Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXV, 1978 г.

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППИРОВКА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

Г.С.ПОРОТОВ, Е.В.ВЕСЕЛОВ

Советский Союз занимает ведущее место в мире по запасам и добыче железных руд, оставив далеко позади развитые капиталистические страны, в том числе и США. В нашей стране разведано или эксплуатируется более трехсот железорудных месторождений, различных по генезису, вещественному составу руд, промышленному значению. Ежегодно вовлекаются в разведку и добычу новые месторождения. Быстрое развитие минерально-сырьевой базы железных руд, совершенствование геологических представлений об условиях формирования и размещения полезных ископаемых приводят к необходимости регулярно уточнять геолого-промышленную группировку железорудных месторождений и относительную роль различных их типов. В предлагаемой статье показана относительная значимость промышленных типов железорудных месторождений на начало десятой пятилетки.

Классификацией, или группировкой, железорудных месторождений занимались многие исследователи: В.А.Глазковский, Г.А.Браун, Н.А.Быховер, В.М.Крейтер, Г.С.Момджи, Г.А.Соколов, В.М.Григорьев и другие. В основе классификаций лежат различные особенности месторождений: их генезис, тектоническое положение, вещественный состав руд, промышленная значимость и т.д. Многообразие свойств месторождений и критериев их классификации обусловливают появление множества различных группировок железорудных месторождений. Выбор способа классификации определяется задачами исследования и областью использования.

Можно выделить четыре основных направления классификации железорудных месторождений. Первое – генетическое, в основу группировки месторождений берется их генезис [7, 9, 10]. Второе основано на вещественном составе руд [3]. К третьему можно отнести геолого-промышленную группировку месторождений по генетическому признаку, но с учетом их промышленной значимости [2, 4]. Наконец, в качестве первого классификационного признака предлагается использовать тектонические закономерности размещения месторождений [6].

Несмотря на многообразие способов группировки месторождений, различные их классификации имеют много общего, так как оперируют практически с одинаковыми типами месторождений. Классификации отличаются преимущественно порядком расположения типов месторождений и различной детальностью

их расчленения. Например, использование в классификации тектонического признака [6], важного при металлогенических исследованиях, привело к разделению контактово-метасоматических месторождений на три группы, так как они встречаются в различных тектонических условиях.

В основе предлагаемой геолого-промышленной группировки железорудных месторождений лежит генетический подход с учетом вещественного состава руд и промышленного значения месторождений. Генетической группировке не препятствует то, что для некоторых типов месторождений существуют различные взгляды на генезис, так как группы четко обособлены по множеству других геологических особенностей.

Наиболее развернутая генетическая группировка железорудных месторождений приведена Г.А.Соколовым и В.М.Григорьевым [9], выделившим группы по генезису и классы месторождений по составу руд. Эту группировку можно взять за основу геолого-промышленного сравнения месторождений, внеся в нее некоторые коррективы и упростив ее.

Среди магматических месторождений Г.А.Соколов и В.М.Григорьев выделили четыре класса, связанные с различными магматическими формациями и различающиеся по особенностям состава руд. Рядом исследователей, в частности В.И.Смирновым [7], месторождения, залегающие в карбонатитах и имеющие смешанный магматический и метасоматический генезис, выделены в отдельную группу. Остальные магматические месторождения В.И.Смирнов, не разделяя на группы, связывает с различными габброидами. В промышленности главную роль играют титаномагнетитовые магматические месторождения в габбро-пироксенит-дунитовой магматической формации, которые и определяют необходимость выделения одного класса магматических месторождений.

Среди контактово-метасоматических месторождений известны только магнетитовые; они сопровождаются различными парагенезисами рудных минералов и делятся на четыре класса. Геологические различия между классами невелики. Правильнее было бы говорить о подклассах (подтипах) магнетитовых месторождений, как ранее делал Г.А.Соколов [8], и считать все магнетитовые месторождения одним классом.

Целесообразно выделить группу вулканогенно-осадочных месторождений [7], которая отнесена Г.А.Соколовым и В.М.Григорьевым в группу осадочных морских месторождений и не выделена даже как класс.

Среди месторождений кор выветривания имеет смысл различать лишь связанные с железистыми кварцитами, как имеющие большое промышленное значение, и с ультрабазитами, как комплексные. Промышленное значение всех остальных ничтожно, и их можно объединить в один класс. Месторождения кор выветривания могут быть частично переотложены, и тогда остаточные руды встречаются в одних рудных полях с осадочными рудами. Такие месторождения не следует относить к двум разным классам.

Богатые руды криворожского типа резко отличаются по геологическим особенностям и по промышленному использованию от железистых кварцитов, имеют спорный генезис и должны быть выделены в отдельный класс.

Некоторые классы не имеют промышленных месторождений и могут быть исключены из рассмотрения (например, гидротермальные железнослюдковые).

Геолого-промышленная группировка железорудных месторождений СССР

Генетическая группа	Тип (класс) месторождений	Запасы, %	Добыча, %
Магматические	Титаномагнетитовые	10,7	3,1
Карбонатитовые	Апатит-магнетитовые	1,0	1,7
Контактово-метасоматические	Магнетитовые	13,8	16,7
Гидротермальные	Магномагнетитовые	2,4	2,8
	Сидеритовые	0,9	2,1
Вулканогенно-осадочные	Гематит-магнетитовые	0,5	1,3
Осадочные	Сидерит-лептохлорит-гидрогетитовые	8,3	3,0
	Гематитовые	1,3	–
Коры выветривания	Мартит-гематитовые на железистых кварцитах	9,1	9,9
	Гетит-гидрогетитовые на ультрабазитах	0,3	0,3
	Гетит-гидрогетитовые	0,4	0,2
Метаморфогенные	Железистые кварциты	48,2	36,1
	Богатые магнетит-гематитовые	3,1	22,8
		100,0	100,0

С учетом сделанных замечаний среди железорудных месторождений выделено 8 генетических групп и 13 типов (см.таблицу).

По запасам руд ведущую роль играют месторождения железистых кварцитов, контактово-метасоматические, магматические и кор выветривания железистых кварцитов. По добыче руд главное значение имеют железистые кварциты и связанные с ними богатые магнетит-гематитовые руды (типа Кривого Рога) и мартитовые (КМА), а также контактово-метасоматические месторождения.

Титаномагнетитовые месторождения сложены вкрапленными титаномагнетитовыми рудами в габбро и пироксенитах (Гусевогорское, Качканарское, Первоуральское), реже богатыми вкрапленными ильменит-титаномагнетитовыми рудами в габбро и диабазах (Копанское, Кусинское, Пудожгорское). Основные запасы и добыча этих руд сосредоточены на Урале. Все руды рассматриваемых месторождений комплексные. Главную ценность представляют железо (около 80%) и ванадий (около 20%). Меньшее значение имеют титан, платиноиды, медь, кобальт, никель и фосфор. Железо, титан и ванадий сосредоточены в титаномагнетите и ильмените. Платиноиды слагают собственные минералы, в основном поликсен. Медь заключена в борните, халькопирите и халькозине. Кобальт и никель частично связаны с сульфидами, но есть в титаномагнетите и оливине. Фосфор связан с апатитом. Титаномагнетитовые руды легко обогащаются магнитной сепарацией. Из руд извлекают пока только железо и ванадий. Флотацией можно выделить также ильменит в титановый

концентрат. Сульфиды, платиноиды и апатит остаются в хвостах мокрой магнитной сепарации.

Апатит-магнетитовые руды представлены эксплуатируемым Ковдорским месторождением. Перспективы этого типа оруденения связаны с новыми месторождениями на Кольском полуострове и в Западной Сибири (Ессей, Ыраас, Маган и др.). Руды Ковдорского месторождения представлены тремя разновидностями: апатит-форстерит-магнетитовой, кальцит-магнетитовой и штаффелит-магнетитовой. Комплексный характер руд обусловлен присутствием магнетита, апатита и бадделеита. Путем мокрой магнитной сепарации (ММС) получают магнетитовый концентрат. Технологическая схема переработки ковдорских руд позволяет извлекать из хвостов ММС гравитационный бадделеитовый и флотационный апатитовый концентраты. В дальнейшем надо обратить внимание на возможность выделения из руд форстерита (для получения огнеупоров) и сульфидов (для извлечения серы и кобальта).

Контактово-метасоматические месторождения являются наиболее многочисленными. Они сосредоточены в основном в Тургайском прогибе (Качарское, Соколовское, Сарбайское и др.), в Алтае-Саянской области, на Урале, в Якутии, отдельные - в Закавказье, Средней Азии и на Дальнем Востоке. Месторождения этой группы различаются по особенностям состава руд и по ряду геологических особенностей. Можно выделить по крайней мере четыре типа оруденения: известково-скарновый, магнезиально-скарновый, скаполит-альбитовый и водосиликатный. Магнетитовые руды в основном комплексные (около двух третей). Ведущим минералом в них всегда является магнетит. При комплексном использовании руд промышленное значение приобретают сульфиды: пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит и другие; в них заключены попутные компоненты: сера, кобальт, никель, медь, цинк, свинец, кадмий, селен, теллур, золото, серебро и пр. В некоторых магнетитовых рудах представляют интерес апатит, содержащий фосфор и редкие земли, датолит и людвигит - носители бора. Основное значение среди руд контактово-метасоматических месторождений имеют комплексные пирит-магнетитовые руды, преобладающие на большинстве месторождений. Технологическая схема переработки комплексной магнетитовой руды включает сухую и мокрую магнитную сепарацию. Коллективная флотация хвостов ММС позволяет выделить сульфиды в сульфидный концентрат, а селективная флотация разделяет его на пиритно-кобальтовый, медный, свинцовый и цинковый концентраты. Установлена возможность флотационного выделения апатитового или апатит-кальцитового концентратов из хвостов ММС или сульфидной флотации.

Магномагнетитовые месторождения (Нерюнгинское, Коршуновское, Рудногорское и др.) сосредоточены в Западной Сибири и связаны с траппами. Эксплуатируется Коршуновское месторождение, осваивается Рудногорское. Руды рассматриваемых месторождений обычно некомплексные, что обусловлено крайне низким содержанием сульфидов. Интерес для комплексного использования может представлять апатит, который накапливается в хвостах магнитной сепарации. Комплексными являются руды только Тагарского месторождения, которые содержат серу, кобальт и бор.

Сидеритовые месторождения относятся в основном к Бакальской группе. В верхней части залежей сидериты окислены и представлены бурыми железняками. Бакальские сидериты (среднее содержание железа 33-34%) и бурые железняки бедны фосфором, богаты марганцем и содержат немного серы. Сидеритовые руды характеризуются высоким и непостоянным содержанием магнезии, что ограничивает их применение в металлургии; используются только для получения железа.

Вулканогенно-осадочные гематит-магнетитовые месторождения представлены Атасуйской группой (Центральный Казахстан), где эксплуатируются месторождения Западный и Восточный Караджал и Большой Ктай. Руды по составу гематит-магнетитовые с примесью марганцевых минералов. Комплексный характер руд Атасуйского месторождения обусловлен наличием в них марганца, германия (в магнетите) и барита. Из руд добывают железо и марганец. Изучена технология извлечения германия.

Осадочные сидерит-лептохлорит-гидрогетитовые месторождения подразделяются на морские (Керченский бассейн, Аятское) и континентальные (Лисаковское). Руды бедные, труднообогатимые и добываются лишь при особо благоприятных горнотехнических условиях (Камышбурунский и Лисаковский ГОКи). Для рассматриваемых руд характерно солитовое строение. По вещественному составу руды разнообразны, могут быть разделены на окисные, состоящие из гидроокислов железа, силикатные, сложенные главным образом железистыми хлоритами, и карбонатные - существенно сидеритовые. Встречаются и смешанные руды. Руды бедны железом (33-40%) и требуют обогащения, часто по сложным дорогим схемам. Ценными примесями в рассматриваемых рудах являются фосфор, марганец и ванадий. При переработке керченских руд из фосфористого чугуна получают фосфатные шлаки, используемые для удобрений. При переработке руд Лисаковского месторождения помимо фосфатных шлаков технологически возможно получение глиноземистых шлаков, пригодных в качестве сырья для алюминиевой промышленности.

К гематитовым осадочным относятся месторождения Ангаро-Питского района. Руды - галька и обломки хлорит-гематитового состава - не представляют интереса для комплексного использования, относятся к труднообогатимым и нуждаются в обжиг-магнитном обогащении.

Мартит-гематитовые месторождения кор выветривания железистых кварцитов сосредоточены в пределах Курской магнитной аномалии. Руды преимущественно остаточные, в небольшом количестве встречаются переотложенные. По минеральному составу выделяются гематит-мартитовые, гидрогематит-мартитовые, сидерит-мартитовые и другие мало распространенные руды. Мартитовые руды КМА являются некомплексными, из них извлекают только железо, содержание которого составляет 55-62%.

Гетит-гидрогетитовые месторождения кор выветривания ультрабазитов сосредоточены на Южном Урале (10 месторождений) и на Северном Кавказе (Малкинское). Встречаются охристые руды и переотложенные солитовые, часто совместно в пределах одного месторождения. Все руды этих месторождений - комплексные; ценными компонентами в них помимо железа являются хром, никель, кобальт. В СССР нет промышленного опыта переработки буроже-

лезняковых руд такого типа, проведены только лабораторные испытания с целью получения кобальтовых, никель-железных и хромовых продуктов.

Из-за малых масштабов оруденения и отсутствия попутных компонентов гетит-гидрогетитовые месторождения, возникающие при выветривании других богатых железом природных образований, не представляют интереса для комплексного использования.

Месторождения железистых кварцитов связаны с сильно метаморфизованными породами преимущественно протерозойского возраста. Они сосредоточены в районе КМА, Криворожья, Кольского полуострова, на Дальнем Востоке (всего 40 месторождений). Железистые кварциты представлены двумя разновидностями: магнетитовой и гематит-мартитовой (железнослюдковой). По химическому составу магнетитовые кварциты являются высококремнистой рудой, бедной по содержанию железа (33-39%), довольно чистой по сере и фосфору. Технологическая схема переработки железистых кварцитов включает несколько стадий дробления и магнитной сепарации (сухой и мокрой). Иногда осуществляется флотация хвостов магнитной сепарации. Полуокисленные кварциты подвергаются и магнитно-гравитационному обогащению. Концентраты, получаемые из железистых кварцитов, отличаются высоким качеством. Железистые кварциты содержат мало попутных компонентов и пока не представляют интереса для комплексного использования.

Богатые магнетит-гематитовые сплошные руды приурочены к железистым кварцитам Криворожского железорудного бассейна. По минеральному составу выделяются руды гематитовые, или мартитовые (93% запасов), гидрогематитовые и амфибол-магнетитовые. Руды характеризуются высоким содержанием железа (57,1%) и низким фосфора и серы, повышенным содержанием кремнезема и глинозема при почти полном отсутствии окиси кальция и окиси магния. В них встречается марганец, иногда присутствует ванадий. Богатые сплошные гематитовые руды используются промышленностью без обогащения, сильно разубоженные руды подвергаются обогащению по различным схемам, нередко малоэффективным. Для комплексного использования интереса не представляют.

Руды многих из перечисленных типов месторождений являются комплексными. Ориентировочно комплексные руды слагают 27,7% запасов и 19,7% добычи железных руд. Среди комплексных железных руд наиболее важны руды магнетитовые контактово-метасоматических месторождений, титаномагнетитовые магматических месторождений и апатит-магнетитовые карбонатитовых месторождений. Меньшее значение имеют руды осадочные морские оолитовые, вулканогенно-осадочные и кор выветривания ультрабазитов.

Комплексное использование железных руд в целом пока нельзя считать удовлетворительным [1, 5]. Попутные компоненты частично извлекаются из комплексных руд лишь шести месторождений (Гусевогорское, Кусинское, Первоуральское, Ковдорское, Камышбурунское и Новокиевское). На остальных месторождениях из комплексных руд извлекают лишь железо.

Важнейшей задачей комплексного использования железных руд СССР следует считать технико-экономическую оценку промышленной значимости попутных компонентов по каждому типу железорудных месторождений, что по-

зволяет обосновать целесообразность проведения соответствующих исследований, а в дальнейшем и строительство промышленных предприятий по извлечению попутных компонентов. В первую очередь заслуживают внимания руды контактово-метасоматических месторождений в Тургайском прогибе, в Алтае-Саянском районе, на Урале и в Закавказье, вулканогенно-осадочные руды Казахстана и легированные бурожелезняковые Южного Урала.

Следует обратить внимание на недостаточную изученность вещественного состава и технологических свойств комплексных железных руд некоторых магномагнетитовых месторождений Ангаро-Илимской группы и магнетитовых месторождений Южной Якутии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков В.С. Состояние и перспективы комплексного использования железных руд. Обзор ВИЭМС. М., 1971, 9 с.

2. Быховер Н.А. Экономика минерального сырья. Т. 1. М., Недра, 1969, 413 с.

3. Глазковский В.А. Геолого-минералогические основы технологической оценки руд месторождений железа. М., Госгеолтехиздат, 1954, 182 с.

4. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Т. 1. М., Госгеолтехиздат, 1960. 332 с.

5. Момджи Г.С., Григорьев В.М., Глухоедов Н.В. Сырьевая база и перспективы комплексного использования железных руд. М., 1970, 22 с.

6. Момджи Г.С., Пастушенко И.И., Кефала А.П. и др. Оценка железорудных месторождений при поисках и разведках. М., Недра, 1970, 416 с.

7. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., Недра, 1976. 688 с.

8. 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.57-65.

9. Соколов Г.А., Григорьев В.М. Месторождения железа. - В кн.: Рудные месторождения СССР. Т. 1. М., Недра, 1974, с. 9-103.

10. Татаринов П.М., Карякин А.Е., Голиков А.С. и др. Курс месторождений полезных ископаемых. Под ред. П.М.Татаринова и А.Е.Карякина. Л., Недра, 1975, 631 с.