Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXII, вып. 2, 1977 г.

СВЯЗЬ МАГНЕТИТОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ С МАГМАТИЗМОМ В ТУРГАЙСКОМ ПРОГИБЕ

Г.С.ПОРОТОВ

Общие сведения

Скарново-магнетитовые месторождения обязаны своим появлением магматическим процессам. Однако формы и характер проявления связи месторождений с магматизмом разнообразны. Доминирует гипотеза, развитая П.П.Пилипенко, А.Н.Заварицким и их последователями, о формировании скарново-магнетитовых месторождений в зоне контакта интрузивных массивов с карбонатными отложениями. В последние годы появилась гипотеза о связи скарново-магнетитовых месторождений с вулканизмом, причем некоторые исследователи считают эти месторождения полностью или частично вулканогенно-осадочными, впоследствии метаморфизованными (И.В.Дербиков, О.М.Чугуевская, Н.М.Беляшов и др.). Существуют также попытки объяснить происхождение некоторых месторождений из нагретых минерализованных подземных вод (Г.А.Соколов, Д.И.Павлов), при этом магматическим процессам отводится роль главным образом источника тепла. Различные точки зрения на магматический контроль оруденения влияют на практику поисков, разведки и оценки месторождений.

В Тургайском прогибе расположена наиболее крупная в СССР и в мире провинция скарново-магнетитовых месторождений, названная Г.М.Тетеревым Главной железорудной полосой (рис.I). Она приурочена к Валерьяновской структурно-фациальной зоне протяженностью более 600 км и шириной до 70 км, вытянутой почти в меридиональном направлении и ограниченной с запада и востока региональными разломами. В пределах Главной железорудной полосы известны три крупных (Качарское, Соколовское и Сарбайское), около десятка средних и несколько десятков мелких скарново-магнетитовых месторождений. Углубленное их изучение в последние I0-I5 лет выявило много фактов, позволяющих по-новому взглянуть на проблему магматического контроля магнетитового оруденения.

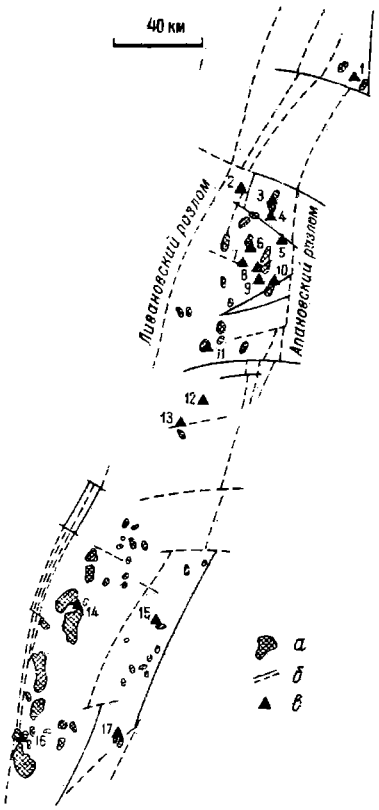
Скарново-магнетитовые месторождения Тургайского прогиба локализованы в осадочно-вулканогенной толще нижнего карбона (визейский и серпуховский ярусы), возможно, частично в среднекаменноугольных отложениях. В составе толщи преобладают порфириты, туфы, туфопесчаники андезитового и андезито-базальтового составов, широко распространены мелководно-морские известняки при полном отсутствии терригенного материала. Реже встречаются кварцевые и дацитовые порфиры, аргиллиты и ангидриты. Абсолютный возраст вулка-

нических пород в районе Качарского месторождения определен в 338–345 млн. лет [I].

Осадочно-вулканогенная толща прорвана интрузивами Соколовско-Сарбайского интрузивного комплекса, абсолютный возраст которого определен в 290–320 млн. лет [I, 5], что соответствует среднему-верхнему карбону. В составе интрузивного комплекса преобладают кварцевые диориты, диориты, диоритовые порфириты, менее распространены габбро-диориты и гранодиориты.

Тесная связь вулканических и интрузивных пород в пространстве и во времени, близость их составов позволяют объединять их в единую андезито-диоритовую вулкано-плутоническую формацию [4, 6].

Изучение осадочно-вулканогенной толщи, интрузивных тел и магнетитовых месторождений в Тургайском прогибе затруднено развитием мощного (40–170 м) мезозойско-кайнозойского платформенного чехла. Естественные обнажения палеозойского фундамента практически отсутствуют, и вся информация о нем получена по геофизическим и буровым данным.



Особенности размещения магнетитового оруденения на отдельных месторождениях

Пространственное совмещение в одной региональной структуре вулканических отложений, интрузивного комплекса и провинции скарново-магнетитовых месторождений указывает на несомненную связь между магматизмом и оруденением, но характер связи может быть выявлен при изучении особенностей развития оруденения на отдельных месторождениях. Наибольший интерес представляют взаимоотношения магматизма и оруденения на Качарском, Давыдовском, Сарбайском, Алешинском и Сорском месторождениях.

К а ч а р с к о е месторождение представлено многоэтажной рудной зоной, в которой чередуются пологие рудные залежи и оруденелые метасоматиты. Месторождение залегает в осадочно-вулканогенной толще, сложенной известняками, вулканическими туфами, туфитами, порфиритами андезитового

Рис.1. Схема размещения железорудных месторождений Главной железорудной полосы Тургайского прогиба

1 – Алешинское; 2 – Качарское; 3 – Давыдовское; 4 Южно-Светло-Джаркульское; 5 – Кунай-Жаркульское; 6 – Талкульское; 7 – Ломоносовское; 8 – Сарбайское; 9 – Южно-Сарбайское; 10 – Соколовское; 11 – Елтайское; 12 – Куржункульское; 13 – Копоткинское; 14 – Адаевское; 15 – Шагыркульское; 16 – Бенкалинское; 17 – Сорское; а – интрузивные массивы; б – разрывные нарушения достоверные и предполагаемые; в – скарново-магнетитовые месторождения

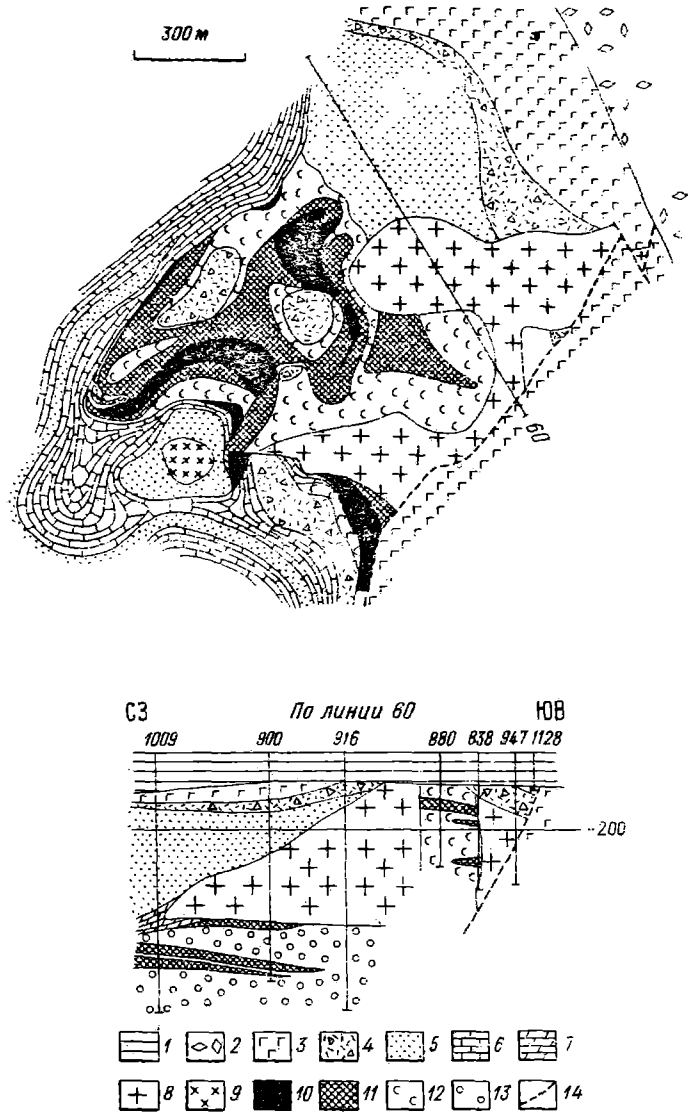


Рис.2. Качарское месторожд Геологический план горизонта -200 по линии 60

1 – мезозойские и кайнозойские рыхлые отложения; 2 – грубообломочные верхнеи ские отложения; 3 – красноцветные андезито-базальтовые порфириты; 4 – цементные ческие брекчии; 5 – красноцветные туфопесчаники; 6 – известняки; 7 – ангидриты; 8 – рие вые порфиры вулканического конуса; 9 – субвулканические кварцсодержащие порфиры; 10 сплошные магнетитовые руды; 11 – вкрапленные магнетитовые руды; 12 – пироксено-скаполи товые метасоматиты; 13 – хлорито-альбитовые метасоматиты; 14 – разрывные нарушени

и андезито-базальтового составов, среди которых есть зеленокаменно- и краснокаменноизмененные разности. В верхней части толщи отмечены красноцветные туфопесчаники, туфогравелиты до туфобрекчий и туфоконгломератов. Интрузивные тела не обнаружены как на максимальных глубинах разведки до 1500 м, так и в окрестностях месторождения в радиусе до 20 км, т.е. наиболее крупное месторождение рудной провинции не имеет видимой связи с интрузивными телами.

Особый интерес представляют кварцевые порфиры, описанные В.А.Заварицким, которые, как установлено ранее [15] и подтверждено в последние годы бурением, слагают вулканический (может быть экструзивный) конус, погребенный под молодыми отложениями (рис.2). В плане конус имеет вид полукольца, открытого на юго-запад. Жерло конуса имеет вертикальные стенки и диаметр около 700 м. Оно выполнено грубообломочными туфами кварцевых порфиров, в значительной степени замещенными пироксено-скаполитовыми метасоматитами и вкрапленными магнетитовыми рудами. Высота вулканического конуса не менее 800 м. Рудные залежи развиты во вмещающих породах вокруг жерла с юго-западной, юго-восточной и северной сторон, но на разных гипсометрических уровнях - от поверхности палеозойского фундамента (170 м от дневной поверхности) до глубин 1200 м и более. На погоризонтном плане обнажены лишь верхние рудные залежи, глубокие залежи видны в разрезе (см. рис.2). Магнетитовое оруденение развито по вулканическим туфам и туффитам, окружающим и подстилающим вулканический конус.

На Качарском месторождении вполне можно утверждать о пространственной связи магнетитового оруденения с палеовулканической постройкой. Рудоносные растворы, по-видимому, двигались в основном по жерлу вулканического конуса и растекались в стороны, сбрасывая свой груз в горных породах, благоприятных для оруденения. Оруденение развивается как в горных породах вулканического конуса, так и в нижней части покрывающих их красноцветных отложений, по-видимому, верхненамюрского возраста.

Столь четкая пространственная связь магнетитового оруденения с вулканической постройкой установлена впервые для месторождений данного района и представляет большой научный интерес.

Для полноты сведений нужно добавить, что глубокими скважинами на месторождении вскрыты куполообразные субвулканические интрузивы кварцсодержащих порфиров (гранит-порфиров) [15].

Давыдовское рудное поле включает в себя Южно-Светло-Джаркульское, Куттукское и Давыдовское месторождения и ряд магнитных аномалий, объединенных общим магнитным полем концентрического строения. Рудное поле приурочено к изометричному выступу размером 8x12 км нижнекаменноугольных зеленокаменных порфиритов и туфов андезитового состава среди более молодых красноцветных туфопесчаников и андезито-базальтовых порфиритов (рис.3). Выступ можно интерпретировать как эродированную вулканокупольную постройку центрального типа. Если учесть углы погружения зеленокаменных отложений под красноцветные отложения, то можно реставрировать первоначальную высоту постройки и величину эрозионного среза, которая оценена в 1,5-2 км.

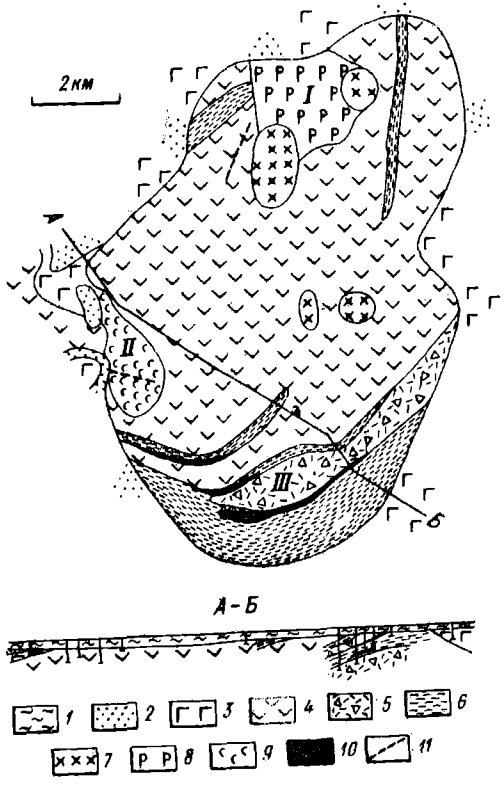


Рис.3. Давыдовское рудное поле. Схематическая геологическая карта палеозойского фундамента геологический разрез

1 мезозойские и кайнозойские рыхлые отложения; 2 красноцветные туфопесчаники; 3 – красноцветные андезито-базальтовые порфириты; 4 – зеленокаменно измененные порфириты дацитовые; 5 смешанные вулканические брекчии; 6 слои туффиты; 7 диориты и диоритовые порфириты; 8 – роговики; 9 – пироксено-скаполитовые метасоматиты; 10 – магнетитовые руды; нарушения: I-III соответственно Да-

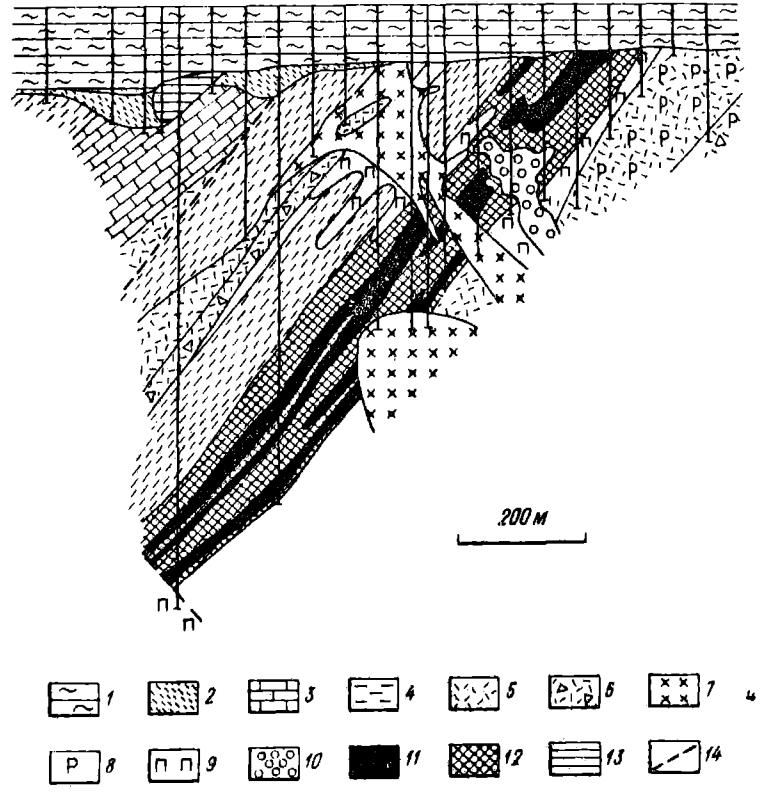


Рис.4. Сарбайское месторождение. Геологический разрез по линии 13

1 – мезозойские и кайнозойские рыхлые отложения; 2 – древняя кора выветривания и карст; 3 – известняки; 4 – слоистые туффиты; 5 – псаммитовые вулканические туфы; 6 – вулканические брекчии; 7 – диориты, кварцевые диориты, диоритовые порфириты; 8 – биотит-гиперстено-плагиоклазовые роговики; 9 – пироксено-альбитовые и пироксено-скаполитовые метасоматиты; 10 – пироксено-гранатовые и гранатовые скарны; 11 – сплошные магнети-

В пределах выступа, кроме вулканических пород, отмечены небольшие тела диоритов и диоритовых порфиритов, но условия их залегания пока не выяснены. Можно предполагать, что это дайко- и штокообразные интрузивные тела. Вообще геологическое строение выступа расшифровано слабо, так как скважины размещены неравномерно и приурочены в основном к аномалиям и месторождениям.

В северной части рудного поля собственно на Давыдовском месторождении распространены своеобразные роговики, заслуживающие специального изучения, которые многими исследователями [2, 7, I2] неправильно определены как магматические породы – рудные габбро-диориты. Роговики образованы по андезитовым порфиритам с привносом железа и состоят из плагиоклаза, диопсида, биотита и титанистого магнетита, обладают характерной синеронитовой структурой, часто содержат прожилки перекристаллизации магнетит-плагиоклазового состава. Температура образования магнетита по структурам распада твердых растворов оценена в 600–700°С [2]. Роговики сопровождаются небольшими телами диоритов и кварцевых диоритов и обязаны своим появлением, по-видимому, поступлению потока высоконагретых флюидов, вызвавших перекристаллизацию порфиритов и отложение магнетита. Роговики являются бедной магнетитовой рудой.

Кроме роговиков магнетитовое оруденение в рудном поле развито в вулканических туфах и туффитах, образуя метасоматические пласто- и линзообразные залежи Южно-Светло-Джаркульского и Куттукского месторождений, согласные с напластованием вмещающих пород.

С а р б а й с к о е месторождение состоит из трех крупных пластообразных рудных тел, составлявших ранее единое целое [I3, I7]. Размеры рудных тел по простиранию и падению достигают нескольких километров, по мощности – до 200 м. Руды локализованы в пачке известняков средневизейского возраста, подстилаются и перекрыты вулканическими туфами и туффитами андезитового состава. Это наиболее типичная форма рудных тел и контроля оруденения, наблюдаемая на многих месторождениях Тургайского прогиба.

Интрузивные тела на месторождении многочисленны, имеют сложную форму (рис.4) и несопоставимо малые размеры по сравнению с масштабами оруденения. Это свидетельствует о том, что интрузивные тела не могли быть главным источником оруденения. Можно предполагать, что интрузивные тела являются апофизами более крупного интрузивного массива, расположенного глубже. Кстати, восточнее месторождения редкой сетью картировочных скважин вскрыт интрузивный массив, сложенный кварцевыми диоритами, гранодиоритами, реже диоритами и диоритовыми порфиритами. Возможно, с этим массивом связано развитие роговиков восточного фланга. Максимальное удаление магнетитового оруденения от интрузивных тел в плане достигает I,5 км.

На Сарбайском месторождении установлены возрастные взаимоотношения интрузивных тел и оруденения. Интрузивный комплекс по крайней мере двухфазный. Ранняя фаза сложена диоритами и диоритовыми порфиритами, поздняя – кварцевыми диоритами и гранодиоритами, есть также самые поздние гранодиорит-порфиры и аплиты, – вероятно, жильные породы второй фазы.

Магнетитовое оруденение (и скарны) явно наложено на интрузивные породы первой фазы и переоечено интрузивными породами второй фазы [14, 19]. Таким образом, возраст магнетитового оруденения близок к возрасту интрузивных тел.

А л е ш и н с к о е месторождение приурочено к структурной форме, напоминающей брахисинклинальную складку. Ее крылья сложены известняками, ядро выполнено слоистыми аргиллитами, алевритовыми и пелитовыми туффитами, слабо дифференцированными порфиритами андезито-базальтового состава

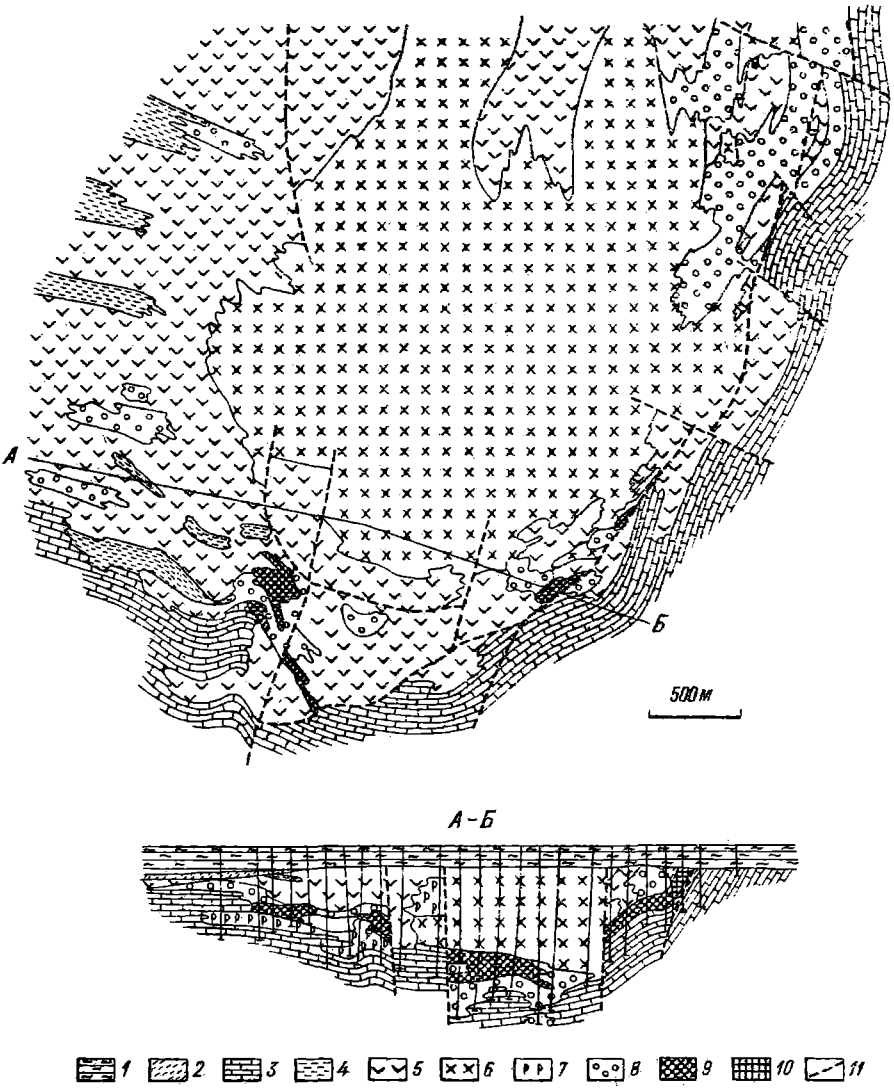


Рис.5. Алешинское месторождение. Геологическая карта палеозойского фундамента и геологический разрез (По Э.А.Акматжанову и Н.Е.Волкову)
1 - мезозойские и кайнозойские рыхлые отложения; 2 - древняя кора выветривания и карст; 3 - известняки; 4 - слоистые аргиллиты и алевропелитовые туффиты; 5 - андезито-базальтовые порфириты; 6 - габбро-диориты; 7 - роговики; 8 - скарны; 9 - магнетитовые руды; 10 - мартитовые руды; 11 - разрывные нарушения

разных петрографических типов, а центральную часть ядра занимает интрузив габбро-диоритов (рис.5). Магнетитовое оруденение развито на контакте известняков с порфиритами, иногда с габбро-диоритами и дугообразно окаймляет ядро с запада, юга и востока, погружаясь от поверхности палеозойского фундамента на различные глубины, иногда до 1300 м и более. Руда замещала известняки, реже туффиты и порфириты.

В строении месторождения выделяется несколько важных особенностей. Во-первых, во вмещающей толще отсутствуют мелко- и крупнообломочные вулканические туфы. Слоистые алевритовые и пелитовые туффиты не могут считаться непосредственными продуктами вулканических извержений, это тонкообломочный материал, сортированный в водной среде, который отлагается в удалении от центра извержений.

Во-вторых, выяснилось, что андезито-базальтовые порфириты слагают не потоки и покровы, а многочисленные секущие дайкоподобные тела чаще малой мощности - от десятков сантиметров до первых метров. В некоторых скважинах наблюдается несколько десятков пересечений порфиритов, причем контакты их с рудой крутые, не совпадающие с пологими углами падения слоистых туффитов и известняков. О степени насыщенности разреза телами порфиритов можно судить хотя бы по тому, что в промышленных контурах магнетитовых руд оруденелые порфириты составляют 17% запасов при максимальной мощности пустых пород в рудной зоне всего 6 м. Можно утверждать, что вмещающая толща исключительно интенсивно „нашпигована" телами порфиритов. При удалении от рудной зоны в сторону лежачего бока или к периферии брахисинклинали степень насыщенности разреза порфиритами резко убывает и уже на расстоянии 100-200 от рудной зоны порфириты практически исчезают. Кроме маломощных есть и более крупные тела порфиритов, которые разделяют месторождение на несколько участков. На геологических чертежах не удается показать разновидности порфиритов, можно наметить лишь схематичный контур их распространения (см. рис.5).

В-третьих, порфириты и интрузивные породы слабо дифференцированы и обладают близким составом. Среди порфиритов, согласно исследованиям А.К.Каймакова, можно выделить не менее семи петрографических групп, последовательно секущих друг друга. Одни из порфиритов доинтрузивные, другие - секут интрузивные породы, т.е. порфириты и габбро-диориты весьма близки по времени формирования.

Отмеченные факты позволяют предполагать, что наблюдаемая структурная форма месторождения - не брахисинклиналь, возникшая в процессе складчатости, а тектоно-магматическая депрессия, представляющая собой вскрытый эрозией периферический магматический очаг, превратившийся в интрузивный массив, расположенный в толще известняков и слоистых туффитов. Это весьма правдоподобное предположение объясняет отсутствие пирокластических отложений, насыщенность толщи секущими телами слабо дифференцированных порфиритов, их пространственную и временную близость с интрузивными породами. Изучена лишь южная часть депрессии, где сосредоточены магнетитовые руды и ведутся разведочные работы. По направлению к северу подошва депрессии и рудные тела погружаются до глубины 1300 м и более, становясь недоступными для наблюдения.

Можно представить схематичный процесс развития периферического магматического очага. Первые порции магмы, внедрившиеся по сети трещин в холодные вмещающие породы (известняки и туффиты), застыли в виде дайкоподобных тел порфиритов. Последующие порции магмы создали достаточно крупный магматический очаг, магма в котором охлаждалась медленнее, кристаллизуясь уже в виде габбро-диоритов, которые иногда отщеплялись в апофизы. Охлаждающийся магматический очаг начал превращаться в интрузивный массив с периферии. В остывшие периферические части по трещинам проникла магма из еще не раскристаллизованных центральных частей магматического очага, создавая тела послеинтрузивных порфиритов. Поскольку магнетитовое оруденение частично развито в порфиритах (брекчиевидно-прожилковый тип руд), оно возникло, вероятно, в заключительную стадию кристаллизации магмы в очаге.

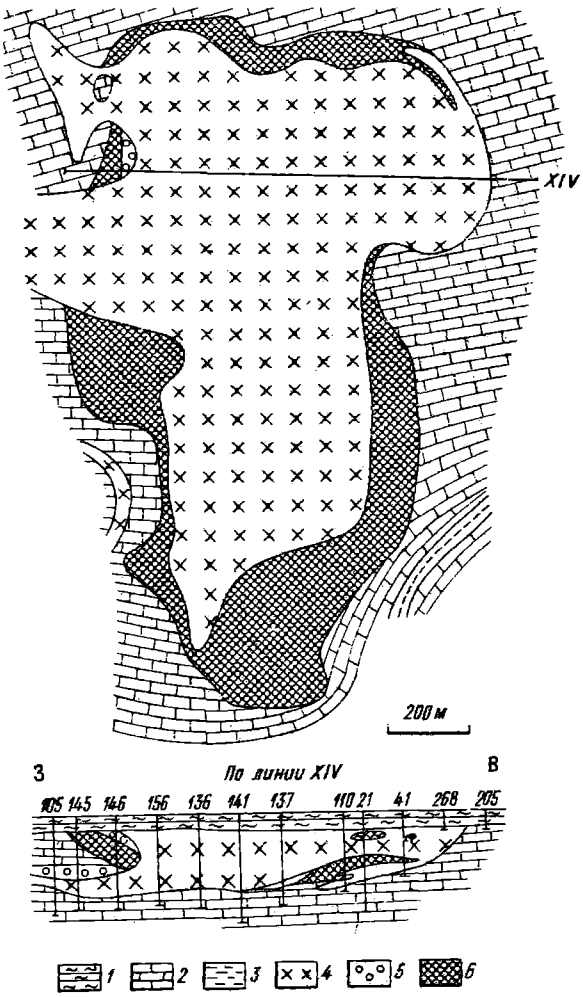


Рис.6. Сорское месторождение. Схематическая геологическая карта палеозойского фундамента и разрез по линии XIУ

1 – мезозойские и кайнозойские рыхлые отложения; 2 – известняки; 3 – слоистые туффиты; 4 – кварцевые диориты, диориты и диоритовые порфириты; 5 – скарны; 6 – магнетитовые руды

Приведенная схема не претендует на полноту, реальный процесс развития магматического очага, по-видимому, сложнее. В частности, возможно, формирование интрузивных пород, порфиритов и оруденения проходило многоэтапно, но это требует более глубоких исследований. Важно то, что есть основания предполагать пространственную и генетическую связь магнетитового оруденения с периферическим магматическим очагом. В этом отношении изучение Алешинского месторождения весьма интересно.

С о р с к о е месторождение имеет особое значение в Тургайском прогибе. На этом месторождении природа подготовила геологам сюрприз – интрузив без корней в толще известняков. Толща известняков залегает полого, в ней расположен овальный интрузивный массив размером 800х1600 м (рис.6), сложенный кварцевыми диоритами, диоритами и диоритовыми порфиритами. Интрузивный массив разбурен густой сетью скважин, и

1159

все они „протыкают" его насквозь, входя в мраморизованные известняки, метаморфизм которых с глубиной затухает. Рудные тела прерывистой каймой окружают интрузивный массив и погружаются под него. Таким образом, Сорское месторождение вполне соответствует классическому типу контактово-метасоматических месторождений: руда развита на контакте диоритов и известняков.

Отсутствие корней у интрузивного массива можно объяснить тем, что это останец от более крупного, но эродированного массива, который имел магмоподводящий канал где-то в другом месте. Интрузивные массивы, у которых мог сохраниться магмоподводящий канал, известны в окрестностях Сорского месторождения, но мало изучены.

Из особенностей месторождения следует отметить полное отсутствие вулканических пород, за исключением единичных пересечений роговообманковых андезитовых порфиритов в периферических частях интрузивного массива. Условия залегания порфиритов не выяснены, можно ожидать, что это дайкоподобные тела такого же происхождения, как и на Алешинском месторождении.

Интрузивный массив когда-то был, конечно, магматическим очагом, потом магма застыла, и вокруг интрузии возникли магнетитовые руды. Следовательно, на Сорском месторождении можно предполагать пространственную и генетическую связь оруденения с магматическим очагом.

Магматизм и магнетитовое оруденение

Приведенные примеры иллюстрируют различные стороны взаимосвязи магматизма и оруденения. Нетрудно заметить, что примеры подобраны так, чтобы показать взаимоотношения магматизма и оруденения по мере приближения к магматическому очагу.

Как показал И.В.Лучицкий [II], в районах палеовулканической деятельности в зависимости от глубины эрозионного среза могут наблюдаться либо периферические вулканические постройки (например, вулкано-купольные), либо корневые части вулканических аппаратов, при этом будут появляться различные типы вулканических пород и меняться их количественные соотношения с интрузивными породами.

В рассматриваемом районе можно выделить по крайней мере три уровня эрозионного среза вулканических аппаратов.

Первый (верхний) уровень характерен развитием самых поверхностных образований магматизма, а именно, распространением лишь излившихся и пирокластических пород, наличием слабо эродированных вулкано-купольных построек, отсутствием интрузивных тел. Но на глубине могут присутствовать субвулканические тела. Такой уровень наблюдается на Качарском месторождении. Близкий уровень эрозионного среза имеется в Давыдовском рудном поле, но здесь уже появляются небольшие интрузивные тела.

Второй (средний) уровень устанавливается по значительному распространению на одном эрозионном срезе излившихся, пирокластических и интрузивных пород и отсутствием вулкано-купольных структур, т.е. на данном уровне обнажаются корни вулканов или верхний интеркрустальный ярус [II]. Второй уровень типичен для Сарбайского, Соколовского, Шагыркульского и многих других месторождений Тургайского прогиба.

Третий (нижний) уровень можно узнать по преобладанию интрузивных пород, развитию порфиритов только в секущих телах, отсутствием излившихся и пирокластических пород. Третий уровень можно сопоставить с нижним интеркрустальным ярусом И.В.Лучицкого, который по существу можно назвать ярусом периферических магматических очагов. Сюда можно отнести магматические образования Алешинского и Сорского месторождений.

Более глубокие срезы на уровне каналов, подводящих магму из мантии к периферическим очагам, в районе не установлены.

Уровень среза вулканических аппаратов в какой-то мере соответствует глубине эрозионного среза земной коры, но не совпадает, так как магматические очаги могут возникать на разных глубинах, и на одном эрозионном срезе можно наблюдать различные уровни среза вулканических аппаратов.

В пределах Главной железорудной полосы Тургая эрозионный срез палеозойских отложений безусловно разный, на что обратил внимание Н.И.Руденко [I6], опираясь на метасоматическую зональность. Минимальный эрозионный срез наблюдается на Качарском месторождении, максимальный - на Сорском.

Рассмотренные особенности размещения месторождений позволяют предполагать, что магнетитовое оруденение генетически связано с периферическими магматическими очагами, хотя и локализуется в различных частях вулканических построек - от магматического очага до близповерхностных жерловых и околожерловых частей вулканических аппаратов. Отсюда вытекает, что вертикальный размах магнетитового оруденения определяется глубиной формирования периферических магматических очагов. Вулканогенные толщи, интрузивные массивы и магнетитовое оруденение имеют общий источник - магматический очаг, что было высказано ранее А.М.Дымкиным [6].

Особенности месторождений, образованных на различных уровнях глубины вулканических аппаратов

Можно ожидать, что характер магнетитового оруденения будет определяться его местоположением в вулканических аппаратах. Действительно, такие особенности отчетливо видны на изученных месторождениях.

Форма рудных тел в наиболее глубоких месторождениях типа Сорского подчиняется структурному контролю, повторяя форму контакта интрузивного массива с вмещающими породами (см. рис.6). Оруденение развивается в основном в экзоскарновой, частично в эндоскарновой зоне. Например, на Алешинском месторождении руды эндоскарновой зоны (прожилково-брекчиевидные руды в порфиритах) слагают всего лишь I5% запасов.

Рудные тела на среднем и верхнем уровнях глубины вулканических аппаратов подчиняются литологическому, реже структурному контролю. Наиболее распространены пласто- и линзообразные рудные тела (см. рис.4), контролируемые благоприятными литологическими горизонтами известняков, известковистых туффитов, реже вулканических туфов (Сарбайское, Соколовское, Шагыркульское, Качарское, Южно-Светло-Джаркульское и другие месторождения). Как установил А.И.Москаленко, во многих случаях руда приурочена к литологическим ловушкам - зонам фациального перехода известняков в пирокластические отложения (Талкульское, Южно-Сарбайское, Ломоносовское и

Таблица 1

Среднее содерж
объемные

Уровень глубины вулканического аппарата	Месторождения	Магнетит	Гематит	Пирит	Пирротин[x]	Марказит	Скаполит	Пироксен	Гранат	Актинолит	Эпидот	Хлорит	Флогопит	Мусков	Альбит	Ортоклаз	Шабазит	Кальцит	Анкерит	Пренит	Ангидрит	Гипс	Кварц	Апатит	Сфен	Дашкесанит	Прочие
Верхний	Качарское	38,1	0,1	0,7	–	–	13,3	12,1	0,7	0,1	0,1	4,7	0,8	0,5	8,8	7,2	3,7	3,2	0,3	0,5	0,6	0,3	1,7	1,4	0,7		0,4
	Южно-Светло-Джаркульское	29,0	0,7	2,2	+	0,1	28,7	7,5	–	3,5	0,5	4,9[xx]	2,6	–	0,3	8,9	1,3	3,7	2,8	+	0,7	0,5	1,0	1,0	+		0,1
Средний	Сарбайское	39,8	0,2	4,9	1,0	0,4	0,9	13,8	2,4	7,4	2,8	5,9	2,8	–	5,6	0,1	0,3	4,8		0,5	0,3	0,3	4,4	0,6	0,1		0,7
	Соколовское[xxx]	36,8	0,4	3,1	–	0,1	0,6	14,2	3,2	7,3	2,7	9,6	2,9	0,1	2,4	0,1	0,3	11,9	–	+	+	0,7	2,3	0,7	0,4		0,2
Нижний	Алешинское	49,9	0,1	2,8	2,1	0,8	0,3	20,8	10,1	1,5	1,9	2,9	0,3	0,3	0,7	–	–	4,1	+	0,3	–	–	0,5	+	–	0,3	0,3
	Сорское	37,1	0,3	1,8	1,6	1,0		12,4	10,9	10,6	1,0	5,1	–	–	5,3		–	8,8	–	–	0,1	+	2,3	0,2	0,2	1,0	0,3

[x] Знак „+" обозначает редкий минерал, „–" отсутствие минерала.

[xx] В том числе 2,4% серпентина.

[xxx] По данным Н.В.Иванова и Б.В.Мельникова [9] с корректурой по химическому составу руды.

другие месторождения). В тех же случаях, когда благоприятные литологические горизонты отсутствуют, оруденение развивается в тектонически раздробленных порфиритах или диоритах, образуя штокверки прожилково-вкрапленных руд (Центрально-Ломоносовское и Западно-Кунай-Жаркульское месторождения, Верхнее рудное тело Южно-Сарбайского месторождения).

В некоторых случаях рудоносные растворы могут достигать поверхности, отлагая вулканогенно-осадочные руды в виде линзообразных тел, как на Елтайском месторождении [8].

От глубины эрозионного среза вулканических аппаратов в какой-то мере зависит масштаб месторождений. Не случайно наиболее крупное Качарское месторождение приурочено к уровню минимального эрозионного среза, тогда как Сорское месторождение, локализованное в области максимального эрозионного среза, на порядок меньше Качарского.

Местоположение оруденения в вулканическом аппарате, по-видимому, в значительной степени определяет состав руды. Руды Качарского, Южно-Светло-Джаркульского месторождений, залегающие в верхних частях аппаратов, содержат много скаполита и продуктов его изменения (шабазита, альбита и ортоклаза) и относятся к скаполитовому подтипу [18]. Продуктивной является пироксен-скаполит-магнетитовая минеральная ассоциация.

На среднем уровне формирования, характерном для Сарбайского и Соколовского месторождений, преобладают пироксено-магнетитовые руды (или эпидото-актинолито-магнетитовые при удалении от источников тепла). Скаполит в рудах редок, но он в заметном количестве встречается в околорудных метасоматитах, не образуя парагенезиса с магнетитом.

На нижнем уровне формирования повышается роль граната, обуславливающего широкое распространение пироксено-гранато-магнетитовых и гранато-магнетитовых руд, как на Алешинском, Сорском, Южно-Адаевском и некоторых других месторождениях скарнового подтипа [18].

Отмечаются и другие особенности состава руд. Так, для месторождений верхних частей вулканических аппаратов характерно повышенное количество ортоклаза, апатита, присутствует анкерит. По мере приближения к корневым частям аппарата возрастает роль пирротина и развивающегося по нему марказита и уменьшается роль пирита (табл.1), что указывает на снижение химического потенциала серы и кислорода [3]. На глубоких горизонтах встречен в заметном количестве хлорсодержащий феррогастингсит - дашкесанит. В верхних частях вулканических аппаратов магнетит содержит много титана и ванадия. По мере приближения к магматическому очагу их содержание уменьшается в несколько раз (табл.2).

Трудно охватить все особенности взаимосвязи магнетитового оруденения с магматизмом. Представляют интерес оценка вертикального размаха оруденения, глубины оруденения в момент образования, источников растворов, путей миграции рудных компонентов и т.д., но все это требует специальных исследований.

Таблица 2

Состав магнетита из руд

Уровень глубины вулканических аппаратов	Месторождения	Число проб	Содержание, %		
			TiO_2	V_2O_5	MnO
Верхний	Качарское	23	0,75	0,17	0,19
	Давыдовское		1,31	0,18	0,16
	Южно-Светло-Джаркульское	20	0,35	0,12	0,08
Средний	Соколовское	14	0,32	0,09	0,16
	Сарбайское	39	0,24	0,15	0,08
Нижний	Алешинское	41	0,10	0,01	0,13
	Сорское	10	0,14	0,03	0,04

Заключение Скарново-магнетитовые месторождения Тургайского прогиба, по-видимому, пространственно и генетически связаны с палеовулканическими аппаратами, которые сложены ассоциирующими вулканическими и интрузивными породами близкого андезито-диоритового состава и возраста.

Можно выделить три уровня эрозионного среза палеовулканических аппаратов. На верхнем уровне сохранились вулканокупольные постройки, но отсутствуют интрузивные тела. На среднем развиты как вулканические (в том числе пирокластические), так и интрузивные породы. На глубоком уровне обнажаются интрузивные массивы периферических магматических очагов, но отсутствуют пирокластические и покровные вулканические отложения.

В зависимости от положения в вулканической постройке меняется характер магнетитового оруденения. На верхнем уровне вулканической постройки развиты магнетитовые руды скаполитового подтипа, магнетит богат титаном и ванадием, преобладает литологический контроль оруденения, масштабы оруденения могут достигать максимума. На среднем уровне преобладают пироксено-(актинолито)-магнетитовые руды, также развит литологический контроль оруденения, магнетит заметно беднее титаном и ванадием. На нижнем, наиболее глубоком, уровне оруденение контролируется контактами интрузивных тел, относится к скарновому подтипу и сложено пироксено-гранато-магнетитовыми и гранато-магнетитовыми рудами с повышенным количеством пирротина, масштаб месторождений небольшой, магнетит беден титаном и ванадием.

Можно ожидать, что подобные закономерности размещения скарново-магнетитовых руд характерны и для других рудных провинций, где широко распространены осадочно-вулканогенные толщи. В Алтае-Саянской области также обнаружена явная пространственная связь магнетитового оруденения с вулканическими постройками [10].

В Тургайском прогибе магнетитовое оруденение прослежено от уровня вулканокупольных построек до уровня периферических магнетитовых очагов -

нижнего интеркрустального яруса. Можно предполагать, что именно периферические магматические очаги обуславливают появление вулканических толщ, ассоциирующих с ними интрузивных массивов и магнетитового оруденения. Пока трудно сказать, можно ли ожидать оруденение ниже уровня периферических магматических очагов.

Можно представить и такой случай, когда периферический магматический очаг раскристаллизуется на некоторой глубине, не вызвав вулканических процессов. Тогда будет наблюдаться интрузивный массив, который при благоприятных условиях может сопровождаться скарново-магнетитовым оруденением. В качестве примера можно упомянуть изученное автором месторождение Ирису в Таласском Алатау, которое приурочено к одноименному монцонитовому массиву, рвущему складчатую карбонатную толщу. Магнетитовое оруденение здесь несет все перечисленные черты оруденения нижнего уровня вулканических аппаратов. Оруденение контролируется интрузивными контактами, руды по составу отвечают скарновому подтипу, в рудах много граната и пирротина.

Таким образом, скарново-магнетитовые месторождения могут локализоваться как в непосредственных контактах интрузивных тел с вмещающими породами, соответствуя классическому типу контактово-метасоматических месторождений, так и в некотором удалении от интрузивных тел, но в связи с магматическими процессами и в окрестностях вулканических аппаратов. Различное расположение оруденения в вулканических аппаратах определяет закономерности его размещения и особенности вещественного состава руд.

Литература

Бегешев А.Г., Вялухин Г.И., Степанов А.И. К вопросу о возрасте позднепалеозойских магматических образований северо-западной части Тургайского прогиба. – Ежегодник Ин-та геологии и геохимии Уральского науч. центра. Свердловск, 1972.

2. Беляшов Н.М., Шангиреева Р.Д. Новые данные по геохимии титана и температурам образования магнетитовых месторождений Северного Тургая. – Тр. Ин-та геол. наук АН Каз. ССР, 1969, т. 28.

3. Бетехтин А.Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. В кн.: Основные проблемы учения о магматогенных рудных месторождениях. М., Изд-во АН СССР, 1953.

4. Валерьяновская андезито-диоритовая визе-намюрская вулкано-плутоническая формация Тургайского прогиба. – В кн.: Материалы Симпозиума по вулкано-плутоническим формациям и их рудоносности. Алма-Ата, „Наука", 1966. Авт.: А.И.Ивлев, О.К.Ксенофонтов, Ю.Г.Фальков, А.В.Филатов.

5. Дымкин А.М. Петрология и генезис магнетитовых месторождений Тургая. Новосибирск, „Наука", 1966.

6. Дымкин А.М. Вулкано-плутонический магматизм и эндогенное железооруденение. – В кн.: Вулкано-плутонический магматизм и железооруденение. Новосибирск, „Наука", 1970.

Дымкин А.М., Щербак В.М., Могилева М.П. Особенности генезиса руд Давыдовского магнетитового месторождения. – Изв. вузов, „Геология и разведка", 1971, № 3.

8. Дымкин А.М., Щербак В.М. Особенности формирования метасоматических и вулканогенно-осадочных руд Тургая. – Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, 1973, вып. 198.

9. Иванов Н.В., Мельников Б.В. Минеральный состав магнетитовых руд Соколовского месторождения. – Изв. вузов, „Геология и разведка", 1967, № 9.

10. Корель В.Г. Магматизм и магнетитовое оруденение некоторых вулкано-тектонических кольцевых структур Алтае-Саянской складчатой области. – Тр. СНИИГГИМС, 1974, вып. 191.

Лучицкий И.В. Основы палеовулканологии. Т. 2. М., „Наука", 1971.

12. Марченко Л.Г., Новохатский И.П. Ранние этапы метасоматоза и их значение в оруденении Давыдовского и Надеждинского магнетитовых месторождений. – В кн.: Магматизм и эндогенная металлогения Зауралья. Кустанай, 1970.

13. Морфология рудной залежи Сарбайского месторождения. – Изв. вузов, „Геология и разведка", 1966, № 11. Авт.: Н.В.Иванов, Е.В.Веселов, В.М.Изоитко, Г.С.Поротов.

14. О возрастных взаимоотношениях диоритовых порфиритов и магнетитового оруденения на Сарбайском месторождении. – Изв. АН КазССР, Серия геол., 1968, № 5. Авт.: Н.И.Руденко, В.Г.Лазаренков, А.С.Салимбаев, В.В.Батыгин.

15. Поротов Г.С., Веселов Е.В. О генезисе кислых пород Качарского магнетитового месторождения. – „Геология и геофизика", 1972, № 3.

16. Руденко Н.И. К вопросу о локальной и региональной зональности в пределах Главной железорудной полосы Тургайского прогиба. – В кн.: Вопросы рудничной геологии. Ч. 1. Белгород. изд. ВИОГЕМ, 1970.

17. Руденко Н.И., Великоборец Т.А., Шаманина Н.Л. Опыт структурной реставрации первичных размеров рудной залежи Сарбайского месторождения. – В кн.: Теоретические основы разведки. Изд. ЛГИ, 1973.

18. Соколов Г.А. Геология, закономерности состава и вопросы генезиса магнетитовых месторождений Тургайского прогиба. – В кн.: Тр. Объединенной кустанайской научной сессии. Т. 2. Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1958.

19. Шаманина Н.Л., Великоборец Т.А., Руденко Н.И. Состав и возрастные соотношения жильных образований Сарбайского месторождения. – Зап. ВМО, 1974, ч. 103, вып. 1.