Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1987, т. 112

УДК 553.311.2

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ТИПЫ СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Г.С.ПОРОТОВ

К скарново-магнетитовым относятся месторождения, заметно различающиеся закономерностями размещения, способами образования, составом руд и околорудных метасоматитов и множеством других геологических особенностей. Существуют различные точки зрения на то, какие месторождения следует считать скарново-магнетитовыми. По В.А.Жарикову [4], к скарновым относятся месторождения, сложенные рудами, локализованными в скарновых или околоскарновых породах, которые возникли в результате закономерного сочетания скарно- и рудообразования в едином гидротермальном процессе. Л.В.Овчинников [II] включает в группу скарновых различные генетические типы железорудных месторождений: магматические, пневматолитовые, гидротермально-метасоматические, вулканогенно- и гидротермально-осадочные, которые связаны общностью происхождения и различаются формами переноса и способами отложения рудного вещества.

Как показывает опыт изучения скарново-магнетитовых месторождений, они образуются в результате сочетания нескольких взаимосвязанных процессов, среди которых развитие скарнов обычно, но иногда скарны отсутствуют, их заменяют «нескарновые" метасоматиты (скаполитовые, альбитовые и пр.). Существенно то, что на многих месторождениях рудное вещество частично накапливалось до скарнового процесса: железо и другие рудные компоненты входили в состав магматических пород (плутонических и вулканических), осадков различного происхождения (чаще гидротермально-осадочного), ранее возникших метаморфических пород (например, контактовых роговиков). Доскарновые рудные скопления и последующие скарны вызывались одной и той же эндогенной причиной, но связаны с различными этапами развития единого эндогенного процесса. В редких случаях накопление рудного вещества не имеет отношения к последующему развитию скарнов (например, скарново-рудный процесс может быть наложен на древние железистые кварциты). В ходе скарно- и рудообразования обычно происходит перераспределение ранее накопившегося и привнос новой порции рудного вещества. Если доскарновое и скарновое оруденения пространственно совмещены в пределах одного месторождения или рудного тела, то оруденение нужно считать полигенным. Если доскарновое и скарновое оруденения пространственно разобщены, то можно говорить о нескольких моногенных типах месторождений, но их совокупность (рудный комплекс) все же является полигенной, что и имел в виду Л.Н.Овчинников [II]. После завершения скар-

ново-рудного процесса некоторые месторождения подверглись преобразованиям под действием регионального или локального метаморфизма [6, 7] с перегруппировкой вещества и появлением новых парагенезисов минералов, сходных со скарновыми. Таким образом, окончательный облик скарново-магнетитовых месторождений формируется в результате ряда зависимых и независимых процессов, среди которых ту или иную роль играют и собственно скарновые процессы.

Тектоническая позиция месторождения. Изучение размещения скарново-магнетитовых месторождений СССР показывает, что они располагаются в различной геологической обстановке. По приуроченности к основным геолого-структурным элементам земной коры их можно разделить на геосинклинальные, орогенные, платформенные и кристаллических щитов (см. таблицу).

Геосинклинальные месторождения возникают в позднегеосинклинальный этап развития складчатых областей и связаны со становлением вулканоплутонических комплексов (ВПК) андезит-диоритового или трахит-сиенитового составов. К ним относятся большинство скарново-магнетитовых месторождений главных рудных провинций СССР: Уральской, Тургайской и Алтае-Саянской. Месторождения локализуются в различных частях ВПК - от корневых частей (периферических магматических очагов) до вулканокупольных построек [12, 13]. Глубина формирования месторождений накладывает заметный отпечаток на состав руд и околорудных метасоматитов, на локальные закономерности размещения оруденения и на распространенность тех или иных генетических типов оруденения.

Орогенные месторождения образуются в орогенный этап развития складчатых областей. Они возникают в приконтактовой зоне малоглубинных батолитов гранитоидного и монцонитового составов. Подобные месторождения известны в Алтае-Саянской горной области (например, Тельбесский рудный узел) и в Средней Азии (Ирису, Сусинген и др.). По своему облику они сходны с наиболее глубинными геосинклинальными месторождениями.

Платформенные месторождения известны только в Ангаро-Тунгусской провинции. Они контролируются долгоживущими зонами глубинных разломов и трубками взрыва, возникшими в связи с траповым магматизмом при активизации Сибирской платформы [2, 8]. К ним относятся Рудногорское, Нерюндинское, Тагарское и др.

Месторождения кристаллических щитов отличаются от остальных скарново-магнетитовых месторождений сильным региональным метаморфизмом вмещающих пород. Они залегают среди гнейсов, амфиболитов, мраморов кристаллических сланцев. К ним относятся железорудные месторождения Якутии (Таежное, Пионерское и др.).

Рассмотренные группы месторождений близки к формационным типам, выделенным П.А.Строной [19]. Так, его халькопирит-кобальтин-магнетитовая скарновая формация геосинклинальных структур неогея, магнетит-халькопирит-пентландитовая траповая формация платформ и формация ультраметаморфических скарнов щитов соответствуют трем рассмотренным выше группам месторож-

Классификация скарново-магнетитовых месторождений

Тектоническая позиция	Генетический тип	Минеральный тип	Примеры месторождений
Геосинклинальная	Гидротермально-осадочный метаморфизованный	Водно-силикатный	Холзуиское, Гаринское, Кедровское
		Известково-скарновый	Белорецкое, Инское, Родионов Лог
		Скаполитовый	Таятское
	Гидротермально-метасоматический	Магнезиально-скарновый	Тейское, Шерегешевское, Магнетитовое-Солонго, Валуевское
		Известково-скарновый	Гороблагодатское, Высокогорское, Магнитогорское, Песчанское, Алешинское, Сорское, Дашкесанское
		Пироксен-альбитовый	Сарбайское, Соколовское, Южно-Ломоносовское, Кунай-Жаркульское, Третье Северное
		Титаномагнетитовый	Естюнинское, Баяновское, Вересовское, Давыдовское
		Скаполитовы	Качарское, Соколовское (участки), Осокино-Александровское, Гороблагодатское (участки), Хайлеолское
		Водно-силикатный	Сарбайское (участки), Шагыркульское, Куржункульское, Второе Северное, Абаканское, Таштагольское, Анзасское, Хабалыкское
		Дашкесанитовый	Табратское, Одиночное (участки)
	Гидротермальный жильный	Апатит-пироксен-магнетитовый	Центрально-Ломоносовское, Соколовское (участки), Качарское (участки)
		Гранат-магнетитовый	Южно-Сарбайское (участки), Алешинское (участки)
Орогенная	Гидротермально-метасоматический	Магнезиально-скарновый	Леспромхозное, Темир-Тау, Ирисуйское (участки)
		Известково-скарновый	Тельбесское, Казское, Ирисуйское (участки), Чокадам-Булак
	Динамометаморфизованный	Известково-скарновый	Ташелгинское
Платформенная	Гидротермально-метасоматический	Автореакционно-скарновый	Коршуновское, Рудногорское, Нерюндинское, Тагарское
	Гидротермальный жильный	Магномагнетитовый	Камышевский Байкитик, Нижнекатангское
Кристаллических щитов	Ультраметаморфический	Магнезиально-скарновый	Таежное, Десовское
		Скаполитовый	Пионерское, Комсомольское

дений, но являются более широкими понятиями, включающими в себя другие типы полезных ископаемых. Орогенные скарновые месторождения у П.А.Строны отсутствуют.

Генетические и минеральные типы месторождений. Среди скарново-магнетитовых месторождений имеются различные генетические типы оруденения, которые встречаются как вместе (на одном месторождении), так и раздельно. Особенно разнообразны геосинклинальные месторождения. Среди них выделяются гидротермально-осадочные метаморфизованные, гидротермально-метасоматические и гидротермальные жильные. Они образуются почти одновременно, имеют общий источник и различаются способом отложения рудного материала: осадочным, метасоматическим или выполнением пустот (трещин, зон дробления).

Гидротермально-осадочные (или вулканогенно-осадочные) железные руды в первичном виде, когда железо находится в виде гематита (например, Коргонское месторождение), не имеют промышленного значения. Промышленными они становятся лишь после метаморфизма руд под воздействием высокотемпературных гидротермальных растворов или контактового метаморфизма. В ходе метаморфизма происходит восстановление гематита до магнетита (или мушкетовита), привносятся новые порции железа и в результате руды становятся более богатыми и легкообогатимыми. В зависимости от степени и характера метаморфизма среди рассматриваемых месторождений различаются три минеральных типа: водно-силикатный, известково-скарновый и скаполитовый (см. таблицу). Теоретически возможно появление и других минеральных типов.

Гидротермально-метасоматические месторождения преобладают в группе скарново-магнетитовых. Они образуются при замещении магнетитовыми рудами карбонатных и силикатных, реже сульфатных пород под воздействием высокотемпературных гидротермальных растворов. Силикатные породы представлены чаще вулканическими и интрузивными, реже терригенно-осадочными типами. Из карбонатных пород преобладают известняки, реже встречаются доломиты. На Качарском месторождении часть рудных тел возникла при замещении горизонта ангидритсодержащих пород [14].

Среди скарново-магнетитовых месторождений, по предложению Г.А.Соколова [16], выделены четыре минеральных типа (в первоисточнике - подтипа): известково-скарновый, магнезиально-скарновый, скаполитовый и водно-силикатный, различающиеся минеральным составом магнетитовых руд и околорудных метасоматитов. Позднее дополнительно были выделены дашкесанитовый [18] и так называемый естонинский [20] минеральные типы. В данной работе естонинский тип назван титаномагнетитовым по составу главного рудного минерала (см. таблицу), но можно было бы назвать его и роговиковым, так как рудой являются пироксен-плагиоклазовые или амфибол-плагиоклазовые роговики с вкрапленностью титанистого магнетита. Кроме того, целесообразно выделить еще пироксен-альбитовый тип месторождений в нескарновых метасоматитах, который упоминается в работах Л.Н.Овчинникова [10]. Для него характерно развитие пироксен-магнетитовых руд с альбитом или кальцитом среди пироксен-альбитовых околорудных метасоматитов. К данному минеральному типу относят-

ся такие крупные месторождения, как Сарбайское и Соколовское, хотя в них в подчиненном количестве присутствуют и другие минеральные типы оруденения (известково-скарновый и водно-силикатный – на Сарбайском, известково-скарновый и скаполитовый – на Соколовском). Не случайно Г.А.Соколов в одной из своих работ [17] отнес их к смешанному скаполит-альбит-скарновому типу.

Среди гидротермально-метасоматических геосинклинальных месторождений, как показано в таблице, имеются все перечисленные минеральные типы. Некоторые из них повторяются и в других генетических типах.

Магнезиально-скарновые месторождения образуются обычно по высокомагнезиальным породам, например по доломитам, но при значительном привносе магния могут возникать и по алюмосиликатным породам. Характерными минералами скарнов и руд являются форстерит, клиногумит, шпинель, флогопит, фассаит (высокоглиноземистый клинопироксен), а также развивающийся по ним серпентин. Реже встречаются другие магнезиальные минералы: хондродит, брусит, периклаз и тальк. Известково-скарновые месторождения формируются при замещении известняков или алюмосиликатных пород при значительном привносе кальция. В составе скарнов и руд распространены гранат, пироксен и эпидот, реже отмечаются волластонит, везувиан и другие кальциевые минералы.

Пироксен-альбитовый минеральный тип образуется, как и предыдущий, по известнякам и алюмосиликатным породам, но руды и околорудные метасоматиты имеют другой минеральный состав. При замещении известняков возникают руды, состоящие в основном из магнетита, пироксена и остаточного кальцита. По алюмосиликатным породам образуются либо пироксен-альбит-магнетитовые руды, либо пироксен-альбитовые безрудные метасоматиты.

Титаномагнетитовые месторождения, как отмечалось выше, представлены рудными роговиками, которые образуются под воздействием сильно нагретых растворов на вулканические и интрузивные породы. Растворы приносят рудные компоненты и вызывают перекристаллизацию горных пород в роговики. В их составе преобладают плагиоклаз (олигоклаз-андезин), пироксен и титанистый магнетит, иногда присутствуют роговая обманка и биотит. Не следует смешивать данные роговики с безрудными контактовыми роговиками, возникающими при внедрении интрузивных тел.

Скаполитовый тип возникает при замещении различных алюмосиликатных пород устойчивой ассоциацией скаполита, пироксена и магнетита с примесью флогопита, альбита и ортоклаза. В магнетите часто повышено содержание титана. Околорудные метасоматиты и руды имеют одинаковый минеральный состав и различаются лишь количеством магнетита. Не следует смешивать скаполитовый тип оруденения со скаполитизацией вмещающих пород, проявленной на многих скарново-магнетитовых месторождениях. Такая скаполитизация не сопровождается накоплением магнетита и не может являться основанием для отнесения месторождения к скаполитовому или скаполит-скарновому типу.

Водно-силикатный тип образуется в среднетемпературных условиях и обычно сменяет по латерали более высокотемпературный известково-скарновый или пироксен-альбитовый типы оруденения. Он характеризуется ассоциацией

актинолита, эпидота и магнетита с альбитом или кальцитом. Околорудные метасоматиты сложены актинолитом, эпидотом и альбитом.

Дашкесанитовый тип близок к предыдущему, но вместо актинолита ведущую роль в составе руд и околорудных метасоматитов играет дашкесанит – хлорсодержащий амфибол гастингситового ряда (феррогастингсит).

Замечено [13, 15], что в глубоких частях ВПК – в ярусе периферических магматических очагов – преобладают магнезиально-скарновый и известково-скарновые типы, в средних частях – в ярусе магмоподводящих каналов пироксен-альбитовый и водно-силикатный, а в верхних частях – в ярусе вулканокупольных построек – скаполитовый тип оруденения.

Гидротермальные жильные месторождения представлены двумя распространенными минеральными типами. Жилы с устойчивым парагенезисом магнетита, пироксена и апатита известны на многих месторождениях пироксен-альбитового и скаполитового типов. Иногда жилы слагают отдельные рудные тела – штокверки и даже месторождения (например, Центрально-Ломоносовское в Тургае), что справдывает выделение самостоятельного апатит-пироксен-магнетитового минерального типа оруденения. Подобные жилы иногда называют пегматоидными, есть предположение о магматическом их происхождении [9]. Другой распространенный тип жильных руд выполнения – гранат-магнетитовый, он характерен для некоторых известково-скарновых месторождений, где слагает также обособленные рудные тела – штокверки. Жильные руды, как правило, образованы позднее гидротермально-метасоматического оруденения и накладываются на него, располагаясь внутри общего с ним метасоматического ореола (внутри скарново-рудных зон).

Орогенные месторождения представлены двумя генетическими типами: гидротермально-метасоматическим и динамометаморфизованным. Гидротермально-метасоматические месторождения сложены магнезиально-скарновыми и известково-скарновыми минеральными типами, которые по характеру оруденения весьма близки к таким же геосинклинальным месторождениям. Магнезиально-скарновое оруденение развивается в основном по доломитам, а известково-скарновое по известнякам. На ряде месторождений установлено наложение известково-скарнового оруденения на ранее сформированное магнезиально-скарновое [21].

В орогенных условиях скарново-магнетитовые месторождения иногда попадают в локальные зоны интенсивного термо- и динамометаморфизма (приразломный динамометаморфизм, по И.А.Калугину [6]). Характерным примером является Ташелгино-Майзасская группа месторождений и рудопроявлений известково-скарнового типа в Кузнецком Алатау. В результате метаморфизма в зоне шириной до 1,5 км произошла перекристаллизация руд и скарнов [5], а вмещающие породы преобразованы в амфиболиты, гнейсы и мраморы. Метаморфизм наложил определенный отпечаток на состав руд и скарнов. Так, в них часто встречается роговая обманка, а гранат содержит повышенное количество альмандиновой молекулы.

Среди платформенных месторождений можно различать гидротермально-метасоматический и гидротермальный жильный генетические типы, хотя их часто рассматривают совместно, как единый генетический тип. Основанием для

разделения их на два генетических типа можно считать работы В.А.Вахрушева и А.Е.Ворсонцова [I, 2]. Особенность рассматриваемых месторождений состоит в том, что интрузивные тела, с которыми можно было бы связать образование скарново-магнетитового оруденения, отсутствуют. Для объяснения происхождения скарнов выдвинута гипотеза автореакционно-скарнового генезиса [3] под воздействием высокотемпературных гидротермальных растворов, поступавших по долгоживущим глубинным разломам и трубкам взрыва. В.А.Вахрушев [2] установил, что вначале возникали известковые скарны, замещавшие различные вмещающие породы, а на них потом накладывались магнезиальные скарны. Магнетитовое оруденение формировалось одновременно с магнезиальными скарнами, поэтому по составу оно соответствует магнезиально-скарновому типу, но отличается некоторыми особенностями. Важнейшая особенность состоит в том, что в пробах магнетита всегда отмечается высокое содержание магния, достигающее иногда I0 % (или I6 % MgO). Установлено [2], что в одних магнетитах примесь магния связана в основном с включениями нерудных минералов: серпентина, шпинели, хлорита, брусита и других. Такие магнетиты содержат не более 4 % изоморфного магния, и их можно назвать магнезиальными. В других магнетитах почти весь магний является изоморфной примесью, и их следует называть магномагнетитами (в них содержится 30-50 % магнетитовых, 45-65 % магнезиоферритовых и 2-I0 % шпинелевых молекул). Соответственно, и рассматриваемые месторождения можно разделить на автореакционно-скарновые (с магнезиальным магнетитом) и магномагнетитовые. Выявлено также [2], что магномагнетитовые руды залегают преимущественно в виде жильных рудных тел, в то время как в автореакционно-скарновых преобладает метасоматическое оруденение. На основании этих соображений платформенные месторождения разделены на гидротермально-метасоматические (автореакционно-скарновые) и гидротермальные жильные (магномагнетитовые).

Месторождения кристаллических щитов залегают среди горных пород высокой ступени регионального метаморфизма (гнейсов, амфиболитов, мраморов и кристаллических сланцев) и сами частично метаморфизованы [6, 7]. Образование данных месторождений, по М.П.Мазурову [7], многоэтапное. Он допускает возможность первичного вулканогенно-осадочного накопления железа, но основное значение придает процессам гранитизации и ультраметаморфизма, вызвавшим отложение основной массы магнетита вместе со скарновыми минералами. По составу месторождения делятся на два минеральных типа: магнезиально-скарновый и скаполитовый (см. таблицу), хотя в подчиненном количестве в месторождениях присутствуют и другие типы оруденения - известково-скарновый и водно-силикатный.

Приведенный обзор скарново-магнетитовых месторождений показывает, что среди них по тектонической позиции можно выделить 4 группы, 5 генетических и II минеральных типов, различающихся закономерностями размещения, условиями образования, составом руд и околорудных метасоматитов. К этому следует добавить, что на многих месторождениях наблюдается совмещение нескольких типов оруденения, которые сменяют друг друга во времени или в пространстве, создавая метасоматическую зональность и обуславливая полигенный их генезис.

ЛИТЕРАТУРА

Вахрушев В.А., Воронцов А.Е. Минералогия и геохимия железорудных месторождений юга Сибирской платформы. Новосибирск, Наука, 1976. 99 с.

2. Вахрушев В.А. Скарново-железорудные месторождения Сибирской платформы. - В кн.: Скарновые месторождения. М., Наука, 1985, с. 186-234.

3. Жариков В.А. Скарновые месторождения. - В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. М., Недра, 1968, с. 220-302.

4. Жариков В.А. Общая характеристика скарнов и скарновых месторождений. - В кн.: Скарновые месторождения. М., Наука, 1985, с. 4-25.

5. Казимиров И.П., Шепель А.Б. Ташелгино-Майзасская группа. - В кн.: Геология СССР. Т. 14. Западная Сибирь. Полезные ископаемые. М., Недра, 1982, с. 107-113.

6. Калугин И.А. Метаморфизм вулканогенно-осадочных железных руд. - Тр. ИГиГ, 1985, вып. 622. 148 с.

7. Мазуров М.П. Генетические модели скарновых железорудных формаций. - Тр. ИГиГ, 1985, вып. 616. 184 с.

8. Момджи Г.С. Платформенная магномагнетитовая формация. М., Недра, 1976. 204 с.

9. Нуварьева Ю.А., Нефедьев М.А., Якимов Л.И. Магматические апатит-магнетитовые руды месторождения Гурвунур в Западном Забайкалье. - Сб. науч. трудов СНИИГГИМС, 1980, вып. 276, с. 69-77.

10. Овчинников Л.Н. Контактово-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала. - Тр. Горно-геол. ин-та УФАН СССР, 1960, вып. 39. 495 с.

11. Овчинников Л.Н. О полигенности скарновых железорудных месторождений. - Геология рудных месторождений, 1980, № 3, с. 58-73.

12. Поротов Г.С. Магнетитовое оруденение и магматизм на примере Тургайского прогиба. - Изв. вузов. Геология и разведка, 1980, № 12, с. 67-73.

13. Поротов Г.С. Связь магнетитовых месторождений Тургайского прогиба с палеовулканическими постройками. - В кн.: Геология и генезис железорудных месторождений. Свердловск, изд. УНЦ АН СССР, 1981, с. 25-34.

14. Поротов Г.С., Веселов Е.В. Формационные особенности Качарского месторождения в Тургайском прогибе. - Зап. ВМО, 1983, вып. 5, с. 535-547.

15. Поротов Г.С. Критерии местоположения скарново-магнетитовых месторождений в ярусах строения палеовулканических аппаратов. - Зап. ЛГИ, 1985, т. 104, с. 51-56.

16. Соколов Г.А. Типы и условия образования магматогенных железных руд СССР. В кн.: Железорудная база черной металлургии СССР. М., Изд-во АН СССР, 1957, с. 34-53.

17. Соколов Г.А. Закономерности размещения железорудных месторождений на территории СССР. - В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. М., Наука, 1967, т. 8, с. 79-84.

18. Соколов Г.А., Дымкин А.М. К вопросу о классификации контактово-метасоматических железорудных месторождений. - В кн.: Геология и генезис магнетитовых месторождений Сибири. М., Наука, 1967, с. 5-15.

19. Строна П.А. Главные типы рудных формаций. Л., Недра, 1978. 199 с.

20. Фоминых В.Г. Естюнинский тип малотитанистых магнетитовых руд на Урале. - ДАН СССР, 1981, т. 261, 5, с. 1209-1211.

21. Шабынин Л.И. Магнезиально-скарновые железорудные месторождения. М., Недра, 1978. 232 с.