

на правах рукописи

Грицук Алексей Николаевич

Петрогеохимические особенности и рудоносность
Таловского габбро-гипербазитового массива

Специальность 25.00.11.
Геология, поиски и разведка месторождений твердых
полезных ископаемых, минерагения.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва-2003

Работа выполнена в Институте геологии
Уфимского научного центра Российской Академии наук

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук
В.И. Сначев

Официальные оппоненты – доктор геолого-минералогических наук,
профессор В.В. Дистлер (ИГЕМ),
кандидат геолого-минералогических наук
А.В. Щербакова (ЦНИГРИ)

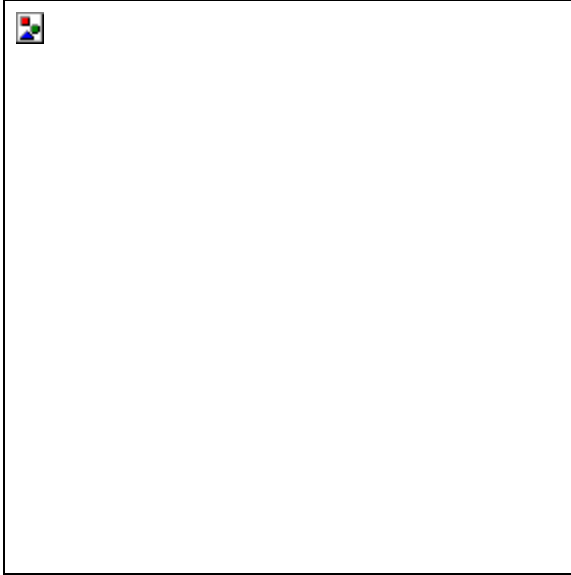
Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное
геологическое предприятие “Челябинскгео-
съёмка”, г. Челябинск

Защита состоится в 14³⁰ " " апреля 2003г на заседании диссертационного
Совета Д.501.001.62. в Московском государственном университете им.
М.В. Ломоносова по адресу:

119992, Москва, Ленинские горы, МГУ, Геологический факультет, кафедра
геологии и геохимии полезных ископаемых, ауд. 415 гл. здания.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Геологического фа-
культета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
(зона “А”, 6 этаж).

Автореферат разослан "03" марта 2003 г.



Введение

Актуальность. История развития складчатых сооружений, особенно ранних ее этапов, теснейшим образом связана с проблемой формирования габбро-гипербазитовых массивов. Кроме того, они являются вмещающими породами для целого ряда полезных ископаемых, в том числе хромитов, золота, элементов группы платины, никеля, меди и т.д.

В силу широкого развития и высокой степени изученности гипербазиты Урала представляют в этом отношении эталонный объект. Работами ряда исследователей было показано, что габбро-гипербазитовые массивы Урала укладываются в две формации: альпинотипную дунит-гарцбургитовую (хромитоносную) и зональную дунит-клинопироксенит-габбровую (платиноносную). В пределах Южного Урала, куда входит рассматриваемый нами Таловский массив, известна только первая из них. Однако, в силу своего структурного положения различными исследователями он относился то к дунит-гарцбургитовой, то к дунит-клинопироксенит-габбровой формациям, что автоматически предопределяло ту или иную его потенциальную рудоносность, так как ранее предполагалось, что платиноносными могут быть только породы дунит-клинопироксенит-габбровой формации, а хромитоносными – породы дунит-гарцбургитовой формации.

Вместе с тем, в последние десятилетия накопилось много данных, противоречащих этому положению. В частности, появилась информация о высоких содержаниях элементов группы платины в сульфидизированных породах и хромитовых рудах дунит-гарцбургитовой формации (Смирнов и др., 1993; Волченко и др., 1993; Знаменский и др., 1994; Сначёв и др., 1995; Савельев, 2000), о многочисленных месторождениях и проявлениях золота в метасоматически измененных и тектонически преобразованных альпинотипных гипербазитах (Берзон, 1983; Сазонов, 1987).

Определенный интерес представляет и вопрос о геодинамической обстановке формирования Таловского габбро-гипербазитового массива, выяснение которой поможет сделать еще один шаг в понимании истории развития области сочленения Южного и Среднего Урала.

Целью настоящей работы является установление на основе изучения геологического строения, петрогеохимических особенностей пород и руд, химического состава породообразующих и акцессорных минералов формационной принадлежности и геодинамической позиции Таловского массива, а так же оценка его перспектив на хромитовое и благороднометальное оруденение.

Фактический материал. Работа написана на основе материала собранного и проанализированного автором за период 1997-2002 г.г. в процессе выполнения хоздоговорной темы “Изучение магматизма, метаморфизма и металлогении Миасской площади (лист №-40-VII, новая серия)” с ФГУПП “Челябин-

скгеосъемка”. Описано около 150 прозрачных шлифов, 60 полированных шлифов, обработано 227 силикатных анализов, в том числе 62 собственных (химическая лаборатория ИГ УНЦ РАН, аналитик С.А. Ягудина), изучено 60 проб слабо измененных габброидов и гипербазитов нейтронно-активационным методом на редкоземельные и малые элементы и 25 проб на элементы группы платины в испытательном центре “ЦЛАВ” при ГЕОХИ (г. Москва, зав. лаб. Г.М. Колесов). Определение содержаний благородных элементов в хромитовых рудах и сульфидизированных породах проводилось химико-спектральным методом с выделением суммы металлов на органическом сорбенте и спектральным окончанием в ИГЕМе (г. Москва, зав. лаб. В.В. Дистлер). Изучение химического состава породообразующих и акцессорных минералов (75 анализов) проведено в Институте минералогии УрО РАН (г. Миасс, аналитик Е.Н. Чуринов) на рентгеноспектральном микроанализаторе Superprobe-733 JEOL. В Институте геологии УНЦ РАН проанализировано 60 проб гипербазитов термическим методом (аналитик Т.И. Черникова), а также изохронным Rb-Sr методом выполнено абсолютное датирование диоритов и плагиогранитов (анализ выполнен В.М. Горожаниным). Анализ расплавных включений в кварце диоритов и плагиогранитов проведен в ИГЕМе (проф. В.Ю. Прокофьев).

Научная новизна проведенных исследований заключается в следующих основных положениях.

1. Уточнено геологическое строение Таловского массива, составлена карта степени его серпентинизации.
2. Детально изучены геохимические особенности всех разновидностей пород (РЗЭ, ЭПГ, малые элементы) от кислых до ультраосновных.
3. Обоснована принадлежность Таловского массива к альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации.
4. Показано, что массив сложен породами двух комплиментарных друг другу комплексов – реститовым гипербазитовым и магматическим базитовым, имеющих различный механизм формирования.
5. Обоснована полигенность и полихронность образования известных в пределах Таловского массива золоторудных объектов. Установлен возраст связанного с диоритовыми интрузиями продуктивного золотого оруденения, а также температура и глубина их образования.
6. Изучен химический состав породообразующих, акцессорных и рудных минералов в породах базитового и гипербазитового комплексов, рассчитаны температуры их образования.
7. Проведена оценка хромитовой, сульфидной и золоторудной минерализации на элементы группы платины.
8. Впервые в пределах золоторудных объектов Таловского массива выявлены минералы группы платины.
9. Дана прогнозная оценка на хромитовое оруденение, составлена карта дунитовой составляющей восточного фланга массива.

Практическая ценность. Результаты исследований по Таловскому габбро-гипербазитовому массиву вошли составной частью в отчет Миасского отряда ФГУГП “Челябинскгеосъемка” по завершению геолого-съёмочных работ в пределах листа N-41-VII (новая серия, Миасский лист, масштаб 1:200000). Отнесение массива к дунит-гарцбургитовой формации позволяет положительно оценить его перспективы на хромитовые руды и благороднометальную минерализацию. Проведенные исследования по изучению благородных металлов в различных типах рудной минерализации указывают на необходимость постановки более детальных работ на ряде выделенных участков развития пород дунит-гарцбургитового комплекса. Дана оценка перспектив массива на флангах уже известных золоторудных и хромитовых объектов, а так же на выявление новых хромитовых тел. Переданные в ФГУГП “Челябинскгеосъемка” материалы используются для направления поисковых работ в пределах Таловского массива.

Защищаемые положения.

1. Таловский габбро-гипербазитовый массив относится к альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации и сложен породами двух комплиментарных друг другу комплексов – реститовым дунит-гарцбургитовым и магматическим верлит-клинопироксенит-габбровым.

2. Хромитовое оруденение массива является высокохромистым и приурочено к жильным дунитам дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса. Оно образовано в интервале температур 1280-1330°C и преобразовано в коровых условиях в антигоритовую фацию метаморфизма ультрабазитов.

3. Благороднометальная минерализация Таловского массива формировалась на протяжении длительного интервала времени, начиная от становления гипербазитовой его составляющей до внедрения малых тел габбро-диорит-плагиогранитного состава.

4. По комплексу характеристик Таловский массив заметно отличается от других массивов Главного Уральского разлома и сформировался в океанической структуре щелевого типа.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 9 глав и заключения. Она изложена на странице текста и сопровождается 62 иллюстрациями и 21 таблицей. Список литературы включает 142 наименования.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на VI, VII и VIII научных студенческих школах “Металлогения древних и современных океанов” (Миасс, 2000-2002 г.г.), научном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых “Проблемы геологии и освоения недр” (Томск, 2002), на IV Республиканской геологической конференции “Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий” (Уфа, 2001), на конференциях молодых ученых по проблемам геологии Урала (Уфа, 1999-2000), а также на заседаниях Ученого Совета ИГ УНЦ РАН,

лаборатории “Изотопной геологии и рудных месторождений”. По теме диссертации опубликовано 7 работ.

Работа выполнена в лаборатории “Рудных месторождений” Института геологии УНЦ РАН под руководством доктора геол.-мин. наук В.И. Сначёва, которому автор выражает особую признательность. Автор благодарит кандидата геол.-мин. наук Д.Е. Савельева за ценные советы при обсуждении результатов исследований, кандидатам геол.-мин. наук М.В. Рыкусу и Н.Г. Рыкус и другим сотрудникам лаборатории – Р.А. Насибуллину, А.Ф. Габидуллину, Е.Н. Савельевой, А.В. Сначёву за помощь на всех стадиях подготовки диссертации.

Содержание работы

Глава I. Геологическое строение Таловского габбро-гипербазитового массива

Глава состоит из четырех частей. В ней приводится краткая историческая справка о проводившихся исследованиях в пределах рассматриваемой территории, рассматривается геология Таловского массива, глубинное его строение и возраст пород.

Научное исследование района начато в XIX столетии в связи с открытием старателями сначала россыпных, а в 1870 г. коренных месторождений золота. Основные представления о геологическом строении рассматриваемой территории были заложены в трудах Д.С. Белянкина, А.Е. Ферсмана, А.Н. Заварицкого, Е.А. Кузнецова, В.С. Коптева-Дворникова и других исследователей. Исследования во второй половине XX века связаны с такими фамилиями как Р.О. Берзон, Д.А. Лобанов, С.П. Усенко, С.В. Москалева, В.В. Бабкин, В.Ф. Турбанов, А.Н. Черноостровец, В.Н. Сазонов, В.И. Петров, И.С. Чащухин, Д.С. Штейнберг, Г.Б. Ферштатер, В.И. Попова, В.А. Попов и многие другие. В последние десятилетия работы на рассматриваемой территории проводятся, главным образом, сотрудниками ФГУГП “Челябинскгеосъемка”.

Таловский габбро-гипербазитовый массив относится к полосе ультрабазитов Главного Уральского разлома и располагается в зоне сочленения Южного и Среднего Урала между допалеозойскими образованиями Башкирского поднятия с запада и Вишневогорско-Ильменогорским микроконтинентом с востока. Массив сложен породами двух комплексов альпинотипной формации: магматическим клинопироксенит-габбровым и реститовым дунит-гарцбургитовым.

Реститовый комплекс. Дуниты и гарцбургиты альпинотипной формации восточной части массива полностью серпентинизированы в лизардитовые, хризотилловые и антигоритовые разности. В основном преобладают апогарцбургитовые серпентиниты с лизардитовыми баститами. В виде вытянутых полос присутствуют их метаморфизованные разности – тальковые и тальк-

карбонатные породы. Внешне серпентиниты – темно-светлозеленые плотные образования. Аподунитовые серпентиниты имеют грязно-черную корку “загара”, характерную для высокомагнезиальных гипербазитов. Нередко по зонам тектонических нарушений встречаются “краевые” давленные серпентиниты, определить первичный состав которых не представляется возможным.

Реститовые гипербазиты западной части массива претерпели меньшее воздействие регионального метаморфизма. Здесь присутствуют как полностью серпентинизированные разности, подобные восточной окраины, так и практически свежие дуниты и гарцбургиты, впервые установленные нами в процессе полевых исследований. Неизмененные дуниты имеют темнозеленую окраску со светло-желтой коркой “загара”. Зерна оливина размером 1-3 мм находятся в серпентинитовой матрице лизардитового состава с акцессорной примесью хромшпинелидов. Гарцбургиты представлены буро-желтыми легко крошащимися породами. Сложены лизардитом, оливином и ортопироксеном. Размер зерен ортопироксена достигает 1 см. Здесь, как и в дунитах, присутствует акцессорная примесь хромшпинелидов. На границе с вмещающими породами, по всей линии контакта, узкой полосой – 50-100 м расположены “краевые” серпентиниты. Ширина западной полосы гипербазитов в 3-4 раза уступает восточной.

Магматический комплекс. Основу комплекса составляет верлит-клинопироксенитовое тело, расположенное в центре массива и имеющее площадь порядка 60 км². С запада и востока оно обрамляется гипербазитами. К этому же комплексу относятся габброиды, относительно равномерно распределенные по всей площади массива, находясь как в верлит-клинопироксенитовой, так и в гипербазитовой части. Суммарная площадь габброидов примерно равна 50 км².

Переход от верлитов к клинопироксенитам плавный. Фактически это единый монолитный блок, условно разделяющийся по количественному соотношению оливина и клинопироксена. Среди текстурных особенностей характерно прожилковое распределение мономинеральных зон оливина и клинопироксена. Какой-либо полосчатости, зональности или слоистости не обнаруживается. Оливин серпентинизирован на 90 %. Как правило, не затронутыми серпентинизацией остаются только реликтовые части крупных зерен оливина. В процессе метаморфических изменений пород, помимо лизардита, образуются хлорит, амфибол и карбонаты.

В ассоциации с габброидами встречаются диориты, кварцевые диориты и жилы биотитовых плагиогранитов и плагиоклазовых графических пегматитов, распространенных лишь вдоль восточного эндоконтакта Таловского массива. Макроскопически диориты представлены среднезернистыми светло-серыми породами, трудноотличимыми от габбро.

По минеральному составу практически все габброиды являются рогово-обманковыми и сложены черно-зеленым амфиболом и грязно-белым плагиок-

лазом. Очень редко встречается пироксеновое габбро. Структурно-текстурные особенности габброидов очень разнообразны, присутствуют все переходы от микрозернистых до пегматитовых пород с размером кристаллов до 20 см. Пегматоидные габбро, как и диориты, приурочены к восточной части массива. Преобладают монотонные серые среднезернистые габбро, однако распространены и другие текстурные разновидности – полосчатые и прожилковые.

По геофизическим данным Таловский массив имеет клинообразную форму, которая обусловлена двумя главными разломами (Петров, 2001ф) – с запада Малосыростанским, плоскость сместителя которого круто падает на восток под углом 75° с выполаживанием на глубине 2-4 км до угла $50-60^{\circ}$, и с востока Новотагильским, с падением на запад под углом $75-85^{\circ}$. На глубине около 5 км (в северной части массива) картируются маломощные корневые ультрабазиты. Субпараллельно двум главным разломам в центральной части массива находится третий – Центральный с падением на запад под углом $45-50^{\circ}$ (Черноостровец, 1995ф).

По нашему мнению массив сложен двумя тектонически совмещенными блоками: 1) западным, в состав которого входят дунит-гарцбургитовый реститовый комплекс (западная часть блока) и перекрывающий его верлит-клинопироксенитовый магматический (восточная часть) и 2) восточным, представленным генетически родственной нижней части западного блока – дунит-гарцбургитовым комплексом. Сочленение между ними проходит по Центральному разлому. Таким образом восточный блок “подстилагет” западный.

Можно предположить, что реститовые образования западного блока составляют непрерывный разрез с магматическими верлитами и клинопироксенитами и были выведены на поверхность одновременно. Реститовые дуниты и гарцбургиты восточного блока имеют иную природу тектонического выведения на поверхность, на что указывает сильная метаморфическая проработка пород (глава 2), наличие горнблендитов, пегматоидных габброидов, диоритов и плагиогранитов, присущих только этой части разреза.

В заключительной части главы рассматривается возрастная характеристика пород массива. Реститовые дуниты и гарцбургиты имеют среднеордовикский возраст, магматические верлиты, клинопироксениты и габбро – позднеордовикский (Петров и др., 2001ф). Нами Rb-Sr изохронным методом было сделано датирование диоритов, с которыми связывается продуктивный этап золотого оруденения (глава 6). Установленный возраст этих образований – 308 ± 27 млн.лет. является более молодым по сравнению с датировками В.И. Петрова и др. (2001ф).

Изучение расплавных включений в кварце (определения проф. В.Ю. Прокофьева, ИГЕМ) диоритов и плагиогранитов позволило сделать вывод о заключительном этапе становления Таловского массива в гипабиссальных условиях и незначительном современном эрозионном срезе.

Глава II. Петрографическая характеристика пород массива

В данной главе приведено описание различных разновидностей пород Таловского массива и их петрографическая характеристика.

Дунит-гарибургиновый комплекс. *Серпентиниты* можно разделить на две группы: 1) с реликтами первичной породы и 2) без каких либо признаков первичной породы. Первая группа сложена антигоритом и хризотилом. Антигорит образует гребенчатые шнуры поперечно-волокнутого и радиально-лучистого строения, а также мелкочешуйчатые агрегаты. Хризотил отмечен в виде прожилков продольно-волокнутого и поперечно-волокнутого строения и развит по трещинкам как в реликтах оливина, так и в антигорите. Среди акцессорных минералов присутствуют магнетит, гематит, хромшпинелиды, пирит, халькопирит, пентландит, брусит, аваруйт, маггемит. Серпентиниты второй группы с не установленной природой сложены хризотилом, серпофитом, лизардитом. Нередко имеются тонкие секущие прожилки карбонатов и хризотил-асбеста. Последний иногда образует промышленные скопления.

Гарибургины. Основными породообразующими минералами являются магнезиальный оливин (Fa_{7-12}) и энстатит (Fs_{8-10}). Соотношения их довольно стабильны 1 : 5 соответственно. Обычно энстатит присутствует в виде деформированных зерен с облачным погасанием. Деформация выражена во внутризерновом скольжении (микросдвиги), в изгибах линейно-плоскостных элементов структуры минерала – трещин спайности. Серпентинизированный оливин представлен антигоритом и хризотилом. Первый образует крупнопластинчатые псевдоморфозы по оливину гребенчатого поперечно-волокнутого строения. Хризотил же образует оторочки вокруг магнетитовых псевдоморфоз по хромшпинелидам гипидиоморфнозернистой структуры. Акцессорные хромшпинелиды имеют струйчатое распределение и представлены магнохромитом.

Дуниты. Наиболее свежие их разновидности серпентинизированы на 5-10 %. Главными минералами дунитов являются оливин (+серпентин) и хромшпинелид (+магнетит). Характерна неравномернoзернистая протогранулярная структура, обусловленная наличием двух генераций оливина. Первая генерация представлена наиболее крупными – 0,5-1,5 мм изометричными или вытянутыми зернами оливина. Оливины второй генерации на порядок меньше – 0,1-0,3 мм и располагаются в интерстициях крупных зерен. Хромшпинелиды представлены магнохромитом и ферримагнохромитом. Среди второстепенных и акцессорных минералов присутствуют ортопироксен и относительно крупные зерна сфена (1-2 мм), магнетит (1-3 %), сульфиды.

Верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс. *Верлит-клинопироксени-товая ассоциация.* Подавляющий объем приходится на клинопироксениты (90-95 % диоксида), оливиновые клинопироксениты и верлиты (30-70 % оливина). Наименьшим распространением пользуются вебстериты и ортопироксеновые вебстериты. Практически отсутствуют разновидности без

оливина. Аксессуарный магнетит отмечен в количестве 3-5 %. Все породы ассоциации имеют массивную текстуру со “сливным” обликом. Наблюдаются как плавные переходы от микрозернистых (0,1 мм) разновидностей до средне- и крупнозернистых (0,1-1 см), так и резкие переходы в пределах одного шлифа. Кроме этого широко распространена порфириобластовая структура. Оливин (и серпентинит по нему) в оливиновых клинопироксенитах и верлитах имеет как равномерное распространение в интерстициях между зерен пироксенов, так и неравномерное – пятнистое, струйчатое. Серпентин представлен антигоритом и хризотилом. Постоянно присутствуют магнетит и сульфиды. Содержания амфибола может достигать 30 %. Как правило он находится совместно с клино- и ортопироксеном. По серпентинам развивается тальк и карбонаты.

Габброидная ассоциация представлена большим спектром разновидностей – роговообманковое габбро от мелкозернистой до пегматоидной структуры, меланогаббро, горнблендиты, габбро-диориты и диориты. Плаггиоклазы, роговая обманка и пироксены – порообразующие минералы габброидов – сильно изменены. Типичные габбро представлены микро- среднезернистыми разновидностями. Плаггиоклаз большей частью замещен сосюритом, а пироксен полностью амфиболами волокнистого, либо игольчатого строения, образуя идиоморфные и гипидиоморфные зерна. Преобладающая структура – габбровая. Иногда присутствует небольшое количество оливина. В локальных наиболее дислоцированных зонах габброиды пиритизированы до 5-10 % от общего объема породы. Кроме пирита наблюдаются мелкие (0,01-0,001 мм) кристаллы халькопирита, пирротина, магнетита, каплевидные округлые включения пентландита, магнетита.

Далее в главе описаны менее распространенные типы пород, а именно: меланократовое, полосчатое, пегматоидное габбро; горнблендиты; габбро-диориты, диориты и плаггиограниты.

Глава III. Петрогеохимическая характеристика пород массива

В главе на основе обширного фактического материала (главным образом собственного) сделан вывод о формационной принадлежности массива, показана комплиментарность двух основных комплексов пород Таловского массива – ультрабазитового и базитового.

Целым рядом наглядных диаграмм показана магматическая природа верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса в противоположность остаточной (рестивовой) природы дунит-гарцбургитового. Так, например, на диаграмме О.М. Глазунова (1981), где приводятся соотношения $MgO/FeO^* - Cr_2O_3/TiO_2$, габброиды, верлиты и клинопироксениты занимают строго определенную область пород железистого типа. У них отмечено повышенное содержание титана и суммарного железа и пониженное – магния и хрома, что подтверждает предположение о природе габбро-верлит- клинопироксенитового комплекса как вы-

плавки. В тоже время дуниты и гарцбургиты занимают область гипербазитов магнезиального типа альпинотипной формации. Кроме этого видно, что дуниты и гарцбургиты образуют тренд, параллельный границе магнезиальной и железистой областей, что говорит об их одинаковой истощенности легкими TiO_2 и FeO^* и обогащенности тяжелыми MgO и Cr_2O_3 . Это подтверждает их остаточную природу. В то же время верлиты, клинопироксениты, габбро и диориты, попадая в поле железистых пород, образуют тренд постепенного обогащения легкими элементами от менее к более кислым породам, направленный перпендикулярно границе магнезиальной и железистой областей. Это свидетельствует об их генезисе, как магматической выплавки.

На диаграмме $CaO-Al_2O_3-MgO$ показано, что большинству габбро-гипербазитовых комплексов Урала присуще два тренда – гипербазит-габбровый и пироксенит-габбровый (Ферштатер, 1987; Смирнов, 1995). Такое распределение говорит о различном генезисе габброидов. В первом случае речь идет о ранних “плутонических”, а во втором – о поздних “вулканоплутонических” габброидах. Однако, для пород Таловского массива характерен третий вид тренда. В этом случае химический состав плавно изменяется от дунитов к гарцбургитам, далее к клинопироксенитам через верлиты с увеличением CaO , уменьшением MgO и стабильностью Al_2O_3 . Затем происходит резкий скачок в отношении алюминия от клинопироксенитов к габброидам и диоритам с равномерным уменьшением как CaO , так и MgO . В связи с этим, при консолидации верлит-клинопироксенитового комплекса пород Таловского массива большая роль могла принадлежать кристаллизационной дифференциации.

Диаграмма AFM так же иллюстрирует эволюцию магмы при образовании пород габброидного комплекса Таловского массива. Наиболее магнезиальные (реститовые) гипербазиты здесь также занимают очень узкое изолированное поле. В ультраосновных породах магматического происхождения наблюдается постепенное обогащение железом от верлитов к пироксенитам, то есть при увеличении кремнекислотности пород. Дальнейшее возрастание железистости в габброидах идет в сочетании с нарастанием щелочности пород. В габбро-диоритах и габброидах более поздних даек наблюдается понижение железистости и более значительный рост суммы щелочей. Таким образом, для магматитов Таловского массива в целом характерен толеитовый тренд дифференциации с проявлением в поздних членах известково-щелочного уклона. Возможно, однако, что известково-щелочные габброиды являются более поздними и не входят в единую генетическую ассоциацию с остальными разновидностями базитов и гипербазитов. На диаграмме хорошо видно, что породы Таловского массива по главным петрохимическим характеристикам принадлежат офиолитовой (дунит-гарцбургитовой) формации.

На основе геохимии микроэлементов ($Cr, Ni, Co, Sc, Zn, Se, Ba, Rb, U, Th$) так же показано отличие в генезисе магматического и реститового комплексов.

На диаграмме средних значений редкоземельных элементов всех разновидностей пород Таловского массива отчетливо вырисовывается комплиментарность двух различных комплексов (реститового и магматического) единой формации. Так, график распределения средних значений в альпинотипных гипербазитах имеет “U”-образную форму с некоторым наклоном в сторону легких лантаноидов. В то же время верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс имеет “Λ”-образную форму с повышенной суммой всех лантаноидов. Пониженные содержания легких и повышенные тяжелых лантаноидов в реститовых гипербазитах компенсируются их содержанием в кислых плагиогранитах, в изобилии развитых в пределах Таловского массива.

Из всего выше сказанного, а также учитывая данные геологии, петрографии и петрогеохимии можно сделать следующий вывод – Таловский габбро-гипербазитовый массив сложен породами дунит-гарцбургитовой формации и состоит из двух комплиментарных друг другу комплексов.

1. Реститовый комплекс, сложенный дунитами, гарцбургитами и лерцолитами, имеет повышенные содержания MgO, Cr₂O₃, Co, Ni, тяжелых лантаноидов и пониженные концентрации FeO*, TiO₂; истощен средними лантаноидами по сравнению с содержанием их в пиролите, в нем отмечено преобладание тяжелых лантаноидов над легкими.

2. Магматический (верлит-клинопироксенит-габбровый) комплекс сложен верлитами, вебстеритами, клинопироксенитами, габброидами, а так же диоритами и плагиогранитами. Он обладает противоположными первому комплексу характеристиками: низкими содержаниями MgO, Cr₂O₃, Co, Ni и повышенными FeO*, TiO₂, общей суммы лантаноидов; образует выгнутый вверх график лантаноидов в противоположность реститовым гипербазитам; имеет значительное повышение легких лантаноидов в средних и кислых породах, что компенсирует их недостаток в реститах.

Глава IV. Состав и термобарометрия породообразующих, рудных и акцессорных минералов

В главе рассматривается химизм главных породообразующих минералов Таловского массива – оливинов и клинопироксенов, а так же рудообразующих и акцессорных хромшпинелидов. Проведена оценка p-T условий формирования пород Таловского массива.

Оливины гипербазитов Таловского массива, обладая стабильным составом, являются высокомагнезиальными и низкожелезистыми с общей железистостью в 8,25-8,71 %, что указывает на их реститовую природу. Железистость оливинов верлит-клинопироксенитового комплекса прямо пропорциональна количеству клинопироксена в породе. Содержание MgO обратно пропорционально железистости и находится на уровне 39-44 %. Оно также, как и FeO, связано с количеством клинопироксена в породе, но имеют обратную зависи-

мость. Резкий отрицательный скачек содержаний магния и положительный железа при переходе от дунитов к верлит-клинопироксенитам говорит о различном генезисе этих образований. Это подтверждает состав оливина из лерцолита, содержание MgO и FeO в котором соответствует средним значениям между истощенными реститами и магматическими перидотитами.

Рудообразующие хромшпинелиды проявлений Таловского массива характеризуются высокой хромистостью и магнезиальностью, что сближает их с хромитовыми месторождениями дунит-гарцбургитовой формации. В то же время, акцессорные хромшпинелиды из дунитов и серпентинитов обладают более высокой железистостью и большей концентрацией Al_2O_3 , меньшей хромистостью и магнезиальностью. К тому же окисное железо здесь преобладает над закисным в больших пропорциях. Из диаграммы Al-Cr-Fe³⁺ видно, что: 1) состав акцессорных хромшпинелидов дунитов подтверждает принадлежность гипербазитов Таловского массива к дунит-гарцбургитовой формации, 2) хром накапливается в реститовых породах.

На основании результатов микрозондового рентгено-спектрального анализа порообразующих и акцессорных минералов гипербазитов Таловского массива нами были проведены пересчеты равновесных температур для клинопироксеновых (верлиты, клинопироксениты, лерцолиты) и оливин-хромшпинелевых (дуниты) минеральных парагенезисов по различным версиям геотермометров.

Анализ полученных температур позволяет говорить о температуре образования дунитов и связанных с ними хромитовых тел на уровне 1280-1330°C. В целом полученные температуры оказываются на уровне температур образования типичных альпинотипных гипербазитов 1200-1400°C (Малахов, 1979; Платина России, 1999).

Температуры образования верлит-клинопироксенитового комплекса заметно ниже. Так, клинопироксеносодержащие породы массива – клинопироксениты, верлиты, лерцолиты – сформировались в довольно широком интервале температур – 800-1250°C. Однако, подавляющее количество анализов находится на уровне 850-1050°C. Анализ порфировых выделений клинопироксенов в верлитах и клинопироксенитах показал, что они являются более магнезиальными по сравнению с клинопироксенами основной массы породы. Температуры образования вкрапленников составляют 950-1100°C, для клинопироксенов основной массы – 840-1050°C. Хотя поля значений накладываются, все же видно, что кристаллизация вкрапленников происходила при более высоких температурах, возможно в момент отделения магматического расплава от рестита.

По типоморфным минеральным ассоциациям (Добрецов, 1980; Рингвуд, 1981) следует полагать, что давление в момент образования альпинотипных гипербазитов Таловского массива находилось в пределах 7-15 кбар, что соответствует среднеглубинной фации шпинелевых перидотитов.

Верлит-клинопироксенитовый комплекс имеет тот же минеральный набор, из чего можно сделать вывод о близких значениях давления при их формировании, но при значительно меньших температурах. По петрогеохимическим данным (глава 3) был установлен их различный механизм образования, что подтверждается различием температурных данных. После кристаллизации высокотемпературных оливинов, хромшпинелидов и ортопироксенов произошло отделение магматического расплава при значительном падении температуры в среднем на 300°С и образовании верлит-клинопироксенитового комплекса. Причем отсутствие плагиоклазовых парагенезисов в этом комплексе указывает на близкий реститовому уровень давления. Сам пироксенитовый комплекс формировался при постепенной кристаллизации пород и плавном падении температуры, на что указывает большой разброс значений 800-1250°С. Наличие же порфировых включений с наибольшими значениями температур говорит об их более ранней кристаллизации относительно остальной клинопироксен-оливиновой массы.

Далее вверх по разрезу находится габброидный комплекс. По геологическим данным – наличие габброидов в виде небольших интрузивов, разбросанных по всей площади массива; их магматическим контактам как с реститовыми, так и с магматическими гипербазитами – можно сделать вывод о более позднем времени (чем верлит-клинопироксенитовый комплекс) их формирования.

В результате изучения включений силикатного расплава в кварце удалось установить температуру и давление образования диоритов и плагиогранитов массива. Начало плавления силикатных фаз фиксируется для гранитов при 670-660 °С, а для диоритов – 730-720 °С. Давление воды, рассчитанное для температур начала плавления, составляет 4010-2460 бар для плагиогранитов и 2040-1640 бар для диоритов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что формирование Таловского массива закончилось внедрением интрузий в гипабиссальных условиях.

Глава V. Благородные металлы в породах и рудах

Методом нейтронной активации нами проанализированы содержания платиноидов в несulfидизированных слабоизмененных породах Таловского массива. Сумма МПГ меняется в дунитах в пределах 12-20 мг/т, в гарцбургитах – 25-30 мг/т, в клинопироксенитах – 5-20 мг/т, в габбро – 1-7,5 мг/т, в серпентинитах – 12-37 мг/т. В целом для перечисленных выше разновидностей пород выстраиваются следующие геохимические тренды: дуниты и гарцбургиты – Ru>Ir>Os=Pt; серпентиниты, клинопироксениты и габбро – Ru=Pt>Os=Ir. Такое расположение платиноидов указывает на резкое отличие пород массива от типичных расслоенных и зональных комплексов, где платина всегда преобладает над суммой всех остальных МПГ (Лазаренков, 1999; Смирнов, Волченко, 1999; Малич, 1997). Кроме этого Таловский массив несколько отличается и от ти-

пичных офиолитовых комплексов, так как в последних уровень концентрации рассматриваемых платиноидов находится примерно на одном уровне без накопления рутения и истощения платины.

На диаграмме средних значений хондрит-нормализованных (n) платиноидов реститовые гипербазиты Таловского массива образуют следующий ряд (по убыванию содержания ЭПГ $_n$): Ir>Os>Pt, т.е. отчётливо обеднены легкоплавкой платиной. Напротив, магматический комплекс характеризуется отчётливым обогащением платиной по сравнению с тугоплавкими осмием и иридием. Вывод о генезисе габбро-пироксенитовой части, как выплавка, сделанный по петрогеохимическим данным (глава 2), подтверждается общим уровнем содержания платиноидов. Породы Таловского массива по распределению платиноидов ближе всего стоят к Средне Кракинским гипербазитам, сформировавшимся в условиях щелевой океанической структуры (Савельев, 2000; Сначев и др., 2002). В обоих случаях они характеризуются плавным повышением хондрит-нормированных содержаний от платины к рутению через осмий и иридий.

Наибольшие концентрации золота (4,9 мг/т) и серебра (442,3 мг/т) приурочены к вмещающим золоторудные объекты диоритам с максимальными концентрациями непосредственно на их контактах с серпентинитами. Последним свойственно повышенное значение только серебра (175,3 мг/т), а концентрация золота находится ниже кларка (0,4 мг/т). В габброидах, клинопироксенитах и перидотитах средние содержания золота и серебра находятся на уровне кларка – 0,4 и 13,1 мг/т; 3,6 и 36,6 мг/т; 3 и 40 мг/т соответственно. Проанализированные кварцевые жилы – "Толстухи", образование которых, по мнению Р.О. Берзона (1975ф), связано с процессами антигоритовой серпентинизации, дают содержания золота на уровне первых граммов.

Результаты атомно-абсорбционного анализа на благородные металлы сульфидизированных пород показали содержания золота в измененных клинопироксенитах от 200 до 600 мг/т, что на два порядка выше кларкового значения для ультраосновных пород – 5 мг/т (Войткевич, 1990), концентрация серебра в этих породах варьирует от 800 до 1400 мг/т, что на порядок выше кларкового – 100 мг/т, а платины – остается фоновым – десятые доли грамма на тонну. Содержание золота в оталькованном серпентините – 220 мг/т, серебра – 3100 мг/т, платины – 40 мг/т.

В образцах окварцованных диоритов и тальк-карбонатных пород, отобранных на Наилинском и Тыелгинском золоторудных месторождениях, по данным атомно-абсорбционного анализа содержание золота не превышает 1000 мг/т, в среднем составляя 600 мг/т, серебра до 4000 мг/т, платины от 10 мг/т до 30 мг/т. По данным Р.О. Берзона (1975ф) в пиритизированных, оталькованных и хлоритизированных серпентинитах, а так же в оталькованных сланцах и тальк-карбонатных породах содержание Au доходило до 80 г/т (в среднем 5-6 г/т), в окварцованных диоритах – до 20 г/т (в среднем 3 г/т). В протолочках сульфидизированных кварцевых диоритов нами получены содержания золота до 10 г/т.

Микрозондовый анализ показывает их осмий-иридиевую специализацию. Здесь же впервые были выявлены зерна минералов платиновой группы. При изучении на рентгено-спектральном микрозонде удалось установить их состав: Os - 58,72; Ir - 36,14; Ru - 5,14, о чем подробнее будет сказано в шестой главе.

В хромитовых рудах проявлений Осиновый Лог, Карымкин Лог, Тыелгинское кроме невысоких содержаний Pt (10-20 мг/т) и Pd (10-60 мг/т) в заметных количествах ничего обнаружить не удалось. Примечательно, что в полированных шлифах хромитовых руд из этих же объектов были обнаружены зерна платиноидов размером 1-3 микрон.

Кроме этого, были сделаны анализы сульфидизированных палеозойских вулканитов, с востока обрамляющих Таловский массив. Сульфиды в них составляют до 1-3 % объема породы и представлены пиритом и пирротинном. Содержание золота достигает 600 мг/т, в среднем 200 мг/т, серебра – 500-1000 мг/т, платины – от 25 мг/т до 40 мг/т.

Глава VI. Рудные полезные ископаемые массива

В главе рассматриваются хромитовые и золоторудные месторождения и проявления Таловского массива. Дается описание их строения и запасов, обсуждается генезис. Обоснована принадлежность хромитовых объектов массива к дунитам дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса.

Хромитовое оруденение. Гипербазиты Таловского массива вмещают 29 хромитовых объектов, наиболее крупные среди которых 3 проявления (Осиновый Лог, Тыелгинское, Сардаткульское) и одно месторождение (Августовское).

Все рудные тела массива приурочены к полностью серпентинизированным ультрабазитам, главным образом восточного фланга и до настоящего времени их структурно-вещественная принадлежность не была установлена. Однако выяснение этого необходимо не только с научной точки зрения, но и на прямую связана с прогнозом хромитовой минерализации для всего массива.

На подавляющем большинстве хромитовых объектов данные о размерах, элементах залегания, качестве руд к настоящему времени к сожалению утрачены. Многие из них полностью выработаны. Анализ имеющегося материала позволяет сделать следующие выводы:

1. Преобладающая форма рудных тел линзообразная, падение – субвертикальное, мощность их меняется от первых сантиметров до 5 м, протяженность – до первых десятков, реже сотен метров.

2. Большинство рудных тел разбито разрывными нарушениями, образуя при этом серию кулис, и выклинивается на глубине 5-15 м.

3. Хромитовые руды представлены преимущественно вкрапленным типом (от бедно- до густовкрапленных), иногда отмечаются и сплошные их разновидности. Последние приурочены обычно к центральным частям рудных тел.

4. Серия хромитовых объектов образует субмеридианального простирания рудную зону, приуроченную к жильным дунитам.

Изучение геологической позиции, петрографических и петрогеохимических особенностей наиболее крупного Августовского месторождения позволило сопоставить его с хромитовыми объектами массивов Среднего и Южного Крака, сходных с рассматриваемым нами Таловским габбро-гипербазитовым массивом. Копией Августовского месторождения следует считать хорошо разведанные месторождения Лактыбаш, Муромцево (Южный Крака) и Правый Саксей (Средний Крака) (Савельев и др., 2002; Сутягина и др., 2002), где показана приуроченность хромитового оруденения к жильным дунитам дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса.

Известно, что в альпинотипных массивах Урала выделяется два типа разрезов – лерцолитовый и гарцбургитовый (Савельева, 1987), которые включают в том или ином наборе лерцолитовый, гарцбургитовый, дунит-гарцбургитовый и верлит-гарцбургитовый структурно-вещественные комплексы (Перевозчиков, 1995), отвечающие определенным геодинамическим условиям формирования гипербазитов. Кроме того, каждому из перечисленных комплексов характерен и определенный состав хромитового оруденения. Изучение материала по хромитовым объектам Таловского массива позволило сделать вывод об их принадлежности к дунит-гарцбургитовому структурно-вещественному комплексу.

Данный вывод подтверждается и сопоставлением результатов микрозондового анализа рудных хромшпинелидов массивов Южного Урала (Перевозчиков, 2000; Макеев, 1992) с таковыми Таловского массива. Таким образом, главный вывод данного подраздела главы можно сформулировать таким образом – хромитовые руды Таловского массива приурочены к жильным телам дунитов дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса альпинотипной формации.

Золотое оруденение. На территории Таловского массива известно два месторождения рудного золота – Наилинское и Тыелгинское – состоящие из нескольких участков, вытянутых в субмеридианальном направлении. Все объекты находятся в пределах восточного борта массива и пространственно связаны с реститовым дунит-гарцбургитовым комплексом.

Наиболее промышленно значимые золотоносные участки приурочены к контактам минерализованных сульфидами диоритов с кварцевыми жилами или метасоматически измененными серпентинитами. Менее значимые участки месторождений соответствуют внутренним частям диоритовых тел и совсем незначительные концентрации характерны для мономинеральных кварцевых жил и серпентинитов.

В результате проведенных исследований сделан вывод, что золоторудная минерализация Таловского массива имеет полигенный характер и сформировалась в несколько этапов. Так, альпинотипные гипербазиты имеют изначальную специализацию на золото и непосредственно вмещают золоторудные объект.

Можно полагать, что именно эти породы явились материнскими. Кроме пространственной связи это подтверждается составом золотин (глава 5), которые имеют осмий-иридиевую специализацию, а так же обнаруженными нами в пределах золоторудных объектов знаками платиноидов осмий-иридий-рутениевого состава, свойственного только альпинотипным гипербазитам.

Второй этап перераспределения золота связан с процессами антигоритовой серпентинизации, в результате которых образовались кварцевые жилы "Толстухи" большой мощности (Берзон, 1975ф). Это привело к концентрации золота в самих жилах и вмещающих их серпентинитах, что подтверждается результатами проведенных нами анализов.

Линейная ориентировка и приуроченность месторождений к разломам, установленным геофизическими работами (глава 1), позволяет предположить, что в дальнейший период становления массива наиболее ослабленные и проницаемые его части были подвержены метасоматическим процессам и наложению сульфидной минерализации, обусловленные внедрением многочисленных малых интрузий среднего и кислого состава. Произошел третий (продуктивный) этап концентрации благородных компонентов в благоприятных структурах.

Глава VII. Метаморфизм гипербазитов массива

В главе на основе петрографического и термографического методов проведено изучение степени серпентинизации пород массива. Показана этапность метаморфизма, степень его влияния на рудные объекты.

Учитывая тот факт, что вопросы метаморфизма частично рассмотрены в главах, касающихся геологического строения Таловского массива и петрографического описания его пород, во избежание повторений в данном подразделе автореферата кратко приведены лишь новые данные, полученные при картировании рассматриваемой интрузии, а так же при анализе карты степени серпентинизации (в %) ее пород.

Для восточной, наиболее серпентинизированной (60-100 %) части массива, характерны антигоритовые и хризотил-антигоритовые разновидности серпентинитов, заметную роль играет здесь и лизардит.

Слабо серпентинизированные гипербазиты реститового комплекса установлены лишь в западной и северо-западной частях массива.

На контактах с крупными диоритовыми телами развиты лизардит-хризотилловые и хризотилловые серпентиниты, а так же тальк-карбонатные породы. Последние наиболее широко представлены в пределах золоторудных объектов.

Степень серпентинизации пород магматического комплекса преимущественно 10-40 % и носит неравномерный пятнистый характер.

Приведенный в работе материал позволяет предположить следующую последовательность метаморфических преобразований пород. Гипербазиты Та-

ловского массива претерпели значительные метаморфические преобразования: породы обоих комплексов (дунит-гарцбургитового и габбро-пироксенитового) серпентинизированы в антигоритовой фации, которая соответствует эпидот-амфиболитовой фации регионального метаморфизма.

Первый (регрессивный) этап метаморфизма ультрабазитов Таловского массива связан с их остыванием и почти не отражен в породах. Реликты ранней петельчатой лизардитизации сохранились лишь на западе массива в дунитах и гарцбургитах реститового комплекса.

Второй (прогрессивный) этап преобразования гипербазитов выразился в антигоритизации. В пределах массива наблюдается асимметричная зональность в интенсивности проявления данного процесса: в наибольшей степени серпентинизированы породы восточного фланга, к западу степень серпентинизации плавно уменьшается. При этом в большей степени подверглись серпентинизации породы дунит-гарцбургитового комплекса, по которым в восточной части массива образовались практически мономинеральные серпентиниты с редкими реликтами структур первичных пород. Гипербазиты магматического габбро-пироксенитового комплекса изменены в меньшей степени.

Третий этап преобразования гипербазитов затронул только восточную часть массива и выразился в гидротермально-метасоматической проработке серпентинитов (оталькование, карбонатизация, хлоритизация) и формировании проявлений талька и хризотил-асбеста. Он связан с внедрением в гипербазиты малых интрузий диоритов. Парагенетически с данным этапом связано и образование месторождений золота известково-силикатной формации и змеевичных жил: Наилы, Тыелга и др.

Примечательно, что хромитовые руды, расположенные преимущественно в восточной части массива, претерпели значительные метаморфические преобразования первого и второго этапа.

Глава VIII. Перспективы Таловского массива на хромитовое и благороднометальное оруденение

В главе рассмотрены региональные и локальные критерии прогноза хромитоносности, дается оценка перспектив Таловского массива на хромитовое, золотое и платинометальное оруденение, а также выделены локальные площади для проведения поисковых работ.

Перспективы массива на хромитовое оруденение. Известно (Москалева, 1974; Савельева, 1987; Перевозчиков, 1995 и др.), что для оценки гипербазитовых массивов на хромитовые руды используются региональные и локальные критерии прогноза. Среди первых – отнесение массива к той или иной формации, тип коры в данной складчатой области, тектоническое положение и т.д. Таловский массив, как это следует из всего приведенного в работе материала, относится к альпинотипной (хромитоносной) дунит-гарцбургитовой формации,

расположен в пределах северной части Магнитогорской с фемическим типом коры мегазоны, на границе нескольких жестких блоков, что предопределило высокую его потенциальную перспективность на хромитовое оруденение.

Среди локальных критериев прогноза следует выделить петрографические, структурные, петрогеохимические, минералогические и т.д. К числу прямых признаков оруденения относят наличие коренных или элювиально-делювиальных точек минерализации. Основным же критерием хромитоносности определенных участков гипербазитовых массивов является максимальное развитие в их пределах “дунитовой составляющей” (Макеев, 1992). В главах 4 и 6, посвященных изучению петрогеохимических и геологических особенностей пород и руд Таловского массива, было показано, что хромитовое оруденение является высокохромистым и расположено в жильных дунитах дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса, с которым связаны наиболее интересные с экономической точки зрения скопления руд (Перевозчиков, 1995; 2000). На основе анализа геофизических материалов (Черноостровец, 1995), всего комплекса локальных критериев прогноза, прямых и косвенных признаков, нами выделена площадь размером 2,5-3,5 км в восточной части Таловского массива, для которой составлена карта дунитовой составляющей в масштабе 1:10000. Подобные работы нами уже проводились на Хамитовской, Малобашартовской и Апшакской площадях массивов Крака (Савельев и др., 2002; Сутягина и др., 2002), где выявлены новые рудные тела с достаточно большими (десятки тысяч тонн до глубины 10-30 м) запасами хромитовых руд. Сопоставление карты дунитовой составляющей с расположением хромитовых проявлений на изученной площади Таловского массива позволило: 1) расширить перспективы участков с уже известными объектами; 2) выделить новые участки с аномально высокими значениями (>50 %) дунитовой составляющей, где пока неизвестно хромитовое оруденение. Прогнозные ресурсы хромитовых руд, подсчитанные по ряду перспективных участков изученной площади, составили до глубины 100 м порядка 18 млн.т.

Перспективы массива на благороднометальное оруденение. Наиболее полная разведка, оконтуривание золоторудных объектов (Наилинского и Тыелгинского) и подсчет запасов проводилась в начале XX в. Следующий и последний этап подобных работ датируется 70-ми годами прошлого века (Берзон, 1975ф). В результате – запасы месторождений были увеличены на 30-40 %.

Примечательно, что до настоящего времени рудоносные тела до конца не закартированы как по простиранию, так и по падению в силу своего сложного строения. Это подтверждает проведенное нами геологическое картирование восточной части Таловского массива, в результате которого выявлен целый ряд участков с промышленными содержаниями золота за пределами известных золоторудных объектов. Анализ полученного материала позволил наметить несколько таких участков для проведения дальнейших поисковых работ. В этом случае запасы месторождений могут быть заметно увеличены. Основными ви-

дами работ на первом этапе должно стать детальное картирование диоритовых тел, кварцевых жил и метасоматически измененных серпентинитов. Перечисленные разновидности пород должны быть проанализированы не только на золото, но и на элементы группы платины, и в первую очередь на Os и Ir, на что указывает: 1) пространственная связь золоторудных объектов с породами альпинотипной формации; 2) Os-Ir специализация рудного золота (2-3 % МПГ); 3) обнаруженные в элювиальных породах в пределах золоторудных месторождений знаки платиноидов Os-Ir-Ru состава. В случае положительного результата при проведении поисковых работ как на золото, так и на элементы группы платины вопрос о возобновлении эксплуатации Наилинского и Тыелгинского месторождений может быть поставлен вновь.

Кроме этого, как было сказано выше (глава 4), в результате изучения включений силикатных расплавов в кварце удалось установить гипабиссальный уровень формирования золотоносных диоритов. Это указывает на незначительный эрозионный срез массива, что позволяет надеяться на обнаружение основного объема золотоносных пород на глубине.

Глава IX. Геодинамические условия формирования Таловского габбро-гипербазитового массива

В главе сравниваются петрогеохимические особенности Таловского массива с габбро-гипербазитовыми комплексами других структурно-формационных зон Южного Урала, в частности Медногорско-Кракинской, Магнитогорской, Восточно-Уральской, Ильменогорско-Сысертской, а так же с полярноуральскими и мировыми аналогами. Это сделано для более точного определения формационной принадлежности массива и правильного понимания истории его становления.

Сопоставление петрохимических и геохимических характеристик пород Таловского габбро-гипербазитового массива с подобными образованиями известных формационных типов, имеющих определенную геодинамическую позицию, показало: во-первых, его принадлежность к альпинотипной (дунит-гарцбургитовой) формации, а во-вторых, наличие некоторых специфических особенностей, не позволяющих говорить о чистоте последней. Так, например, распределение РЗЭ в альпинотипных гипербазитах Таловского массива имеет субхондритовый график с некоторым обогащением легкими лантаноидами. В то же время графики распределения РЗЭ в типичных офиолитовых гипербазитах (Ронда, Нурали, Хабарнинский, Войкаро-Сыньинский, Миндякский) истощены в целом РЗЭ относительно хондрита с пониженными содержаниями легких лантаноидов. Такое распределение говорит о большей дифференциации этих пород. На графиках средних значений хондрит-нормализованных (n) платиноидов реститовые гипербазиты Таловского массива образуют следующий ряд: Ru>Ir>Os>Pt, т.е. отчетливо обеднены легкоплавкой платиной, тогда как в

образованиях типично альпинотипной формации уровень концентрации рассматриваемых платиноидов находится примерно на одном уровне без накопления рутения и истощения платины.

Гипербазиты Таловского массива по многим параметрам близки гипербазитам Среднего и Южного Крака (Сначев и др., 2001). В результате этого можно сделать вывод о том, что альпинотипные гипербазиты Таловского массива сформировались в несколько иных условиях, чем типичные представители альпинотипной формации, и в сходных условиях с породами массива Крака, а именно в щелевой океанической структуре Красноморского типа (Сначев и др., 2001).

Важная информация для выяснения геодинамической позиции становления Таловского массива была получена нами и при его сопоставлении с гипербазитами Миасской площади, расположенной в северной части Южного Урала, в зоне сочленения последнего со Средним Уралом.

Особенности петрохимии и геохимии пород, в первую очередь, редкоземельной, свидетельствуют о слабо проявленной широтной зональности химизма гипербазитовых поясов Миасской площади. Она проявляется в том, что с запада на восток в палеозойских габбро-гипербазитовых комплексах (то есть в ряду последовательно сменяющихся поясов: Кемпирсайский – Узункырский – Миасс-Куликовский – Байрамгуловский – Травниковский – Казбаевский) постепенно увеличивается истощенность альпинотипных гипербазитов легкоплавкими компонентами (щелочами, легкими РЗЭ, TiO_2 , Al_2O_3). Однако, если гипербазиты Травниковского и Казбаевского поясов с полным основанием можно отделить от расположенных западнее, то геохимические различия между другими массивами слабо выражены. По нашему мнению, сходные черты геохимии гипербазитов обусловлены близкими условиями их формирования в режиме раскрытия Уральского подвижного пояса. В пределах изучаемой площади с юга происходит замыкание большинства крупных палеозойских структур, расположенных южнее (Магнитогорской, Медногорско-Кракинской, зоны Уралтау), вследствие чего пограничные гипербазитовые пояса сближаются и в районе Миасса "утыкаются" в древние континентальные блоки - Тараташский и Вишневогорско-Ильменогорский. Кроме того, с востока к площади близко подходит Восточно-Уральское поднятие.

Подобные явления "утыкания" раскрывающихся структур в жесткие континентальные блоки с дальнейшим разветвлением широко распространены как в современных, так и в более древних рифтах (Милановский, 1985). Офиолитовые ассоциации здесь образуются в условиях слабого раскрытия океанической структуры. При этом, в зоне сочленения нескольких офиолитовых поясов, подобие которой мы наблюдаем на изучаемой территории, геохимические различия между ними в значительной степени нивелируются. Это находит отражение и в латеральном изменении химизма пород по каждому поясу в отдельности.

Так, в реститовых гипербазитах ГУРа, представленного на Миасской площади массивами Миасс-Куликовского пояса, содержание РЗЭ закономерно уменьшается с севера на юг (от широты г. Миасса к Нуралинскому и Миндякскому) и затем снова повышается в аналогичных породах Хабаровинского массива, расположенного вблизи сочленения ГУРа с Медногорско-Кракинским поясом. При максимальном раскрытии рифтогенных структур наибольшее обеднение гипербазитов РЗЭ происходит главным образом за счет легких редких земель. К примеру, наиболее истощенные гипербазиты Войкаро-Сыншинского и Восточно-Хабарнинского массивов зачастую содержат тяжелые РЗЭ в количествах, близких к хондритовым, тогда как содержания легких в них составляют 0,1 и менее хондритового уровня (Магматические..., 1988; Фершта-тер, Беа, 1996). Похожими характеристиками обладают и перидотиты срединно-океанических хребтов.

Напротив, слабое раскрытие структуры способствует сохранению соотношения La/Lu, что свидетельствует о субконтинентальных условиях развития ультрабазитовых комплексов пород. Такие геохимические особенности присущи ультрабазитовым ксенолитам из континентальных базальтов (Шаварын-Царам и др.) (Магматические ..., 1988; Рябчиков, 1988) и гипербазитам основания рифтогенных структур пассивных континентальных окраин. Большинство изученных массивов Миасской площади по геохимическим особенностям занимает промежуточное положение между эмбриональными (субконтинентальными) и зрелыми (субокеаническими) офиолитами.

Заключение

Основные выводы, вытекающие из приведенного в данной работе материала, следующие:

1. Таловский габбро-гипербазитовый массив является представителем альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации и сложен породами двух комплементарных друг другу комплексов – реститовым дунит-гарцбургитовым и магматическим верлит-клинопироксенит-габбровым.

2. Массив имеет клинообразную форму с падением на восток и прослеживается на глубину 1-1,5 км в южной части и до 5 км – в северной. Он состоит из двух тектонически совмещенных блоков. В состав первого входят реститовые гипербазиты и магматические верлиты и клинопироксениты, в состав второго – только реститовые образования.

3. Породы реститового комплекса – дуниты, гарцбургиты и лерцолитам, имеют повышенные содержания MgO, Cr₂O₃, Co, Ni, тяжелых лантаноидов и пониженные концентрации FeO*, TiO₂; истощены средними лантаноидами по сравнению с содержанием их в пиролите, с преобладанием тяжелых лантаноидов над легкими.

4. Магматический (верлит-клинопироксенит-габбровый) комплекс сложен верлитами, вебстеритами, клинопироксенитами, габброидами, а так же диоритами и плагиогранитами. Он обладает противоположными первому комплексу характеристиками: низкими содержаниями MgO, Cr₂O₃, Co, Ni и повышенными FeO*, TiO₂, общей суммы лантаноидов; образует выгнутый вверх график лантаноидов в противоположность реститовым гипербазитам; имеет значительное повышение легких лантаноидов в средних и кислых породах, что компенсирует их недостаток в рестите.

5. Хромитовые руды массива являются высокохромистыми. Их формирование связано с телами жильных дунитов дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса. Анализ температур, полученных по оливин-хромшпинелевому геотермометру, показывает, что он был сформирован в интервале – 1280-1330°C и метаморфизован в коровых условиях в антигоритовой фации метаморфизма.

6. Золоторудная минерализация Таловского массива имеет полигенный и полихронный характер. Наиболее продуктивный этап ее образования связан с интрузиями диоритового состава. Рудное золото имеет высокую пробность и осмий-иридий-рутениевую специализацию.

7. Восточная часть массива обладает высокой перспективностью на обнаружение хромитовых руд и благороднометальной минерализации.

8. По комплексу геологических, петро-геохимических и металлогенических особенностей Таловский габбро-гипербазитовый массив заметно ближе стоит к гипербазитовым массивам западного склона Южного Урала, чем к таковым Главного Уральского разлома, и сформировался, по-видимому, в щелевой океанической структуре красноморского типа, зажатой между двумя жесткими блоками – Тараташским и Ильменогорско-Сысертским.

Список работ по теме диссертации

1. Петрогеохимические особенности Таловского габбро-гипербазитового массива // Геологический сборник № 1, Уфа, 2000.

2. Строение и благороднометальное оруденение Таловского габбро-гипербазитового массива // Материалы VI научной студенческой школы “Металлогения древних и современных океанов – 2000. Открытие, оценка, освоение месторождений”, Миасс 2000.

3. Благороднометальное оруденение дунит-гарцбургитовой формации западного склона Южного Урала // Геологический сборник № 2, Уфа, 2001. (В соавторстве с В.И. Сначевым, М.В. Рыкусом, Д.Е. Савельевым).

4. Новые данные по геологии и петрохимии Таловского габбро-гипербазитового массива // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. т. 1, Уфа 2001. (В соавторстве с Д.Е. Савельевым).

5. Новые данные по геохимии элементов платиновой группы Таловского базит-гипербазитового массива // Материалы VII научной студенческой школы “Металлогения древних и современных океанов – 2001. История месторождений и эволюция рудообразования”, Миасс 2001.

6. Породообразующие минералы гипербазитов Таловского массива // Материалы VII научной студенческой школы “Металлогения древних и современных океанов – 2002. Формирование и освоение месторождений в офиолитовых зонах”, Миасс 2002. (В соавторстве с Д.Е. Савельевым).

7. Химический состав и температуры образования породообразующих и акцессорных минералов Таловского габбро-гипербазитового массива (Южный Урал) // Материалы IV международного симпозиума по истории минералогии и минералогических музеев, минерагении, геммологии, кристаллохимии и кристаллогенезису. Санкт-Петербург 2002. (В соавторстве с Д.Е. Савельевым).