

## **ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ГЕНЕЗИС КУРЖУНКУЛЬСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Ю. Н. Яковлев*

### **1. СТРАТИГРАФИЯ**

Куржункульское месторождение сравнительно невелико, но некоторые особенности развития оруденения проявлены в нем очень отчетливо и характерны для ряда других магнетитовых месторождений Кустанайской области.

Месторождение расположено в средней части главной рудоносной полосы Тургайского прогиба и представлено двумя участками — Куржункульским (юго-западная часть) и Темирским (северо-восточная часть), которые разделены небольшим интервалом с незначительным оруденением.

Месторождение приурочено к осадочно-вулканогенной толще нижнекаменноугольного возраста. В основании разреза залегают туфоконгломераты красновато- и зеленовато-бурого цвета, которые выше переслаиваются с разнотекстурными вулканическими туфами, а затем сменяются белыми мраморизованными известняками. Туфоконгломераты и туфы встречаются только на юго-западной окраине месторождения, где они нередко скарнированы. Возраст их не установлен. Известняки сравнительно неширокой полосой протягиваются с юго-запада на северо-восток, при падении — на северо-запад. На большей части месторождения в пределах этой полосы наблюдаются два горизонта известняков, из которых верхний имеет мощность 20—35 м, а мощность нижнего не установлена (он нигде не пересечен полностью, хотя некоторые скважины прошли более 100 м). До выклинивания по простиранию и падению известняки не прослежены. Возраст их, по аналогии с соседним Козыревским месторождением, считается нижнекаменноугольным (визейским).

Ранее считалось, что этот комплекс вулканогенных и осадочных пород в виде крупного ксенолита заключен в гипабиссальной интрузии диорит-порфиритов, а рудная зона приурочена к эндоконтактовой части интрузии [9, 12]. Однако непосредственно на месторождении интрузивных пород нет, а вся толща, лежащая над известняками, представляет собой переслаивание различных эффузивных образований: дацитовых, андезитовых и дацит-андезитовых порфиритов, кварцевых порфиритов и маломощных прослоев вулканических туфов. Эта толща рудовмещающая; к ней приурочена подавляющая часть рудных тел и метасоматитов; небольшое количество их располагается на контакте с извест-

няками, непосредственно в известняках магнетитовое оруденение и скарнирование наблюдаются крайне редко. Возраст эффузивной толщи точно не устанавливается. По составу она очень близка вулканогенному комплексу Валерьяновской свиты  $C_1^{vt}$ , породы которого широко развиты в районе месторождения.

Известняки и породы эффузивной толщи пересечены маломощными (1,5—3 м) дайками диабазовых порфиритов и лампрофиров, которые особенно часто наблюдаются на Темирском участке. Они хлоритизированы и карбонатизированы, местами содержат вкрапленность сульфидов (обычно пирита).

Все палеозойские породы в верхней части сильно изменены и превращены в глины коры выветривания, сохранившиеся в пониженных частях погребенного рельефа палеозойского фундамента. На этих глинах или непосредственно на измененных палеозойских породах почти горизонтально залегают рыхлые отложения мезокайнозойского возраста мощностью 30—50 м.

## 2. СТРУКТУРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ФОРМА РУДНЫХ ТЕЛ

В последние годы в результате буровых работ в районе месторождения установлены три крупные складки субмеридионального простирания: Ушсорско-Валерьяновская антиклиналь, расположенная примерно в центре, и примыкающие к ней синклинали — одна на западе, другая — на востоке. Все они осложнены складчатостью второго и более высоких порядков, а также дизъюнктивными нарушениями.

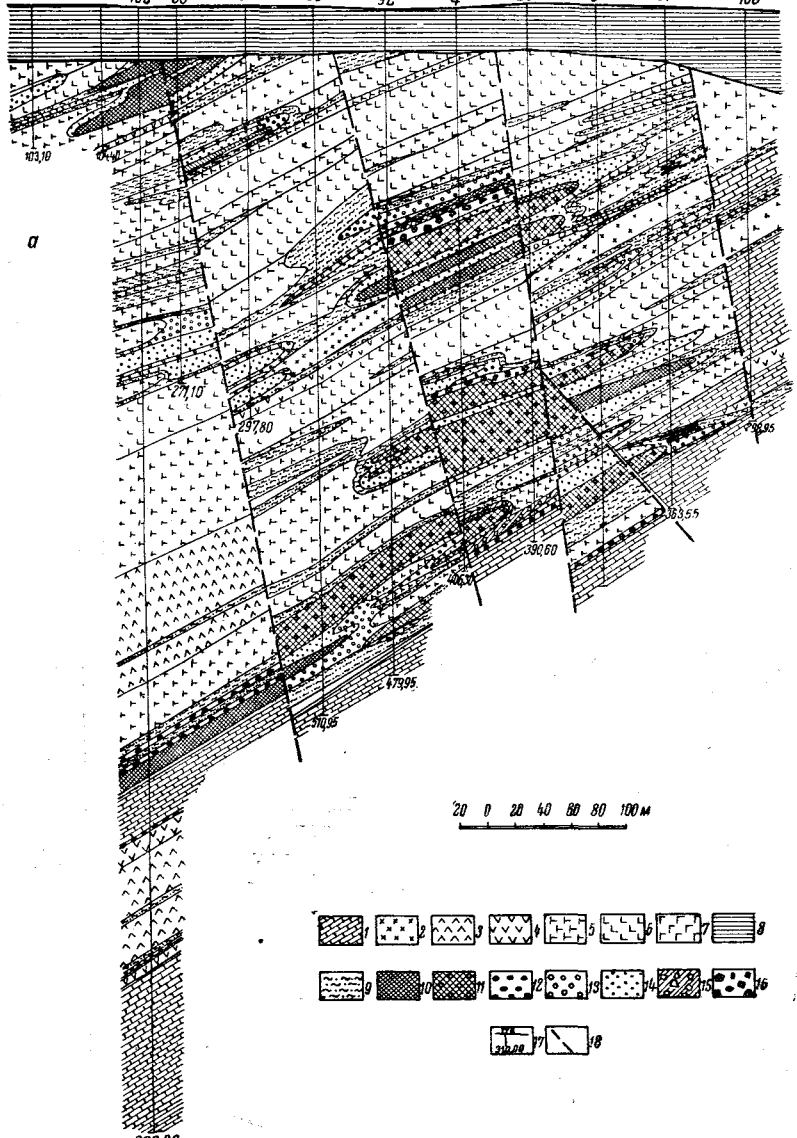
Месторождение расположено в северной части Ушсорско-Валерьяновской антиклинали, в восточном ее крыле, вблизи сводовой части, прорванной мелкими интрузиями кварцевых диоритов и диорит-порфиритов. В ядре ее залегают породы угленосной свиты  $C_1^u$ , а на крыльях — породы вулканогенного комплекса Валерьяновской свиты. Простирание крыльев  $340^\circ$ , углы падения их  $35—50^\circ$ .

Несмотря на большой объем разведочных и картировочных работ, структура месторождения выявлена лишь в самых общих чертах. Установлено, что месторождение приурочено к брахисинклинали второго порядка северо-восточного простирания, к ее юго-восточному крылу. Считалось, что породы северо-западного крыла брахисинклинали, а также частично известняки ее юго-восточного крыла ассимилированы интрузией диорит-порфиритов. Рудная зона, прослеженная на 1,5—1,6 км, имеет северо-восточное простирание и на протяжении 1,2 км (с перерывами) выходит на поверхность палеозойского фундамента. Этим исчерпывались сведения о структуре месторождения.

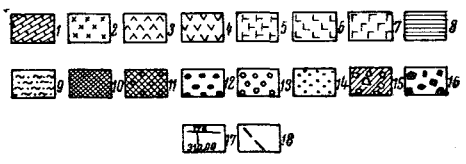
Новые данные о природе и составе вмещающих пород требуют пересмотра этих представлений и выдвигают на первое место фактор тектоники, роль которого до последнего времени недооценивалась. Между тем о проявлении сбросовой и трещинной тектоники свидетельствуют многочисленные явления: 1) наличие в каждом разрезе зон дробления, мощность которых нередко достигает 10—15 м и более (скважина 141 и др.); 2) обилие брекчиевых руд на отдельных участках месторождения; 3) резкое изменение залегания известняков по падению; 4) столбообразный на поперечных разрезах (рис. 1) характер оруденения; 5) резкое изменение мощностей различных горизонтов вмещающих пород в пределах одного разреза и пр.

С учетом всех этих данных становится очевидным наличие на месторождении целого ряда тектонических нарушений. Предполагаемая тектоническая схема месторождения приведена на рис. 2. Основой для нее послужили заново составленные разрезы по разведочным линиям 3,

C3 326 176 400 38 31 36 92 4 29 5 37 103 108



20 0 20 40 60 80 100 M



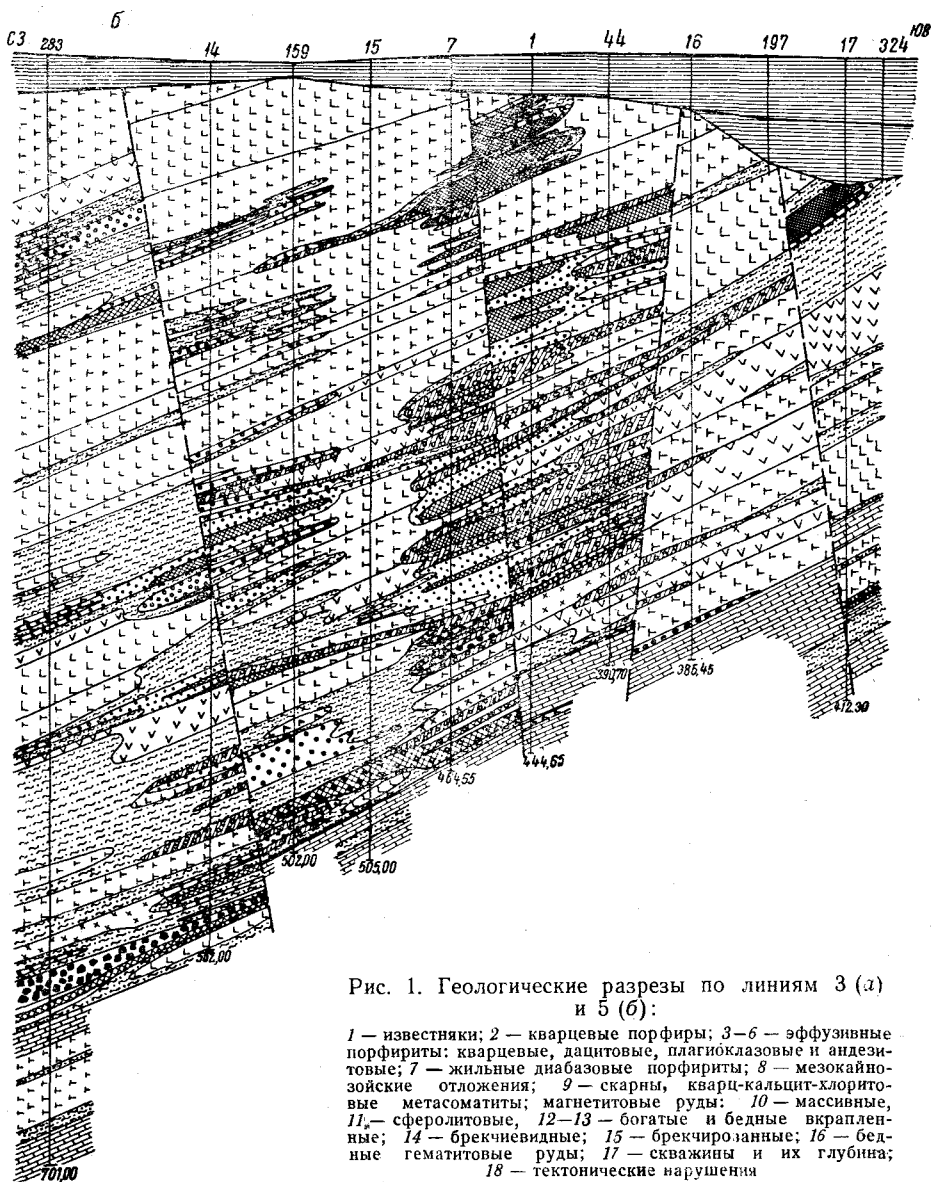


Рис. 1. Геологические разрезы по линиям 3 (а) и 5 (б):

1 — известняки; 2 — кварцевые порфиры; 3–6 — эффузивные порфиры: кварцевые, дацитовые, плагиоклазовые и андезитовые; 7 — жильные диабазовые порфиры; 8 — мезокайнозойские отложения; 9 — скарны, кварц-кальцит-хлоритовые метасоматиты; магнетитовые руды: 10 — массивные, 11 — сферолитовые, 12–13 — богатые и бедные вкрапленные; 14 — брекчиевидные; 15 — брекчированные; 16 — бедные гематитовые руды; 17 — скважины и их глубина; 18 — тектонические нарушения



5, 8, 10, 18, 19 и 21. Кроме того, использовались разрезы по линиям 14, 0, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 17 и 20 и продольные профили I—IV.

В каждом из этих разрезов установлено два-три (реже больше) нарушения типа сбросов или взбросов, которые группируются в две системы (рис. 2). В одной из них нарушения имеют северо-восточное простирание (до почти широтного), а в другой — северо-западное, иногда близкое к меридиональному. В системе северо-восточных нарушений перемещение крыльев происходило главным образом в вертикальном направлении, т. е. это сбросы или взбросы. Во второй системе значительную роль играли также перемещения в горизонтальной плоскости, т. е. это сбросо- или взбросодвиги. Об этом свидетельствует, например, направление штриховки на многочисленных зеркалах скольжения: сами зеркала имеют крутое падение ( $60\text{--}85^\circ$ ), а борозды штриховки расположены обычно под углом  $15\text{--}35^\circ$  к горизонту. Амплитуда перемещения крыльев в нарушениях изменяется в очень широких пределах: от 25—40 до 100—150 м (линии 16—17), но преобладают нарушения с амплитудой 40—80 м (в плоскости нарушения).

Сочетание нарушений двух направлений обусловило блоковую структуру месторождения, причем размер блоков оказался сравнительно небольшим (до  $200 \times 300$  м). Характерно, что подавляющая часть магнетитовых рудных тел тяготеет к нарушениям северо-восточного направления, а северо-западные нарушения оказываются, как правило, безрудными. Кроме того, последним нарушениям в скважинах обычно соответствуют зоны дробления, в которых обломки вмещающих пород сцементированы главным образом крупнокристаллическим кальцитом (реже хлоритом) с незначительной примесью сульфидов и кварца. Северо-восточным же нарушениям соответствуют зоны скарнов, интенсивного скарнирования вмещающих пород, а также зоны брекчиевидных, сплошных и вкрапленных руд. Следовательно, нарушения северо-восточного направления являются дорудными и отчасти внутрирудными, а нарушения северо-западного направления — главным образом послерудными.

Локализация отдельных рудных тел определяется характером и интенсивностью развития оперяющих трещин, сопровождающих нарушения северо-восточного направления, а также литологией вмещающих пород. Среди оперяющих трещин наибольшее значение имеют разрывные, расположенные почти согласно с вмещающими породами. Очень часто эти трещины и образованные ими целые зоны дробления тяготеют к контактам различных пород или сосредоточиваются в наиболее хрупких пластах. Там же, где нарушения сближены, зоны трещиноватости нередко захватывают целые горизонты пород на всем протяжении их в пределах блока. Естественно, участки повышенной трещиноватости оказались наиболее благоприятными для скарнирования и оруденения под действием растворов, поднимавшихся по северо-восточным нарушениям. При сильном дроблении пород и достаточной интенсивности рудного процесса метасоматиты и руды часто целиком замещают отдельные горизонты вмещающих пород (рис. 1, а — низы скважин 5, 29 и др.). Это особенно характерно для андезитовых порфиритов, к которым приурочена наибольшая часть рудных залежей.

В результате тела метасоматитов и руд оказались как бы «наннзанными» на северо-восточные нарушения, а рудные зоны в целом приобрели «многоэтажное» строение и неправильную, грубо столбообразную форму поперечных сечений с зазубренными очертаниями. Размеры рудных тел по простиранию и падению ограничиваются величиной соответствующих блоков, причем большая их часть имеет меньшие размеры: 50—150 м по падению и 100—150 м по простиранию. Мощность

их изменяется в очень широких пределах — от 2—3 до 70—80 м, но преобладают тела мощностью 10—30 м.

Форма рудных тел довольно однообразна: в основном это клинообразные залежи, тупой стороной примыкающие к тектоническим нарушениям и выклинивающиеся в противоположном направлении. Более крупные тела имеют линзовидную и реже пластообразную форму. Пластообразная форма свойственна тем из них, которые развиваются в пределах всего блока и в разрезах с двух сторон ограничиваются тектоническими нарушениями. Рудные тела имеют сравнительно постоянное залегание: у подавляющей части углы падения от 20 до 45°, более крутое или пологое падение встречается очень редко; простирание северо-восточное. Таким образом, по отношению к вмещающим породам рудные тела оказываются **согласными или почти согласными**.

Рудные тела имеют довольно сложное строение. Сплошные руды в них чаще занимают центральную часть, а по периферии располагаются вкрапленные руды или оруденелые скарны, обычно составляющие большую часть залежи. Очень редко встречаются тела, почти целиком сложенные сплошными рудами, но и в этом случае они, как правило, окружены тонкой (до 0,5 м) каймой вкрапленных руд или оруденелых пород.

В целом для месторождения характерно наличие большого числа рудных тел, которые сконцентрированы в нескольких рудных зонах, вытянутых в северо-восточном направлении и достигающих по простиранию 1—1,2 км. Ширина зон 150—200 м. Они имеют крутое (60—85°) падение и на глубину прослеживаются до 400—450 м, а отдельными скважинами (283, 399, 400 и др.) подсечены на глубине 550—600 м.

Нарушения северо-западного направления разбивают рудные тела на ряд участков длиной до 200—300 м по простиранию, смещают участки относительно друг друга, значительно усложняя строение месторождения.

### 3. ПРИРОДНЫЕ ТИПЫ РУД И ИХ ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Железные руды месторождения представлены как первичными (магнетитовыми), так и окисленными (мартитовыми, полумартитовыми). Промышленная классификация их разработана геологами Северо-Казахстанского управления и сотрудниками института Гипроруда. Последние [15] по химическому составу выделили шесть промышленных сортов руд — три первичных и три окисленных, но окисленных руд на месторождении очень мало (около 1%).

В 1958 г. сотрудниками Ленинградского горного института была предложена развернутая классификация по природным группам и типам руд магнетитовых месторождений Кустанайской области. Классификация учитывает как содержание главных компонентов, так и геологические особенности каждого типа (или группы) руды. В соответствии с этой классификацией (с некоторыми обобщениями и изменениями) в табл. 1 приведена краткая характеристика первичных железных руд Куржункульского месторождения. Окисленные руды распространены незначительно, поэтому в статье не рассматриваются.

Выделение природных групп, типов и разновидностей руд производилось на основании: минерального состава руд и в первую очередь — содержания главных рудных минералов; текстурно-структурных особенностей руд; строения рудных тел и распространенности руд того или иного типа.

Под главными рудными минералами подразумеваются магнетит, гематит, пирит и пирротин. Количество их (в объемных процентах) определяется ориентировочно; при содержании магнетита и гематита

## Классификация первичных руд Куржункульского месторождения

Основные признаки классификации	А. Сплошные магнетитовые руды					
	I. Массивные и полосчатые			II. Сферолитовые		
Минеральный состав руд, %	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	II <sub>1</sub>	II <sub>2</sub> · II <sub>3</sub> · II <sub>4</sub>
Магнетит			75—90			60—90
Гематит	1,5, редко до 20—30	Нет			2—7, иногда до 30	Нет
Пирит	До 10	10—25		До 10—15	До 10 · 10—20	До 10—15
Пирротин			1—12			1—10
Халькопирит	До 1—2			> 2	До 1—2	> 2
Нерудные		5—25				10—35
Ведущие нерудные минералы	Карбонаты, хлорит, кварц	Пироксен, гранат, кальцит		Карбонат, хлорит, пироксен, гранат	Карбонаты, кварц, хлорит, редко пироксен, актинолит	Пироксен, карбонаты, актинолит
Преобладающая структура, ее особенности	Массивная, реже полосчатая (чередование полос разнозернистого магнетита, магнетита и нерудных, магнетита и сульфидов)					
Распространенность, % (от общих запасов) типа в целом	15—18	1—2	20—25	1	3—6	5—7
Развитие на участках месторождения Куржункульском	Очень широкое — обычно в центральной части рудных тел, реже — самостоятельные рудные тела	Нет		Небольшие участки среди руд других типов	Довольно широкое, особенно в нижних частях разреза	Небольшие участки среди руд других типов
Темирском	Слабое — по северной и западной окраинам	Широкое, особенно на восточном фланге		То же	Встречаются редко, только по западному флангу	Довольно частое, обычно в средних и нижних частях разреза

Примечание. А, Б, В, Г — группы руд, I—VIII — типы руд; 1—4 — разновидности; например: I<sub>1</sub> — первая разновидность первого типа.

Основные признаки классификации	Б. Вкрапленные руды							
	III. Богатые магнетитовые			IV. Бедные магнетитовые				
	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	III <sub>3</sub>	III <sub>4</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	IV <sub>3</sub>	IV <sub>4</sub>
Минеральный состав руд, % Магнетит.	50—75							
Гематит	1—5, иногда до 25—30			Нет			1—5, иногда до 10—12	
Пирит	До 10			10—5			До 10   10—25	
Пирротин				1—10			1—10	
Халькопирит	До 1—2			> 2			До 1—2	
Нерудные	До 40—45							
Ведущие нерудные минералы	Карбонаты, хлорит, кварц		Пироксен, кальцит, гранат, актинолит		Карбонаты, хлорит, пироксен		Карбонаты, хлорит, кварц	
							Пироксен, гранат, кальцит, актинолит	
							Карбонаты, хлорит, пироксен	
Преобладающая текстура, ее особенности	Вкрапленная, пятнистая (крупные гнездообразные включения нерудных минералов), реже полосчатая (до бурнудучной)							
Распространенность, % (от общих запасов) типа в целом	25—30							
разновидностей	18—20	2—3	3—5	1—2	10—12	2—3	3—4	15—17
Развитие на участках месторождения Куржункульском	Очень широкое: самостоятельные рудные тела, краевые части сложных рудных тел			Нет		Небольшие участки среди руд других типов		Небольшие участки среди руд других типов
Темирском	Редкое — по западному флангу, в виде краевых частей рудных тел и редко — самостоятельных рудных тел			То же		Только на западном фланге, мало		Аналогично III <sub>3</sub>
	Самостоятельные рудные тела, части сложных рудных тел			То же		Только на западном фланге, мало		То же

Примечание. А, Б, В, Г — группы руд; I—VIII — типы руд; 1—4 — разновидности; например: I<sub>1</sub> — первая разновидность первого типа.



(в сумме) более 75% руды считаются сплошными, при 25—75% — вкрапленными, при 50—75% — богатыми и при 25—50% — бедными. Гематит постоянно присутствует в рудах Куржункульского участка и иногда Темирского (западный фланг). Содержание его изменяется в широких пределах — от едва заметной вкрапленности до появления существенно гематитовых руд. Среди сульфидов на месторождении преобладает пирит, реже встречается пирротин и еще реже — халькопирит. Только они и учитываются при выделении разновидностей, причем для пирита установлены две градации: при содержании до 10% руда считается нормально сернистой, при 10—25% — высокосернистой, а руды или породы с содержанием более 25% относятся уже к группе сульфидных. Следует отметить, что первичные железные руды, почти не содержащие сульфидов (до 0,5%), на месторождении практически отсутствуют — они встречаются только в виде маломощных участков (до 0,5—1 м) среди магнетитовых руд с сульфидами. Поэтому ниже термин сульфидно-магнетитовые используется только для высокосернистых их разновидностей.

По текстурным особенностям среди сплошных руд выделены массивные и сферолитовые, а в группе брекчиевых — брекчиевидные и брекчированные. Сульфидные руды (с содержанием сульфидов более 25%) рассматриваются отдельно.

Таким образом, все первичные руды месторождения разделяются на четыре группы, в пределах каждой группы выделяются 2—3 типа, а в каждом типе 2—4 разновидности (см. табл. 1).

Необходимо отметить некоторые особенности развития магнетитового и сульфидного оруденения в целом на месторождении.

Во-первых, магнетитовые руды почти всех типов и разновидностей тесно связаны друг с другом постепенными взаимными переходами. Эти переходы наблюдаются как в нормальных разрезах рудных тел (от почвы к кровле), так и по падению их (рис. 1). В первом случае величина переходных интервалов составляет 0,2—1,5 м, а во втором нередко увеличивается до 5—10 м.

Во-вторых, отчетливо прослеживается различие между Куржункульским и Темирским участками по характеру оруденения: а) бедные гематитовые руды встречаются только на Куржункульском участке; б) брекчиевидные и брекчированные руды широко развиты на Куржункульском участке и крайне незначительно на Темирском, причем первые только на северной его окраине, а вторые — на западной; в) для магнетитовых руд всех типов Куржункульского участка характерна постоянная примесь скрытокристаллического гематита, замещающего магнетит, а на Темирском участке, за исключением крайнего западного фланга, магнетитовые руды не содержат гематита; г) в рудах всех типов на Темирском участке широко развит пирротин, а на Куржункульском он почти отсутствует (кроме мелких включений в пирите); пирит широко развит на Куржункульском участке и западной половине Темирского и незначительно — на восточном его фланге.

#### 4. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД

По содержанию и распространенности все минералы месторождения можно условно разделить на три группы: главные (резко преобладают над остальными), второстепенные (не выше 2—3%) и примеси (редко и в небольшом количестве):

Рудные				Нерудные	
Главные	Магнетит, пирротин	гематит,	пирит,	Пироксен,	гранат, актинолит, эпидот, кальцит, хлорит

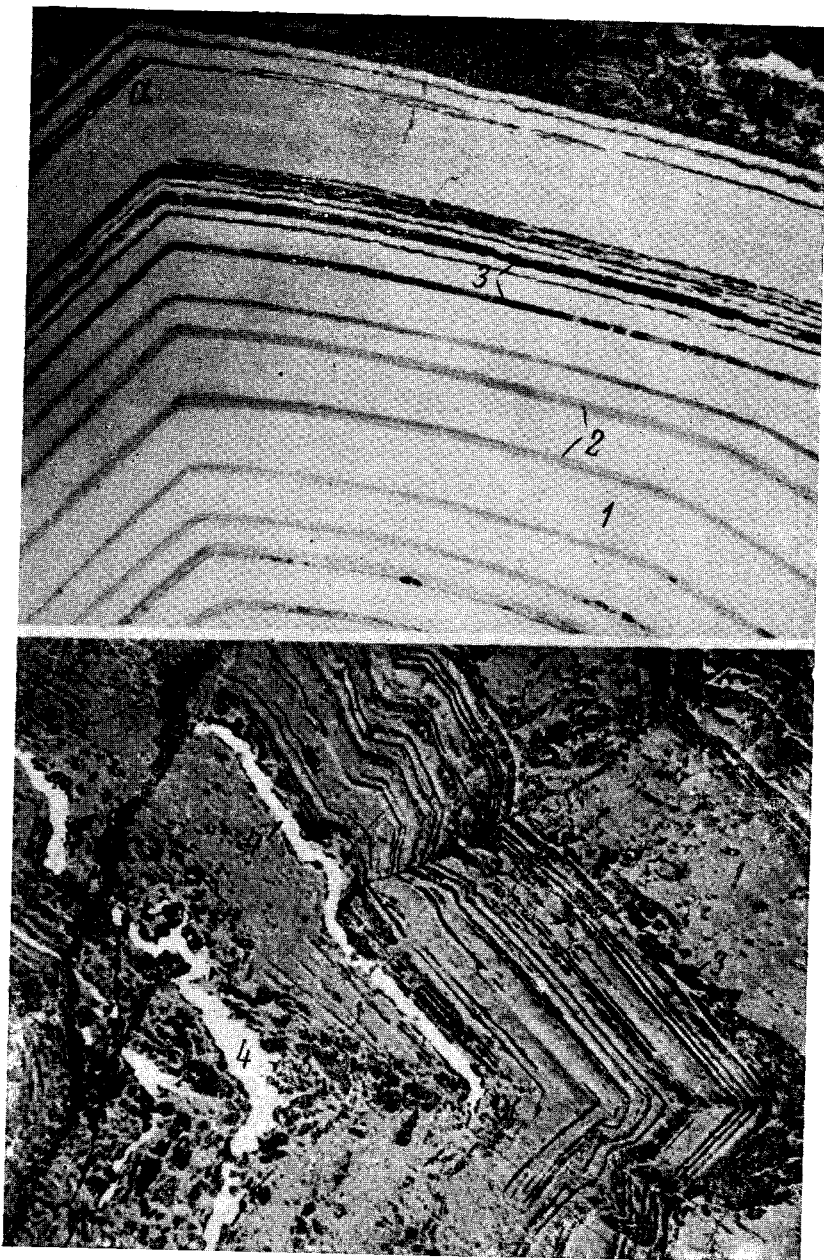


Рис. 3. Зональность в магнетите типа:  
 а — I и III ( $\times 170$ ); б — III ( $\times 65$ ); 1 — магнетит-2; 2 — разновидность магнетита-2; 3 — не-  
 рудные; 4 — пирит

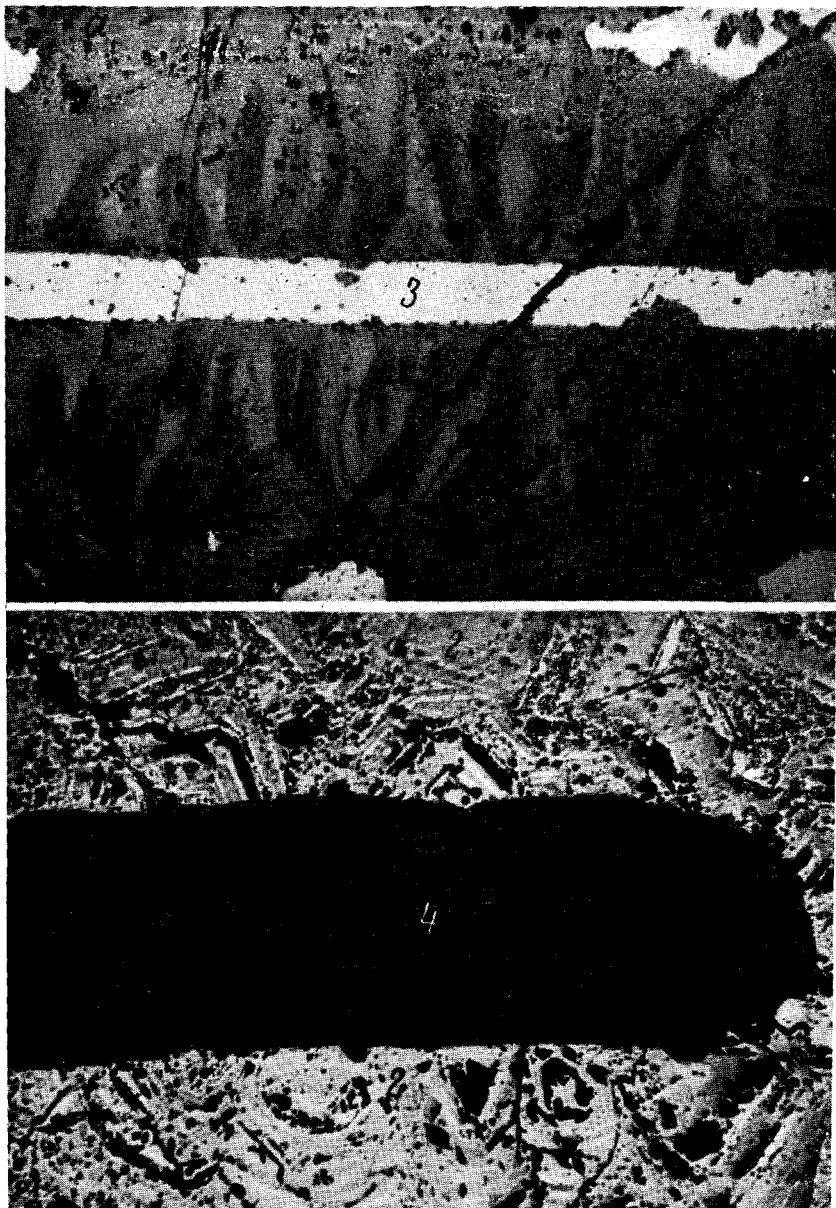


Рис. 4. Магнетит:

*a* — первой генерации, выросший на пластинку раннего нерудного минерала, которая позже была замещена пиритом-2,  $\times 40$ . Никели скрещены; *b* — второй генерации, выросший на пироксен,  $\times 20$ ; 1 — магнетит-1; 2 — магнетит-2; 3 — пирит-2; 4 — пироксен

Второ- степен- ные	Халькопирит, марказит, сфалерит, халькозин, лимонит	Скаполит, альбит, сидерит, кварц, серицит, апатит
Примеси	Мушкетовит, рутил, ильменит, леллингит, висмут самородный, висмутин, линнеит, станнин, галенит, ковеллин, борнит, гетит, лепидокрокит, мельниковит	Тремолит, пренит, ангидрит, гипс, тальк, цеолиты

Среди них лимонит, гетит, лепидокрокит и мельниковит — экзогенные; гематит, марказит, халькозин, ковеллин и борнит имеют как экзогенное, так и эндогенное происхождение, а все остальные — эндогенные.

### Рудные минералы

1. **Магнетит** — основной рудный минерал. В рудах месторождения резко преобладают мелко- и среднезернистые агрегаты магнетита размером 0,15—1 мм в поперечнике, реже встречаются зерна больших размеров — до 4—5 мм, очень редко — до 10—15 мм. Почти во всех рудах магнетит в той или иной степени идиоморфен, но наиболее идиоморфны самые мелкие его индивиды (0,1—0,25 мм) во вкрапленных рудах.

Характерной особенностью магнетита является зональность, причем хорошо выделяются три типа зональности (рис. 3), обусловленные чередованием следующих зон: различных разновидностей магнетита; чистого («сливного») магнетита и пронизанных мельчайшими включениями нерудных минералов; магнетита и других минералов (гематита, сульфидов и нерудных). Зональность этих трех типов может быть как индивидуальной (ограниченной лишь отдельными зернами), так и общей, агрегатной, когда одни и те же зоны прослеживаются во многих зернах, объединенных общностью текстуры. Индивидуальной (или структурной) чаще оказывается зональность первого типа, а зональность второго и третьего типов обычно агрегатная (текстурная).

Наиболее обычными спутниками магнетита из числа рудных минералов являются: гематит, пирит, халькопирит, марказит, пирротин, сфалерит, халькозин, а остальные встречаются значительно реже. Магнетит образуется раньше всех, за исключением первых генераций гематита и пирита. Из нерудных минералов с магнетитом наиболее часто ассоциируют карбонаты и хлорит, довольно часто — пироксен, гранат, актинолит, эпидот и кварц, а другие встречаются редко. При этом карбонаты и кварц более поздние, чем магнетит; скаполит, гранат и пироксен — более ранние, а взаимоотношения эпидота, актинолита и хлорита с магнетитом очень неясные, но большая часть магнетита образовалась, вероятно, несколько раньше этих минералов.

Наблюдается замещение магнетита почти всеми более поздними минералами, особенно часто и интенсивно — гематитом и карбонатами (до появления скелетных форм), значительно реже и слабее — сульфидами и другими минералами. Характерно, что замещение магнетита гематитом, по-видимому, носит эндогенный характер, так как прослеживается на значительную глубину (до 450—500 м) и не сопровождается изменением сульфидов и карбонатов. Анализ взаимоотношений магнетита с другими минералами позволил установить пять его генераций.

Магнетит-1 самый ранний, наиболее часто встречающийся в брекчиевидных рудах, реже во вкрапленных и очень редко — в сплошных. Отражательная способность его чуть выше обычного, а цвет — светло-бурый со слабым зеленоватым оттенком. Преобладают шестоватые агрегаты, которые нарастают на стенках трещин, не замещая боковых

пород (прожилки выполнения в брекчиевидных рудах), или обрастают пластинчатые, шестоватые и другие выделения ранних нерудных минералов (скаполита, пироксена), также не замечая их, что вызывает появление своеобразных крустификационных текстур. Но самой отличительной особенностью магнетита-1 является его ясная (хотя и не очень сильная) анизотропия, причем в скрещенных николях в основании шестоватых его индивидов иногда видны зоны геометрического отбора (рис. 4, а). Наиболее крупные индивиды имеют длину 1—2 мм при поперечнике 0,1—0,2 мм.

Магнетит-2 наиболее широко распространенный минерал с типичными оптическими свойствами, слагающий основную массу сплошных и вкрапленных руд. Почти всегда содержит много включений нерудных минералов, благодаря чему поверхность его в полированных шлифах очень часто неровная. Кроме того, в нем часто наблюдаются очень тонкие зонки и мелкие неправильные включения (обычно в центре зерна) двух его разновидностей: одна — со светло-бурым оттенком и несколько повышенной отражательной способностью, другая — отчетливо темно-серая, с едва заметным буроватым оттенком и пониженной отражательной способностью (см. рис. 3, а). Обе разновидности совершенно лишены нерудных включений и в полированных шлифах имеют ровную гладкую поверхность.

Магнетит-2 развивается главным образом метасоматическим путем, причем в начале развития он замещает наиболее мелкозернистые агрегаты скарна или остатки порфириров, а крупные кристаллы скарновых минералов остаются незамещенными. Нередко магнетит-2 нарастает на крупные кристаллы скаполита или пироксена (рис. 4, б), а иногда отлагается на ранее образовавшихся на них корочках магнетита-1. Только при интенсивном развитии магнетит-2 целиком замещает скарновые минералы и обломки порфириров, образуя сплошные руды.

Магнетит-3 встречается редко, отличается значительно более высокой отражательной способностью (близкой к *R* гематита), отчетливым голубоватым оттенком и пониженной твердостью. Развивается в основном в магнетите-1 в виде зон, прожилков (мощностью 0,1—1 мм), неправильных образований и т. д.

Магнетит-4 широко распространен, содержание его изменяется от 1—2 до 20—30%, а иногда он преобладает над магнетитом-2. Для него характерны: пониженная отражательная способность, лиловато-серый оттенок и пониженная твердость. Чаще всего он образуется по магнетиту-2, а также в виде прожилков различной мощности сечет магнетит всех предыдущих генераций и нередко пирит-2.

Магнетит-5 встречается реже, чем магнетит-2 или магнетит-4. Он представлен наиболее крупнокристаллическими агрегатами, которые в слабо измененных сферолитовых рудах образуют периферическую каемку, нарастая на зону шестоватого магнетита. В сплошных и вкрапленных рудах магнетит-5 в виде корочек и друз располагается на стенках пустот или около более или менее значительных обособлений нерудных минералов (главным образом карбонатов с примесью кварца и хлорита).

Размеры индивидов магнетита-5 достигают 10—15 мм в поперечнике (скважины 98, 414, 426 и др.), но чаще 5—10 мм. Как правило, магнетит-5 достаточно идиоморфен.

Из всех генераций магнетита наиболее часто и интенсивно замещается гематитом четвертая, несколько реже — вторая и третья, а пятая не замещается совсем.

Химическими анализами в магнетите обнаружено повышенное содержание  $MgO$  — от 1,81 до 5,0%, что отчасти можно объяснить некоторой засоренностью проб другими минералами (силикатами). Но скорее всего примесь магния объясняется наличием в пробах магномагнетита. Возможно, зоны с пониженной (или повышенной) отражательной способностью, выделенные нами как разновидности магнетита-2, и являются магномагнетитом. Подобные предположения высказывал и Д. О. Онтюев [10]. Спектральными и химическими анализами установлено также незначительное содержание цветных и редких металлов.

**2. Гематит** — очень распространенный минерал. Наблюдаются эндогенные и экзогенные его разновидности. Здесь рассматривается эндогенный гематит. Встречаются как плотные (до скрытокристаллических), так и листоватые (пластинчатые и чешуйчатые) агрегаты эндогенного гематита. Плотный гематит образуется главным образом путем замещения магнетита, и листоватый развивается исключительно по нерудным минералам — мелким включениям в магнетите и крупным обособлениям и прожилкам в рудах и породах. Часть пластинчатого гематита более позднего происхождения, чем магнетит (нарастает на индивиды магнетита), а другая часть — более ранняя (замещается магнетитом с образованием мушкетовита). Этими соотношениями устанавливаются три генерации эндогенного гематита.

**Гематит-1** самый ранний минерал. Он образуется раньше магнетита. Это крупнопластинчатый гематит, слагающий бедные гематитовые руды, которые располагаются на контакте порфиритов с известняками и развиваются как за счет известняков, так и за счет порфиритов. Резко преобладают пластинки 10—20 мм в поперечнике при толщине 0,3—1,5 мм. Обычно они сильно изогнуты, перемяты, а иногда и раздроблены. Нередко наблюдается замещение пластинок гематита-1 магнетитом-2, которое иногда оказывается полным и приводит к образованию мушкетовита, но чаще оказывается частичным (рис. 5).

**Гематит-2** — наиболее распространенный плотный замещающий магнетит. Чаще замещение начинается с периферии зерен магнетита — от контакта их агрегатов с нерудными минералами, а также с пиритом-2. В последнем случае гематит-2 нередко более поздний, чем пирит, так как он развивается по трещинам в пирите, залеченным нерудными минералами (карбонатами, хлоритом).

**Гематит-3** встречается довольно часто, но почти всегда в незначительном количестве. Этот мелколистоватый (до 1 мм в поперечнике) гематит развивается только по включениям поздних нерудных минералов (карбонатов, кварца, хлорита) в рудах и породах. При интенсивном развитии образует метельчатые, сноповидные и радиально-лучистые агрегаты, нарастающие на вершины и ребра, а иногда — и на грани кристаллов магнетита и пирита второй и третьей генераций, совершенно не замещая их (рис. 6).

**3. Пирит** распространен очень широко, отличается разнообразием агрегатов и богатством кристаллографических форм индивидов (210, 100, 111 и их комбинации). Подавляющая часть пирита идиоморфна, хотя в мелкой вкрапленности и тонких прожилках он нередко ксеноморфен. Обычно ассоциирует с поздними нерудными минералами — карбонатами, хлоритом и эпидотом, по которым развивается главным образом метасоматически. Магнетит замещается пиритом лишь отчасти, а замещения им гематита не наблюдалось. Пирит замещается халькопиритом и марказитом, а в зоне окисления — гидроокислами железа. Установлено четыре генерации пирита.

**Пирит-1** самый ранний, он представлен мелкой (до 0,5—1 мм) и сравнительно редкой вкрапленностью в породах и рудах, имеющей

очень неправильную, часто дендритовидную форму. Взаимоотношения его с магнетитом-2 настолько неясные, что трудно решить, какой из них образовался раньше.

Пирит-2 чрезвычайно широко развит в рудах месторождения. Агрегаты его имеют пластинчатую (рис. 7) и неправильную (но близкую к изометричной) форму. Те и другие развиваются по пустоткам и трещинкам в руде, выполненным нерудными минералами, отчасти замещающая и магнетит-2.

Неправильные включения обычно составляют 2—5 мм в поперечнике, а пластинчатые имеют толщину 0,1—0,5 мм, длину до 10—15 мм и ширину до 4—6 мм. Самой характерной чертой пирита-2 является постоянное присутствие мелких (0,001—0,05 мм) биминеральных включений пирротина и халькопирита изометричной, овально-таблитчатой и реже — неправильной формы, с плавными очертаниями. Эти включения тяготеют к центральным частям выделений пирита-2 и никогда не выходят за их пределы. О природе их сказать трудно: возможно, это своеобразные продукты распада твердого раствора.

Поздними сульфидами, за исключением марказита, пирит-2 замещается очень редко. Во вмещающих породах он почти не встречается, а в рудах составляет не менее 35—40% общего количества пирита.

Пирит-3 очень широко развит как в рудах, так и во вмещающих породах. Это крупнокристаллическая вкрапленность, обильные гнездобразные и полосовидные скопления и многочисленные прожилки как мономинеральные, так и совместные с крупнокристаллическими разновидностями нерудных минералов — эпидота и кальцита во вмещающих породах, кальцита, хлорита и кварца — в рудах. Он обычно тяготеет к центральной части гнезд и прожилков, сложенных нерудными минералами.

Пирит-3 отличается хорошо выраженным идиоморфизмом (210, 100, комбинации 210 и 111) и крупностью индивидов: как правило, преобладают кристаллы и зерна размером 5—12 мм, а отдельные из них (в крупнокристаллическом кальците) достигают 20—25 мм в поперечнике. Подавляющая часть индивидов пирита-3 — типичные метакристаллы (рис. 8). Часто они раздроблены, и по трещинкам в них, залеченных кальцитом, нередко развивается халькопирит, частично замещающая пирит-3. Замещается он также сфалеритом, но очень редко. На долю пирита-3 в рудах месторождения приходится не менее 50% общего количества пирита. Именно он образует самостоятельные пиритовые руды.

Пирит-4 сравнительно редок, образуется в результате замещения пирротина в эндогенных условиях, которое наблюдается до глубины 200—250 м. Реликты пирротина в пирите-4 присутствуют почти всегда, но обладают резко выраженными прямолинейно зазубренными очертаниями и никогда не содержат халькопирита. Пирит-4 развит почти исключительно на Темирском участке, составляя 2—4% от его общего количества. На этом участке, кроме того, довольно часто встречается пирит, образующийся в результате экзогенной дисульфидизации пирротина. Он развивается по марказит-мельниковитовым агрегатам, которые широким фронтом замещают пирротин. Иногда здесь образуются и гидроокислы железа. Экзогенный пирит обладает мелкозернистым строением, индивиды и агрегаты его имеют очень неправильную форму и настолько насыщены мелкими включениями нерудных минералов, что это придает им «пенистый», пузыристый облик.

В пирите всех генераций постоянно наблюдается примесь кобальта и никеля, довольно часто — меди и иногда — цинка и мышьяка. Практический интерес из них имеет только кобальт, причем данные спектраль-



Рис. 5. Мушкетовит (пластинки) с реликтами гематита в центре:  
1 — гематит; 2 — халькопирит-2; 3 — мушкетовит,  $\times 50$

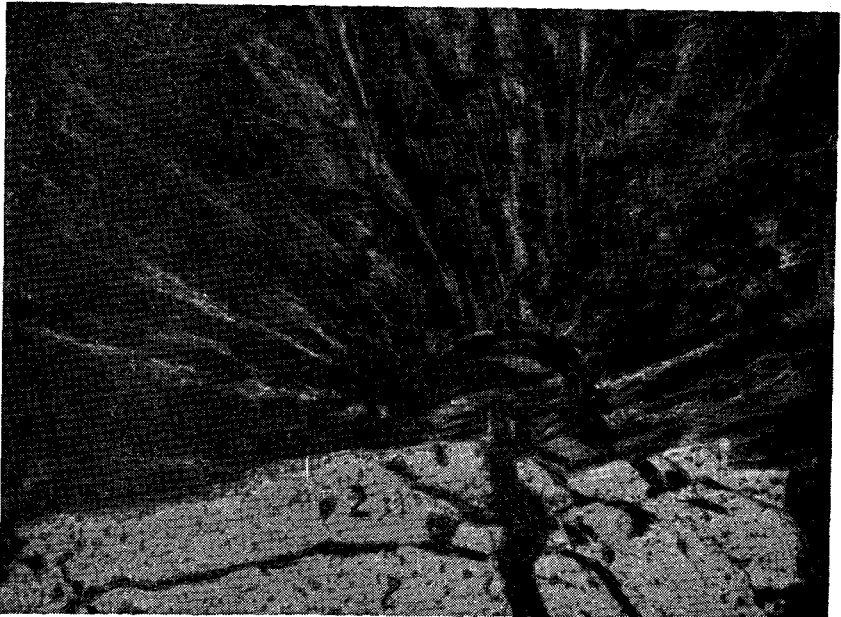


Рис. 6. Радиально-лучистый агрегат гематита-3, выросший на магнетит-2:  
1 — гематит-3; 2 — магнетит; 3 — нерудные,  $\times 80$

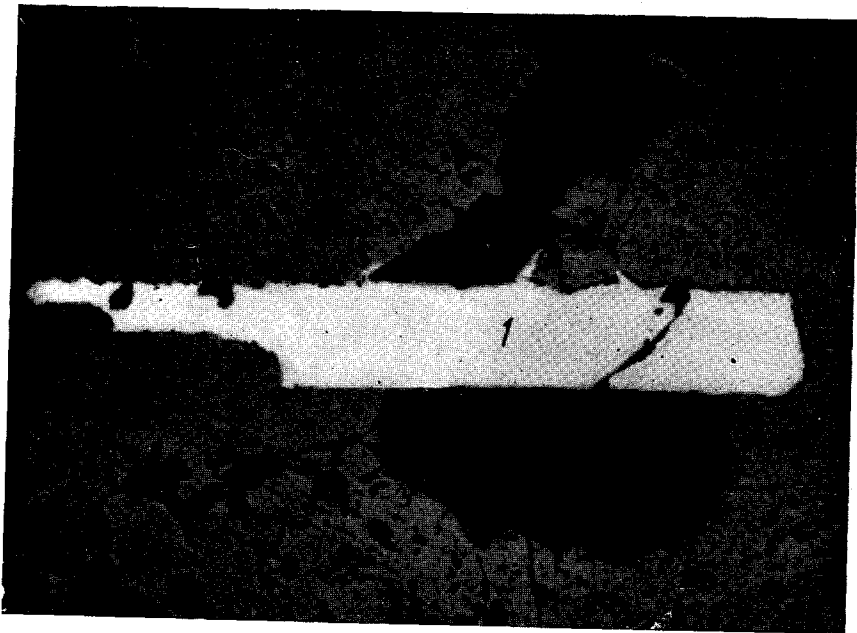


Рис. 7. Пластиночка пирита-2 в магнетитовой руде:  
1 — пирит; 2 — магнетит; 3 — нерудные,  $\times 100$

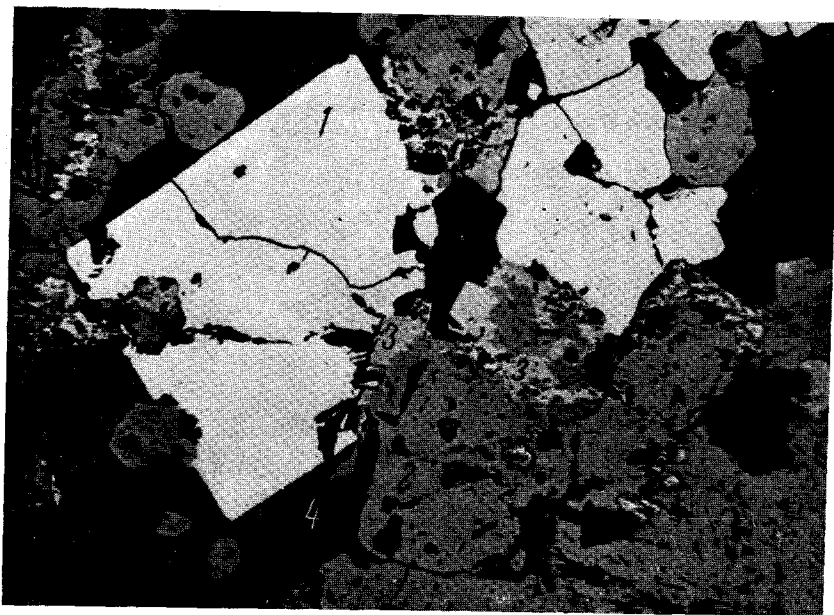


Рис. 8. Мегакристаллы пирита-3 в магнетитовой руде:  
1 — пирит-3; 2 — магнетит; 3 — гематит-2, замещающий магнетит; 4 — карбонат,  $\times 20$

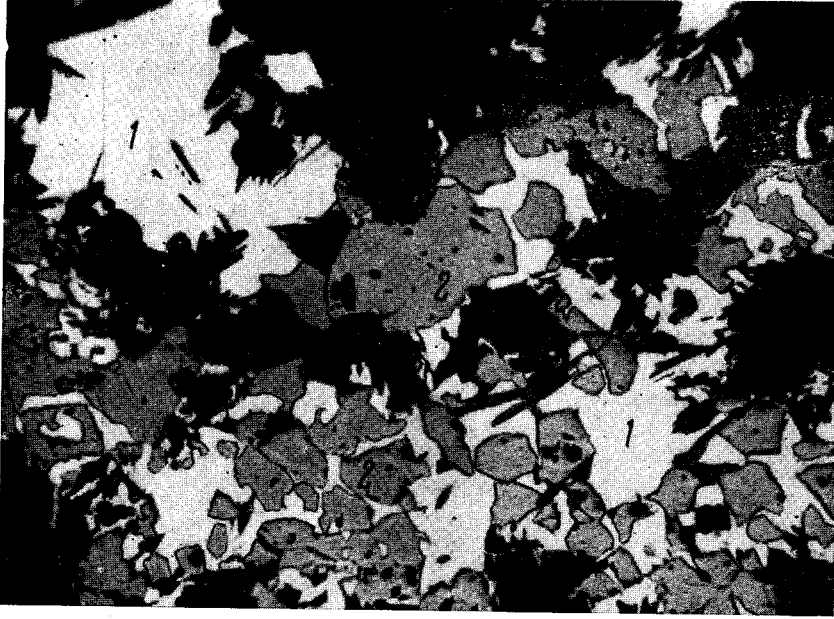


Рис. 9. Форма развития пирротина в бедной магнетитовой руде:  
1 — пирротин; 2 — магнетит; 3 — пироксен

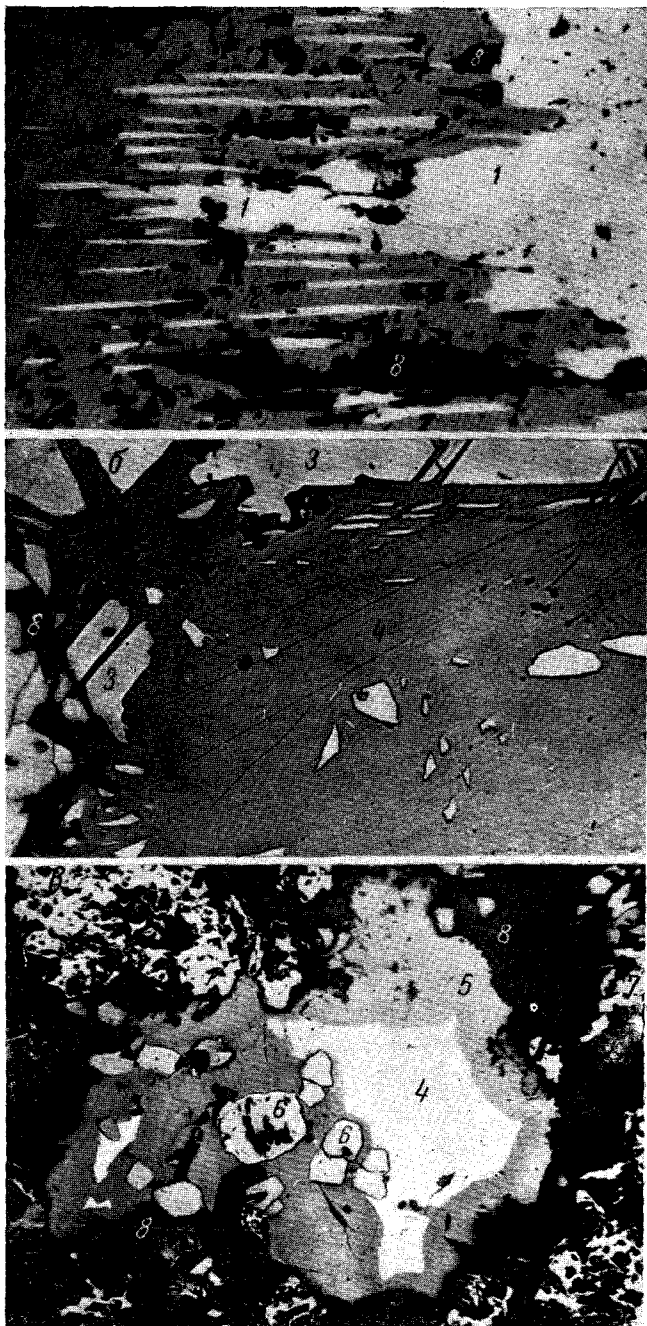


Рис. 10. Замещение:

*a* — пирротина-2; *b* — пирита-3,  $\times 120$ ; *в* — халькопирита-2,  $\times 80$ ; 1 — пирротин-2; 2 — сфалерит; 3 — пирит-3; 4 — халькопирит-2; 5 — халькозин; 6 — магнетит-2; 7 — пирит-4; 8 — нерудные

ных (>20) и химических (7) анализов показывают, что наибольшим содержанием кобальта отличается пирит-3, наименьшим — пирит-4, а пирит-2 занимает промежуточное положение; пирит-1 не анализировался<sup>1</sup>.

#### 4. Пирротин представлен двумя генерациями.

Пирротин-1 это пирротин биминеральных включений в пирите-2, которые нередко состоят из двух или трех зерен различной ориентировки.

Пирротин-2 значительно более поздний. Он образует самостоятельные агрегаты, развиваясь по поздним нерудным минералам (карбонатам), что и определяет форму его выделений: мелкая вкрапленность, пластиночки, гнездообразные скопления и т. д. (рис. 9). Пирротин-2 средне- и крупнозернистый, очень часто сдвойникованный, причем в его пластинчатых агрегатах двойники обычно располагаются под углом 20—30° к контурам пластинки. Он возникает позже пирита-3. При совместном (редком) их нахождении хорошо видно, что он цементирует зерна пирита, иногда образует в них прожилки и т. д., но не замещает их. Сам пирротин часто замещается более поздними рудными минералами — пиритом-4, халькопиритом, сфалеритом (рис. 10, а), галенитом и др., а в приповерхностной части (в экзогенных условиях) — мельниковитом и марказитом. Очень широко развит на восточном фланге Темирского участка.

5. Халькопирит имеется обычно в небольшом количестве (0,5—1,0%), образуя мелкую вкрапленность, прожилки, мелкие включения вместе с пиротином-1 в пирите-2, а иногда — крупные гнездо- и линзообразные скопления. Отчетливо выделяются две генерации.

Халькопирит-1 вместе с пиротином-1 образует биминеральные включения в пирите-2, обладает светлым желтоватым оттенком, никогда не бывает сдвойникованным и не замещается более поздними минералами.

Халькопирит-2 — самостоятельные выделения различных размеров и формы (вплоть до идиоморфных кристаллов), широко распространенные в породах и рудах. Развивается он главным образом по нерудным минералам — карбонатам и хлориту, довольно часто замещает пирротин и пирит (рис. 10, б). Сам халькопирит-2 замещается халькозином, ковеллином и борнитом, которые развиваются обычно с периферии отдельных его агрегатов в виде каемок или зон (рис. 10, в) в такой последовательности: борнит — халькозин — ковеллин. При этом иногда возникают решетчатые и петельчатые текстуры замещения, а в средней части прожилков борнита появляются пластинчатые агрегаты гетита и люмонита. Взаимоотношения халькопирита-2 со сфалеритом и галенитом очень неотчетливые: они свидетельствуют о чрезвычайной близости образования этих минералов.

В рудах месторождения халькопирит-2 резко преобладает над халькопиритом-1. Практически можно считать, что весь халькопирит представлен одной второй генерацией.

6. Марказит встречается довольно часто, но содержание его в магнетитовых рудах обычно не превышает 1%, крайне редко увеличивается до 5—7%. Как правило, он развивается по пириту и пирротину — отчетливо наблюдаются все стадии замещения вплоть до образования псевдоморфоз. Выделяются две генерации марказита.

Марказит-1 развивается или по пириту, или самостоятельно — в виде мелких прожилков и неправильных образований. Обычно он

<sup>1</sup> Для ряда месторождений Кустанайской области сотрудниками Ленинградского горного института установлены более резкие и незакономерные изменения содержания кобальта в пирите.

среднезернистый, плотный. Замещению подвергается главным образом пирит второй генерации.

Марказит-2 развивается только по пирротину. Замещение идет вдоль плоскостей спайности пирротина и сопровождается образованием карбонатов, что приводит к появлению карбонат-марказитовых агрегатов бурундучной текстуры. В дальнейшем по карбонатным полоскам иногда развиваются галенит или сфалерит.

Кроме того, в верхних горизонтах северо-восточного фланга месторождения часто наблюдается марказит, образование которого связано с процессом экзогенного изменения пирротина. Этот марказит развивается по мельниковиту, который непосредственно замещает пирротин. При этом постоянно образуются карбонаты и иногда — лимонит. Формы развития таких карбонат-марказит-мельниковитовых агрегатов очень разнообразны.

Остальные рудные минералы встречаются редко и в незначительном количестве.

### Нерудные минералы

1. **Скаполит** встречается главным образом на контакте магнетитовых рудных тел и порфиринов, реже — непосредственно в рудах в виде мелких (до 2—3 мм в длину) призматических и досковидных кристаллов и неправильных зерен. По оптическим свойствам он близок маршалиту. Магнетит во вкрапленных рудах располагается обычно в промежутках между зернами скаполита, что свидетельствует о его более позднем образовании.

Скаполит замещается цеолитами, кальцитом и кварцем, а также нередко и гранатом.

2. **Пироксен** (группы диопсид-геденбергита) широко развит во вкрапленных рудах, менее — в брекчиевидных и сплошных, представлен обычно изометричными и короткопризматическими зернами, образующими вкрапленность, гнезда и неправильные обособления.

Пироксен — один из наиболее ранних минералов (несколько позже скаполита). Он замещается магнетитом, сульфидами и более поздними минералами (особенно хлоритом и кальцитом).

3. **Гранат** (группы гроссуляр-андрадита) в рудах встречается довольно часто, но главным образом в бедных вкрапленных, образуя как включения отдельных кристаллов, так и их агрегатов в форме гнезд и неправильных обособлений. Очень часто аномален. Цвет — от желтобурого до коричнево-черного. В скарнах в ассоциации с пироксеном гранат обычно располагается между его зернами, но не замещает их, что свидетельствует о его более позднем образовании. Но магнетит в оруденелых скарнах оказывается более поздним, чем гранат; магнетит нередко замещает его. Встречается и более поздний гранат — в виде прожилков, секущих гранатовые скарны, и гнездообразных скоплений в рудах вместе с карбонатами и хлоритом. Поздними минералами гранат замещается слабо и редко.

4. **Эпидот** представлен двумя разновидностями — темной мелкозернистой и более светлой крупнокристаллической. В рудах вторая разновидность наблюдается чаще. По отношению к скарновым минералам эпидот более поздний, часто замещает их (особенно пироксен). Взаимоотношения с магнетитом-2 для мелкозернистой разновидности установить очень трудно, а крупнокристаллический эпидот более поздний — он тесно ассоциирует с пиритом-3 и халькопиритом-2, причем и тот и другой образуются позднее эпидота. Нередко замещается кальцитом и хлоритом.

5. **Актинолит** в рудах встречается довольно часто, образуя радиально-лучистые, сноповидные и иногда волокнистые агрегаты, часто

развивается по пироксену. Он образовался позже магнетита-2, раскладывается в пустотах в руде, часто вместе с кальцитом и хлоритом.

**6. Хлорит** чрезвычайно широко развит в рудах всех типов, метасоматитах и вмещающих породах. Отчетливо выделяются две разновидности: мелкочешуйчатый (до 1—2 мм) светло-зеленый, крупночешуйчатый (до 10—12 мм) темно-зеленый. Первый из них особенно широко развит в метасоматитах, где нередко является основным породообразующим минералом, а также во вкрапленных и брекчиевидных рудах. Хлорит второй разновидности наиболее часто встречается в сплошных и богатых вкрапленных рудах, образуя прожилки или гнезда, часто нарастая на магнетите в мелких пустотках. Мелкочешуйчатый хлорит часто замещает ранние нерудные минералы (пироксен, эпидот, скаполит и др.) и иногда магнетит. Он постоянно ассоциирует с кальцитом, кварцем и поздними сульфидами. Крупночешуйчатый хлорит развивается несколько позже мелкочешуйчатого, но для него также характерна ассоциация с поздними сульфидами.

**10. Карбонаты** в рудах месторождения развиты не менее, чем хлорит, а нередко даже в большем количестве. Среди них резко преобладает кальцит, а сидерит встречается очень редко — главным образом в сплошных рудах.

Кальцит в рудах представлен мелкой вкрапленностью, неправильными гнездами и многочисленными прожилками различной мощности.

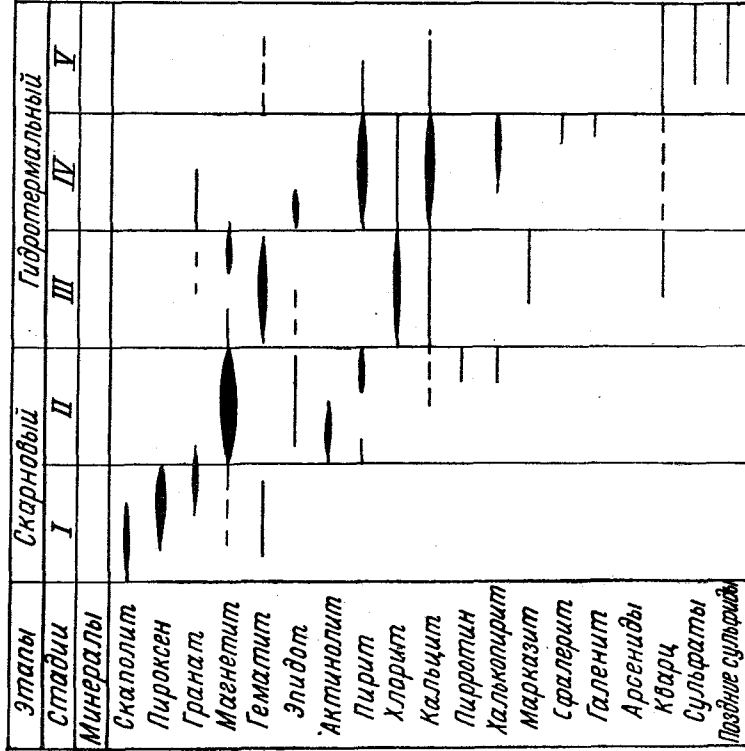
Основная масса кальцита ассоциирует с хлоритом, гематитом-2 и поздними сульфидами. По-видимому, на этих этапах происходило наиболее интенсивное его развитие. Замещает кальцит очень многие более ранние минералы. Вероятно, на месторождении существует несколько его генераций, но выделение их затруднено наиболее интенсивным его развитием в поздние стадии рудообразования.

Остальные нерудные минералы встречаются очень редко и представляют только минералогический интерес.

Следует отметить некоторые особенности минерализации на месторождении в целом и отдельных участках. Отчетливо устанавливается, что процесс минерализации протекал в несколько последовательных этапов, которым соответствуют определенные парагенетические минеральные ассоциации. Прежде всего отчетливо выделяется ассоциация ранних скарновых минералов (скаполита, пироксена, граната и др.) и первых генераций гематита и магнетита, и ассоциация более поздних гидротермальных минералов (хлорита, карбонатов, кварца, подавляющей части сульфидов и др.). Между отложением первой и второй ассоциаций был перерыв, о чем свидетельствует характер изменения жильных пород месторождения: они никогда не бывают скарнированными и оруденелыми, эпидотизация в них наблюдается редко, но типичные гидротермальные минералы развиваются здесь не менее интенсивно, чем в других вмещающих породах. Таким образом, внедрением жильных пород весь процесс минерализации разделяется на два этапа [5]. Анализ парагенетических ассоциаций минералов показывает, что в пределах этих этапов достаточно отчетливо фиксируются пять стадий минерализации (рис. 11), причем первые две принадлежат раннему (скарновому) этапу, а последние три — более позднему (гидротермальному).

Как видно из рис. 11, основное направление процесса минерализации на обоих участках месторождения одинаково. Однако в деталях этот процесс на Куржункульском и Темирском участках в каждую отдельную стадию имел особенности, характерные только для данного участка. По характеру и интенсивности проявления минерализации Кур-

а



б

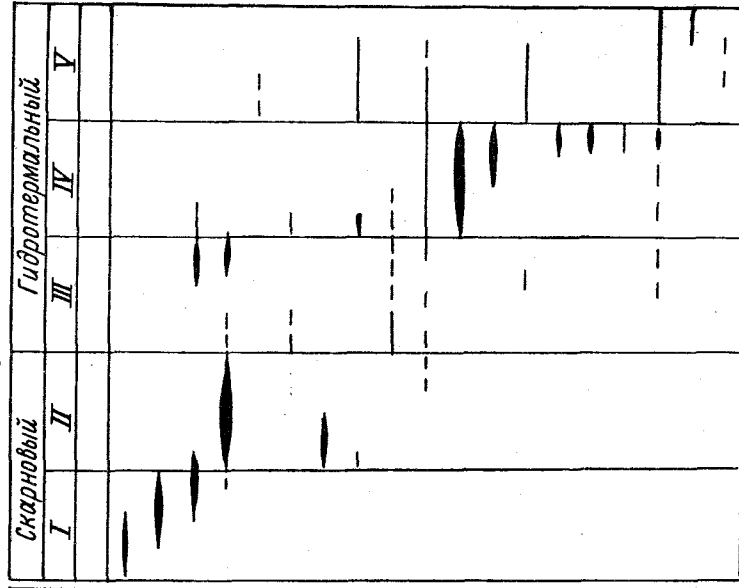


Рис. 11. Схема эндогенной минерализации месторождения:  
 а — Темирский участок (восточный фланг). Стадии: I — собственно скарновая; II — эпидот-магнетитовая; III — гематит-карбонат-хлоритовая; IV — сульфидно-карбонатная; V — кварц-сульфидная  
 б — Куржункулский участок; б — Темирский участок (восточный фланг). Стадии: I — собственно скарновая; II — эпидот-магнетитовая; III — гематит-карбонат-хлоритовая; IV — сульфидно-карбонатная; V — кварц-сульфидная

жункульский участок и западный фланг Темирского имеют много общего, а восточный фланг Темирского участка занимает особое положение благодаря резкому различию минерализации третьей и четвертой стадий.

## 5. ГЕНЕЗИС МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### Формирование рудных тел

Считалось, что месторождение расположено в эндоконтактовой зоне интрузивного массива диорит-порфиритов, а развитие рудных тел связано с замещением ксенолитов известняков, захваченных интрузией при внедрении [9, 10, 12]. Основная роль при рудообразовании отводилась биметасоматическим процессам. По существу эти представления развивали идеи Г. А. Соколова, основанные на недостаточно большом фактическом материале.

В настоящее время установлено, что вмещающие породы месторождения представлены различными вулканогенными образованиями, которые на нижних горизонтах переслаиваются с известняками. Интрузивные породы (за исключением маломощных даек) непосредственно на месторождении отсутствуют, но в 0,5—1 км к югу находится небольшой массив диорит-порфиритов. Существует ли связь магнетитового оруденения с этим массивом — определить трудно.

В этом отношении Куржункульское месторождение напоминает некоторые месторождения Алтае-Саянской горной области (Тельбес, Одрабаш, Абакан и др.), для которых связь с близлежащими мелкими массивами интрузивных пород также недостаточно отчетлива. Г. Л. Поспелов и С. С. Лапин пришли к выводу о комагматичности этих месторождений с указанными интрузивами. По-видимому, и на рассматриваемых месторождениях существует лишь парагенетическая связь между магнетитовым оруденением и интрузией диорит-порфиритов.

Выше указывалось преимущественное развитие метасоматических пород и магнетитовых руд по породам вулканогенного комплекса, в то время как известняки в этом отношении инертны. Кроме того, как форма рудных тел и метасоматитов, так и общий характер их локализации свидетельствуют о формировании их в оперяющих трещинах разрыва или в зонах дробления, соответствующих этим трещинам. Естественно ожидать, что легче всего подобные трещины разрыва и зоны дробления могли развиваться по контактам различных пород, а также по горизонтам наиболее некомпетентных, хрупких из них. И действительно, очень часто в лежачем боку рудных тел и скарнов располагаются одни породы, а в висячем — другие. Вероятно, этим же объясняется интенсивное развитие магнетитового оруденения близ горизонтов известняков — эти участки оказываются наиболее разнородными: резко меняются физические и химические свойства пород. Благодаря большей хрупкости (по сравнению с известняками) эффузивные породы оказались раздробленными значительно сильнее, что создало более благоприятные условия для циркуляции в них рудоносных растворов. Поэтому не исключена возможность развития оруденения ниже горизонтов известняков, так как и там (под верхними из них) залегают те же эффузивные породы, что и над ними.

В развитии скарнов, метасоматитов и магнетитовых руд месторождения очень характерно наличие постепенных переходов к ним от вулканогенных пород. Для руд наблюдается два типа таких переходов: а) от безрудных скарнов к вкрапленным или сплошным рудам через зону бедных вкрапленных руд, так что нередко здесь существует непрерывный ряд: измененный порфирит — скарн — бедная, затем

богатая вкрапленная руда — сплошная руда; б) от измененных порфириров через зону брекчиевидных руд к вкрапленным или сплошным рудам, т. е. измененный (скарнированный) порфирит — брекчиевидная руда — вкрапленная руда — сплошная руда.

Именно наличие постепенных переходов от рудных тел к породам вулканогенного комплекса и резкий контакт руд с известняками привели Д. О. Онтоева [9] и других исследователей к выводу о преимущественном развитии сплошных магнетитовых руд непосредственно по известнякам. Правда, Д. О. Онтоев ссылается также на присутствие в рудах так называемого «остаточного» кальцита, но насколько он в действительности остаточный — определить очень трудно, если вообще не невозможно. На месторождении кальцит присутствует во всех рудах, независимо от их положения в разрезе, а формы его развития и взаимоотношения с магнетитом всюду одинаковы — он разъедает магнетит, развивается по нему в виде сети мелких прожилков и зон и т. д. Степень насыщенности руды кальцитом различна на разных участках, но в целом она гораздо больше на Куржункульском участке, чем на Темирском, всегда резко увеличивается вблизи нарушений и горизонтов известняков. Кроме того, при обильном развитии кальцита очень часто появляется кварц, а на контакте с магнетитом развивается сидерит. Это свидетельствует о гидротермальном происхождении подавляющей части карбонатов в рудах. При этом они развиваются как метасоматическим путем (о чем свидетельствуют реликты ранних минералов-силикатов среди них), так и путем выполнения различных пустот.

Химизм процесса рудообразования соответственно двум типам переходов от вмещающих пород к рудам показан в табл. 2 и 3. Табл. 2 иллюстрирует переход от порфириров к сплошным рудам через зону брекчиевидных руд, а табл. 3 — через зоны скарнов и бедных вкрапленных руд. Так как первый тип перехода наиболее характерен для Куржункульского участка и для дацитовых (кварцевых) порфириров, в табл. 2 включены результаты их анализов, а также средние данные по составу брекчиевидных, богатых вкрапленных и сплошных (массивных и сферолитовых) руд этого участка. Скарны же чаще образуются по андезитовым порфиритам, поэтому в табл. 3 включены анализы порфириров. Кроме того, этот тип перехода чаще наблюдается на Темирском участке, где к тому же он представлен в «чистом виде», т. е. без позднейшего наложения хлоритизации и карбонатизации. В таблицах приведены данные лишь по главным компонентам пород и руд.

Данные пересчета показывают, что в двух рядах процесс рудообразования в основном одинаков: сначала интенсивный вынос  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$  и щелочей (за исключением  $\text{K}_2\text{O}$  во второй группе), затем привнос железа и серы. При этом наиболее резкие изменения происходят в переходной зоне — зоне брекчиевидных руд и скарнов. Содержание магния и кальция в переходной зоне резко увеличивается (в 2—4 раза), а затем постепенно уменьшается в сторону богатых руд.

Сходство основных особенностей обоих рядов обусловлено единством процесса замещения вулканогенных пород магнетитовыми рудами, так как большая часть брекчиевидных руд соответствует ранней стадии рудообразования, которая, вероятно, совпадает с развитием скарновых минералов и образованием бедных гематитовых руд.

Таким образом, учет всех изложенных выше особенностей строения месторождения приводит к выводу: магнетитовые руды (как вкрапленные, так и сплошные) образовались в основном путем замещения (в конечном счете) силикатных пород (порфириров и туфов). Однако этот вывод не исключает возможности развития железных руд по известня-

## Средний состав пород и руд Куржункульского участка

Компонент	Содержание, вес. %						Содержание, кг/м <sup>3</sup>						Абсолютная разница (— вынос, + привнос)		
	дацитовый порфирит	VI	III	I	II	II	дацитовый порфирит	VI	III	I	II	дацитовый порфирит—VI	VI—I	I—II	
SiO <sub>2</sub>	60,98	24,76	14,14	9,17	2,15	94	1605	880	580	403	94	— 725	— 477	— 309	
TiO <sub>2</sub>	0,49	0,24	0,16	0,12	0,08	4	13	8	7	5	4	— 5	— 3	— 1	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,61	8,71	5,47	4,08	0,68	30	420	310	224	180	30	— 100	— 130	— 150	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,82	29,88	42,04	50,12	62,53	2740	74	1061	1710	2210	2740	+ 987	+ 1149	+ 530	
FeO	2,92	14,85	18,86	22,32	23,30	1020	77	528	773	981	1020	+ 451	+ 453	+ 39	
MnO	0,34	0,30	0,22	0,17	0,14	6	9	11	9	8	6	+ 2	— 3	— 2	
MgO	2,40	5,84	6,25	4,23	2,50	109	63	208	255	186	109	+ 145	— 22	— 77	
CaO	3,16	9,09	5,27	3,74	3,20	140	83	323	216	164	140	+ 240	— 159	— 24	
Na <sub>2</sub> O	6,90	1,35	0,58	0,59	0,12	5	182	48	24	26	5	— 134	— 22	— 21	
K <sub>2</sub> O	0,66	0,55	0,20	0,09	0,04	2	17	20	9	4	2	+ 3	— 16	— 2	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,98	0,12	0,06	0,07	0,04	2	26	4	2	3	2	— 22	— 1	— 1	
S <sub>общ</sub>	0,04	1,16	2,07	2,08	2,86	125	1	41	85	92	125	+ 40	+ 51	+ 33	
Сумма	97,30	96,85	95,32	97,78	97,64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Объемный вес	2,63	3,55	4,10	4,40	4,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Средний состав пород и руд Темирского участка

Компонент	Андезитовый порфирит	Скарн	IV	III	I	II	Андезитовый порфирит	Скарн	IV	III	I	II	Абсолютная разница (- вынос, + привнос)		
													Порфирит-скарн	Скарн-IV	IV-II
SiO <sub>2</sub>	54,69	36,40	26,40	12,09	5,25	5,52	1482	1162	980	483	245	202	-320	-182	-778
TiO <sub>2</sub>	0,79	0,19	0,20	0,09	0,08	0,05	21	6	8	4	4	2	-15	+2	-6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,73	8,74	8,29	2,85	2,88	3,10	454	280	320	112	128	136	-174	+40	-184
Fe <sub>общ</sub>	7,03	14,14	29,03	50,12	59,49	59,39	190	452	1120	2005	2640	2600	+262	+668	+1480
MnO	0,46	0,28	0,29	0,10	0,07	0,08	12	9	11	4	3	3	-3	+2	-8
MgO	4,18	7,80	4,38	3,62	2,68	2,66	114	250	169	145	120	116	+136	-81	-53
CaO	4,93	24,62	12,41	5,28	2,66	2,85	133	765	478	211	118	125	+632	-287	-360
Na <sub>2</sub> O	4,44	0,31*	0,95	0,33	0,28	0,26	120	10	37	13	12	11	-110	+27	-26
K <sub>2</sub> O	0,79	0,18*	0,58	0,60	0,61	0,62	21	6	22	241	27	27	-15	+16	+5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,90	11,0	0,06	0,05	0,04	0,03	24	-	2	2	2	1	-	-	-1
S <sub>общ</sub>	-	2,64	2,36	3,03	2,89	2,79	-	82	91	121	135	120	+82	+9	+29
Объемный вес	2,71	3,20	3,85	4,00	4,45	4,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Определены пламенным фотомеретрическим методом.

Примечание. Для табл. 2 и 3 анализы порфиритов выполнены в химической лаборатории ЛГИ, скарна - ВСЕГЕИ, средние составы руд рассчитаны по анализам грунтовых проб развешочной партии (более 50 анализов).

кам (непосредственно или по скарнам), тем более, что существуют примеры непосредственного замещения известняков гематитовыми рудами (правда, бедными). Изучение основного направления в этом процессе устанавливает ведущую роль силикатных (вулканогенных) пород.

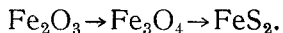
Такое предпочтительное развитие скарнов и руд по силикатным породам неоднократно отмечалось в литературе. В других месторождениях Кустанайской области также нередко наблюдается локализация скарнов и руд среди силикатных пород (Каچار, отдельные залежи Соколовского и др.).

Основная масса магнетитовых руд месторождения наиболее тесно ассоциирует не с типичными скарновыми минералами, а с гидросиликатами (эпидотом, актинолитом, хлоритом) и даже карбонатами (хотя в основном и более поздними). При этом гидросиликаты по времени образования очень близки наиболее распространенной генерации магнетита — второй, а магнетит третьей, четвертой и пятой генераций является даже более поздним, чем гидросиликаты. Это свидетельствует о более низких температурах его образования по сравнению с другими месторождениями Кустанайской области (Каچارским, Сарбайским, Соколовским и др.), где устанавливается тесная парагенетическая ассоциация магнетита со скаполитом, пироксенем и гранатом, хотя в них тоже встречаются участки актинолит — эпидот — магнетитовых руд (Западная залежь Сарбайского месторождения, Южная — Соколовского).

Таким образом, Куржункульское месторождение является скарновым, в котором наиболее интенсивное образование магнетитовых руд (магнетита-2) происходило в «гидроксильную» стадию.

### Основные закономерности эндогенной минерализации и вторичные изменения руд

Рассмотрим различия в минералообразовании, связанные с изменениями режима серы и кислорода в растворах. Из схемы минерализации (рис. 11, а) следует, что высокотемпературный этап закончился отложением пирита в восстановительных условиях, а это соответствует полному ряду «сульфидизации» при относительно высоком потенциале кислорода в растворах [4]:



В течение двух последующих стадий процесс как бы повторился, но с некоторыми отклонениями и менее отчетливо, так как начало его (третья стадия, развитие магнетита-3 и 4, а затем гематита-2) соответствует ряду окисления при низкой концентрации  $\text{H}_2\text{S}$  в растворе  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Сразу же после отложения гематита-2 (а возможно, и параллельно с ним) происходит развитие магнетита-5, вслед за которым в значительном количестве появляются поздние сульфиды.

Таким образом, ряд окисления, соответствующий началу стадии III, уже в конце ее сменяется рядом сульфидизации (стадия IV) также при сравнительно высокой концентрации кислорода в растворе: гематит-3 → магнетит-5 → пирит-3 (+ поздние сульфиды). На последней стадии устанавливается новое повышение кислородного потенциала, т. е. как бы снова, в третий раз, открывается тот же ряд, но в крайне ограниченных масштабах, и в самом начале его рудообразование окончательно прекращается. В то же время довольно отчетливо устанавливается, что смена режима обусловлена периодическим развитием трещинообразования, как бы циклами тектонической жизни.

Проявление трещинной тектоники перед первым этапом (или в начале его) отчетливо фиксируется развитием брекчиевидных руд. О новой «вспышке» трещинообразования перед началом гидротермального этапа свидетельствует внедрение жильных пород и дробление руд. Подобным же образом устанавливается третий этап развития трещинной тектоники перед заключительной стадией минерализации — по вторичному дроблению брекчиевых руд и пирита-3, по развитию многочисленных безрудных зон дробления во вмещающих породах с карбонатно-кварцевым и тальково-цеолитовым цементом. Возможно, тектонические подвижки имели место и в течение отдельных стадий, но эти три периода развития трещин наиболее крупные и поэтому особенно отчетливые. Вероятно, первые два из них связаны с северо-восточными нарушениями, а третий — с северо-западными.

На восточном фланге Темирского участка наблюдаются процессы рудообразования. Так, рудная минерализация стадии I развита крайне слабо, практически отсутствует (за исключением двух-трех скважин северной окраины). Железорудный метасоматоз стадии II проявился достаточно интенсивно, а ранняя сульфидная минерализация (пирит-2) представлена крайне слабо.

Начало гидротермального этапа, соответствующее гематитизации магнетитовых руд остальной части месторождения, здесь не проявилось совсем, а поздняя сульфидная минерализация представлена широко и интенсивно. К тому же она обладает своеобразным составом: вместо пирита-3 здесь появляется пирротин-2, часто образующий самостоятельные рудные тела мощностью до 8—10 м. С ним очень тесно ассоциируют (но образуются несколько позже его) халькопирит-2, сфалерит, галенит и висмутин, причем содержание первых трех нередко достигает 3—4%; примерно в это же время образуются кобальтсодержащий леллингит, арсенопирит и самородный висмут.

Резкое преобладание пирротина в сульфидной минерализации этой стадии свидетельствует о наличии более высоких восстановительных условий, чем в остальной части месторождения. О крайне низком потенциале кислорода свидетельствует, например, развитие богатого пирротинового оруденения на всех горизонтах месторождения, в том числе и на самых верхних.

Крайне слабо проявлена также минерализация заключительной стадии, но и она имеет своеобразный характер: развиваются марказит-2 и пирит-4 по пирротину, а поздние сульфиды меди отсутствуют.

Таким образом, на всем протяжении рудного процесса на восточном фланге Темирского участка существовали восстановительные условия, и вся рудная минерализация соответствует ряду «сульфидизации» при низком потенциале кислорода в растворах:  $Fe_3O_4 \rightarrow FeS$  (+ халькопирит-2, сфалерит, галенит и др.). Только в заключительной стадии рудного процесса наблюдается некоторое ослабление восстановительных условий, что фиксируется развитием марказита-2 и пирита-4 по пирротину.

Преобладание восстановительной обстановки на протяжении всего рудного процесса объясняется, по-видимому, своеобразием тектонической жизни этого участка. Особенно слабо проявилась здесь трещиноватость третьего периода, благодаря чему все породы и руды этого фланга имеют гораздо более свежий облик, чем на остальной части месторождения.

Слабое проявление тектоники обусловило все особенности рудного процесса в этой части месторождения. Довольно частые повышенные содержания меди, свинца и цинка в магнетитовых и пирротиновых рудах, появление в пирротиновых рудах висмута, а также развитие про-

жилков кобальтсодержащих арсенидов с самородным висмутом — все это требует тщательного изучения восточного фланга участка. Однако он до сего времени изучен очень слабо — пройдено всего несколько разведочных скважин, причем наивысшие концентрации сульфидов вскрыты крайними из них (427 и 403).

Мощность зоны окисления в целом на месторождении очень невелика: признаки изменения даже пирротиновых руд исчезают уже на глубине 50—65 м, т. е. в 30—40 м от поверхности палеозойского фундамента. Гидроокислы железа явно экзогенного происхождения наблюдаются также лишь до глубины 50—60 м, как исключение — до 80 м. При этом мощность зоны наиболее интенсивного изменения минералов и руд обычно не превышает 10—15 м, а ниже экзогенные минералы встречаются очень редко.

### ВЫВОДЫ

1. Месторождение имеет блоковое строение, которое обусловлено развитием тектонических нарушений двух направлений — северо-восточного и северо-западного. Первые из них — дорудные (отчасти внутрирудные) контролируют магнетитовое (и сульфидное) оруденение, а со вторыми — послерудными связано наиболее позднее изменение пород и руд. Локализация и форма рудных тел зависят от интенсивности развития разрывных трещин, оперяющих нарушения широтной системы, а также от литологии вмещающих пород.

2. Большая часть магнетитовых руд залегает в вулканогенных породах и развивается метасоматически, что хорошо подтверждается наличием между ними постепенных переходов двух типов. Рудные тела имеют довольно сложное строение, обусловленное чередованием руд различного состава и строения.

3. По условиям образования месторождение является скарновым, в котором наиболее интенсивное отложение магнетита имело место в гидроксильную стадию высокотемпературного этапа.

4. Закономерное чередование парагенетических ассоциаций минералов во времени обусловлено изменением окислительно-восстановительного потенциала растворов, а потенциал, в свою очередь, — проявлением трещинной тектоники.

5. По интенсивности проявления трещинной тектоники и изменения режима серы и кислорода в растворах Куржункульский участок и западный фланг Темирского участка составляют единое целое. Восточный фланг Темирского участка резко отличается от них, с чем и связано своеобразие минерального состава его руд.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Х. М. Генетическая связь оруденения с гранитоидными интрузиями, изд. П. Госгеолтехиздат, 1954.
2. Батищев-Тарасов С. Д., Иванченко Н. И., Маркианов М. С., Топорков Д. Д. Геология и полезные ископаемые северной части Тургайского прогиба. Сб. «Магнетитовые руды Кустанайской области и пути их использования». Изд-во АН СССР, 1958.
3. Беляшов Н. М., Фаина М. П. Качарское месторождение. Сб. «Магнетитовые руды Кустанайской области и пути их использования». Изд-во АН СССР, 1958.
4. Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. Сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1955.
5. Бетехтин А. Г. О стадиях минерализации в эндогенных рудных месторождениях. Сб. «Текстуры и структуры руд». Госгеолтехиздат, 1958.
6. Дымкин А. М. Петрографическая характеристика и особенности минерализации Качарского месторождения. Уч. зап. Казанского ун-та, 1956, т. 116, кн. 12.
7. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов. Сб. «Основные

проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1955.

8. Королев А. В. К вопросу о генезисе скарново-магнетитовых месторождений. Тр. Среднеазиатского политехн. ин-та. Новая серия, 1957, вып. 4.

9. Онтоев Д. О. Описание магнетитовых месторождений. Сб. «Магнетитовые руды Кустанайской области и пути их использования». Изд-во АН СССР, 1958.

10. Онтоев Д. О. О колломорфных образованиях магнетита и своеобразных пластинчатых и таблитчатых выделениях пирита в магнетитовых рудах. Тр. Минерал. музея, 1959, вып. 9.

11. Поспелов Г. Л. Генетические типы железорудных месторождений Алтае-Саянской горной области и их экономическое значение. Сб. «Железорудные месторождения Алтае-Саянской горной области». Изд-во АН СССР, 1958, т. I, кн. 1.

12. Соколов Г. А. Типы и условия образования магматогенных железных руд СССР. Сб. «Железорудная база черной металлургии». Изд-во АН СССР, 1957.

13. Соловьев С. П. К вопросу о последовательности выделения минералов в скарнах. Сб. «Вопросы петрографии и минералогии», т. I. Изд-во АН СССР, 1953.

14. Татаринцов П. М. К вопросу о роли вмещающих пород в процессе образования эндогенных месторождений полезных ископаемых. Геология рудных месторождений, 1959, № 2.

15. Фрей В. И. Геолого-промышленная характеристика магнетитовых руд. Сб. «Магнетитовые руды Кустанайской области и пути их использования». Изд-во АН СССР, 1958.

16. Усов М. А. Железорудные месторождения Западно-Сибирского края. Тр. конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия. Изд-во АН СССР, 1937.

17. Шахов Ф. Н. К теории контактовых месторождений. Тр. ГГИ ЗСФАН СССР, 1947, вып. 1.

---