----	-----	-----		-----	-----	
Фенакит	-----	-----	-----		-----	-----	
Бавенит	-----	-----	-----		-----	-----	
Рүтил	-----	-----	-----		-----	-----	
Флюоцерит	-----	-----	-----		-----	-----	
Феррихитонит	-----	-----	-----		-----	-----	
Иттрофлюорит	-----	-----	-----		-----	-----	
Сфалерит	-----	-----	-----		-----	-----	
Галенит	-----	-----	-----		-----	-----	
Джемсонит	-----	-----	-----		-----	-----	
Гематит	-----	-----	-----		-----	-----	
Кальцит	-----	-----	-----		-----	-----	
Марказит	-----	-----	-----		-----	-----	
Вюртцит	-----	-----	-----		-----	-----	
Лирротин	-----	-----	-----		-----	-----	
Станнин	-----	-----	-----		-----	-----	
Барит	-----	-----	-----		-----	-----	
Клейофан	-----	-----	-----		-----	-----	
Киноварь	-----	-----	-----		-----	-----	
Самородный Pb	-----	-----	-----		-----	-----	
Самородное Sn	-----	-----	-----		-----	-----	
Самородная Cu	-----	-----	-----		-----	-----	
Самородная Sb	-----	-----	-----		-----	-----	

Рис. 2. Схема последовательности выделения минералов на торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковых месторождениях.

Второй этап рудоотложения состоит из четырех-пяти стадий. На месторождениях, где торий-бериллиево-редкоземельное оруденение связано с минерализацией первого этапа, эти стадии отражают последовательность формирования сульфидных руд. Здесь выделяются следующие стадии (от ранних к более поздним): касситеритово-арсенопиритовая, пирротиновая, сфалерит-галенитовая и безрудная карбонатная. На других месторождениях выделяются альбитовая, биотит-монацитовая, ферриторит-ортоклазовая, сульфидно-кварцевая стадии (рис. 2).

Представляющие практический интерес торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковые руды в основном связаны со второй, третьей и четвертой стадиями второго этапа. При этом редкие земли цериевой группы (они составляют 55—60% от общего количества суммы редких земель) в главной своей массе отлагались в биотит-монацитовую стадию, иттриевой группы (40—45%) в более позднюю — ферриторит-ортоклазовую. Сульфидное оруденение в основном было сформировано в сульфидно-кварцевую стадию.

В процессе рудообразования субщелочные гранитоиды и щелочные породы подверглись грейзенизации, альбитизации, ортоклазизации, серицитизации, хлоритизации и окварцеванию, а кристаллические сланцы — биотитизации и хлоритизации. В карбонатных породах широко развиты скарнирование, флюоритизация, окварцевание, анкеритизация и сидеритизация.

Наблюдается контрастная пульсационная зональность в размещении продуктов минерализации относительно кровли материнских интрузивов. В зоне их эндоконтакта или в непосредственной близости к нему во вмещающих породах обычно размещаются продукты высокотемпературной минерализации первого этапа или ранних стадий второго этапа. На некотором удалении от контакта располагается основное ториево-редкоземельное оруденение, еще глубже — сульфидные и бериллиевые руды. На крайних флангах рудных зон, как правило, размещаются продукты безрудной минерализации завершающих стадий рудоотложения. Аналогичные изменения минерализации наблюдаются и в вертикальном разрезе. При этом заметные изменения типа оруденения с глубиной отмечаются на вертикальных интервалах в 100—150 м, а иногда и на более коротких. Общий вертикальный размах оруденения колеблется в пределах от 250—300 до 400—450 м, а всей постмагмати-

ческой минерализации — от 400 до 650 м. Максимальное наблюдавшееся удаление наиболее поздней минерализации от выходов материнских субщелочных и щелочных пород в случае трещинных интрузивов достигает 2—2,5 км, вокруг штоков — примерно около 1 км.

Отдельные рудные тела рассматриваемых месторождений в основном возникли в результате совмещения минерализации сближенных стадий рудоотложения. Реже отмечается совмещение в одном рудном теле минерализации первого и второго этапов.

Воссоздание геологического разреза в период формирования торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковых месторождений, а также некоторые косвенные данные об особенностях деформации вмещающих месторождение горных пород (широкое развитие предрудных и внутрирудных брекчий в зонах разломов) показывают, что их формирование происходило на незначительной глубине (500—600 и 1000—1200 м).

Торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковые месторождения обнаруживают тесную пространственную связь с массивами субщелочных и щелочных пород и зональное размещение оруденения около них. Такие акцессорные минералы субщелочных и щелочных пород, как циркон, циртолит, апатит, флюорит, ферриторит, монацит, касситерит, молибденит, пирит, галенит и пр., являются важными рудными минералами рассматриваемых месторождений. Щелочные и субщелочные породы и связанные с ними месторождения близки по возрасту и обычно контролируются одними и теми же разломами. Таким образом, можно сделать вывод о существовании генетической связи торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковых месторождений с субщелочными гранитами и щелочными сиенитами.

Описанные данные показывают, что торийно-бериллиево-редкоземельные месторождения формировались на значительном удалении от породившего их рудоносного очага, который развивался вероятнее всего на достаточно больших глубинах от дневной поверхности (километры или десятки километров). Торий-бериллий-редкоземельно-свинцово-цинковые месторождения, наоборот, обнаруживают непосредственную связь с материнскими интрузивами и, по-видимому, связаны с рудоносными очагами, развивавшимися на небольшой глубине и незначительном удалении от мест локализации оруденения.

Поступила в Редакцию 13/VIII 1964 г.
В окончательной редакции 6/I 1965 г.

