

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОСТАВА АКЦЕССОРНОЙ И РУДООБРАЗУЮЩЕЙ ХРОМШПИНЕЛИ В УЛЬТРАМАФИТАХ ВОСТОЧНОТАГИЛЬСКОГО МАССИВА

И.С. Чашухин, А.В. Сурганов, В.Г. Гмыра, В.А. Чашухина, Л.Д. Булыкин

Восточнотагильский (Красноуральский) массив альпинотипных ультрамафитов – один из крупнейших на Урале; он вытянут в меридиональном направлении почти на 130 км. Морфологически состоит из двух несравненных частей – линейной западной, наиболее протяженной (длина около 100 км при максимальной ширине 5 км), и более изометричной (40х7 км) – восточной. На широте поселка Николо-Павловский эти части соединены между собой узким полукилометровым перешейком. Является типичным офиолитовым массивом. Сложен преимущественно апогарцбургитовыми серпентинитами с участками петельчато серпентинизированных гарцбургитов; дуниты и аподунитовые серпентиниты развиты слабо. С запада ультрамафиты почти на всем протяжении граничат с габбро, редко с клинопироксенитами, с востока – с вулканогенными и осадочными породами и метаморфическими образованиями различного возраста и состава, а также с гранитоидами. Последние образуют компактное тело в южной части массива и, по-видимому, явились причиной интенсивного прогрессивного метаморфизма серпентинизированных ультрамафитов, включающего антигоритизацию, хризотил-лизардитизацию, тальк-карбонатизацию и амфиболитизацию. По-видимому, с воздействием гранитоидов связано образование в массиве многочисленных проявлений хризотил- и антофиллит-асбеста.

Массив практически полностью закрыт лесами и болотами. Коренные выходы ультрама-

фитов наблюдаются только в крутых бортах р. Тагил, в строительных и асбестовых карьерах, в редких скальных обнажениях некоторых вершин, а также во врезках автомагистрали Екатеринбург-Серов, пересекающей в меридиональном направлении юго-западную часть массива.

Как и большинство альпинотипных массивов Среднего Урала Восточнотагильский массив хромитоносен. Начиная с 1870 г. были открыты и частично разрабатывались многочисленные мелкие месторождения и рудопроявления; к настоящему времени их насчитывается около 40 [Рсестр..., 2000]. Хромитопроявления по площади массива распределены неравномерно и условно могут быть объединены в два рудных поля – Северное и Южное.

В распоряжении авторов был каменный материал из 8 месторождений хромитовых руд в северной части массива. Кроме того, собраны и исследованы образцы вмещающих пород по трем пересечениям: через Гуршевы горы в юго-восточной части массива, во врезках вдоль автомагистрали Екатеринбург-Серов в южной части и одно пересечение массива в северной части. Помимо личных сборов была просмотрена коллекция руд и пород В.Ю. Алимова и отобраны для исследования наименее подверженные пострудному метаморфизму образцы. Схема размещения изученных хромитопоявлений и линии пересечения приведены рис. 1. Всего отобрано 108 образцов, во всех определена плотность и массовая доля магнетита методом магнитного насыщения, изучен петрографический

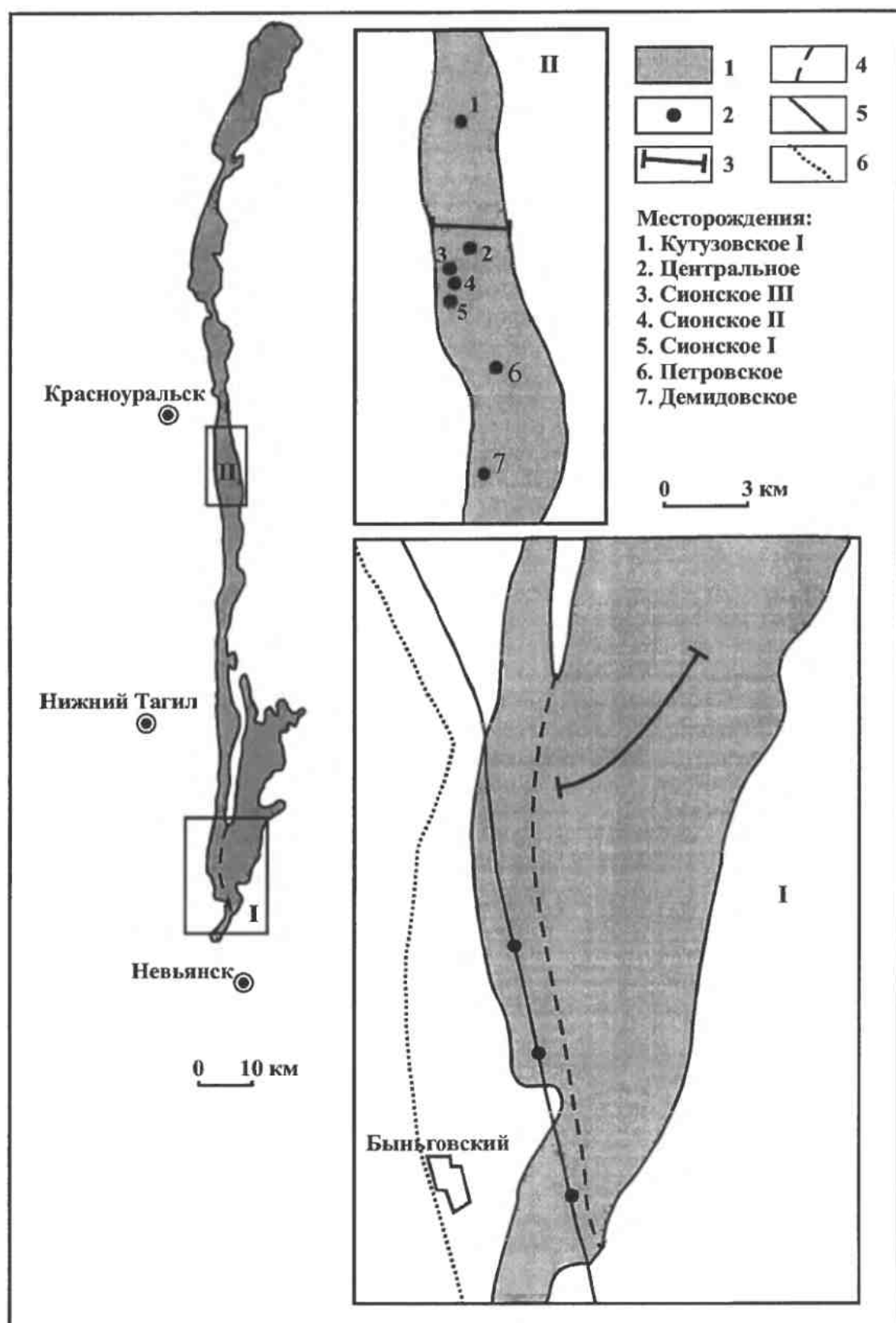


Рис. 1. Обзорная схема Восточнотагильского массива.

1 – контур ультрамафитов, 2 – изученные месторождения хромитов и места отбора образцов, 3 – линии пересечений, 4 – предполагаемая граница между западным и восточным блоками, 5 – автомагистраль Екатеринбург-Серов, 6 – линия железной дороги.

состав. В 98 образцах микрорентгеноспектральным методом определен состав хромшпинели, в 38 образцах методом СРМ проведен силикатный анализа вмещающих ультрамафитов.

В задачи авторов входило: 1) восстановление первичного состава ультрамафитов Восточнотагильского массива с целью выявления комплексов пород, продуктивных на хромитовое оруденение разного состава; 2) изучение закономерностей состава рудообразующих хромшпинелей и его сопоставление с составом известных месторождений с целью определения генетических типов хромитового оруденения массива.

Восстановление первичного состава серпентинизированных ультрамафитов возможно несколькими способами: а) визуальном в полевых условиях, б) путем количественно-минералогических подсчетов под микроскопом, в) по данным химического анализа (по величине отношения суммы оснований к кремнекислоте при условии изохимизма процесса серпентинизации), г) по составу акцессорной хромшпинели. Применение первых двух зависит от сохранности в серпентинизированных ультрамафитах реликтово-псевдоморфных структур; при полной антигортитизации они исчезают полностью. Изучение петрохимии ультрамафитов показало, что в связи с широким развитием аллохимических процессов – прежде всего, антигортитизации, использование химического состава пород для реконструкции первичного минерального состава ультрамафитов, как правило, некорректно. Доказательства аллохимизма следующие: 1. Нарушено первичное соотношение массовых долей MgO и SiO_2 . На рис. 2 приведены данные по петельчато серпентинизированным ультра-

мафитам и продуктам их антигортитизации. Отчетливо виден несомненный вынос магния и (или) привнос кремнекислоты при преобразовании серпентинизированных гарцбургитов в антигортитовые серпентиниты. 2. Нарушено первичное соотношение массовых долей глинозема и извести (рис. 3). Для большей части антигортитовых серпентинитов величина этого отношения существенно выше по сравнению с хондритовым и альпинотипными ультрамафитами мира [Штейнберг и др., 1990] и свидетельствует о выносе извести в ходе антигортитизации.

Таким образом, о первичном составе ультрамафитов большей части территории, занимаемой Восточнотагильским массивом, можно судить только по составу акцессорной хромшпинели. Работами предшественников показано, что он тесно коррелирует с химизмом вмещающих альпинотипных ультрамафитов. На рис. 4 представлены вариации составов хромшпинели в породах ряда дунит-гарцбургит-лерцолит в координатах «железистость-хромистость». Использованы оригинальные данные (326 микрорентгеноспектральных анализов) по пяти альпинотипным массивам Урала – Северный, Средний и Южный Крака, Нуралинский и Кемпирсайский. В выборку включены анализы, характеризующие собственно продукты магматического деплетирования, и исключены данные по метасоматическим дунитам. Отчетливо видно, что каждая группа пород – лерцолиты, гарцбургиты, дуниты – образует поле, слабо перекрывающееся с соседними. Это позволяет решать обратную задачу – определять петрографический состав ультрамафитов по составу акцессорной хромшпинели и количественно оценивать степень дифференцированности дунит-гарцбургит-лерцолитовых серий. Величина хромистости прямо пропорциональна степени магматического деплетирования, закисная железистость при одних и тех же значениях хромистости при постоянной железистости оливина фиксирует температуру оливин-шпинелевого равновесия.

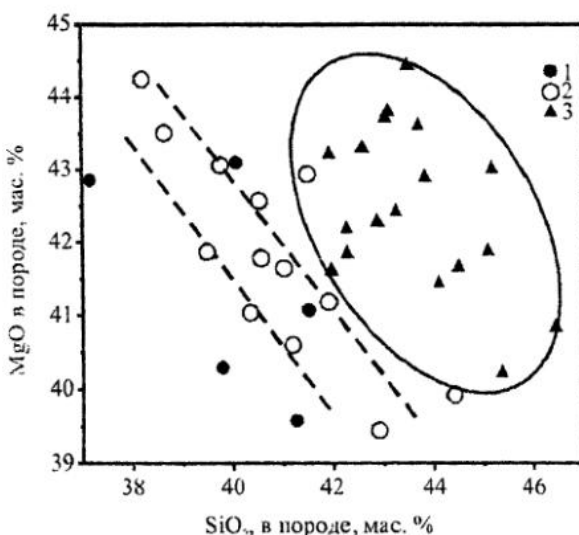


Рис. 2. Соотношение магнелии и кремнекислоты в ультрамафитах.

Ультрамафиты: 1 – петельчато серпентинизированные, 2 – частично антигортитизированные, 3 – антигортитовые серпентиниты. Проведены усредняющие линии для первых двух выборок. Эллипс – поле составов антигортитовых серпентинитов.

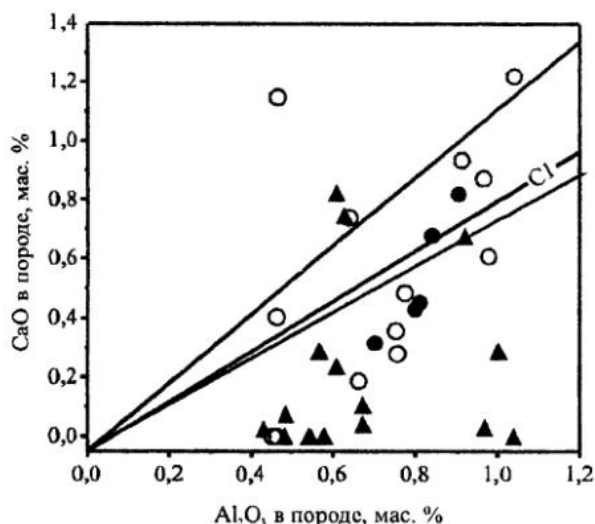


Рис. 3. Соотношение глинозема и извести в ультрамифитах относительно хондрита C1. Условные обозначения те же, что на рис. 2. Отмечен сектор вариаций отношения $Al_2O_3:CaO$ в альпинотипных ультрамифитах мира.

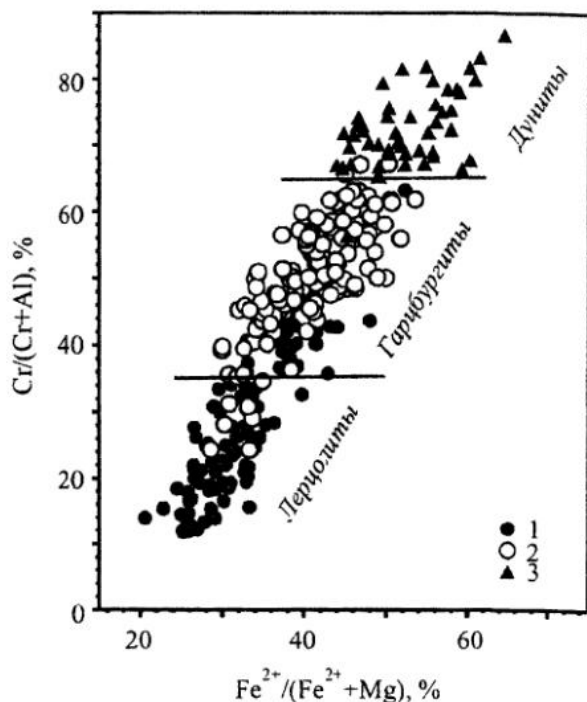


Рис. 4. Состав аксессуарных хромшпинелей в уральских ультрамифитах ряда дунит-гарцбургит-лерцолит.

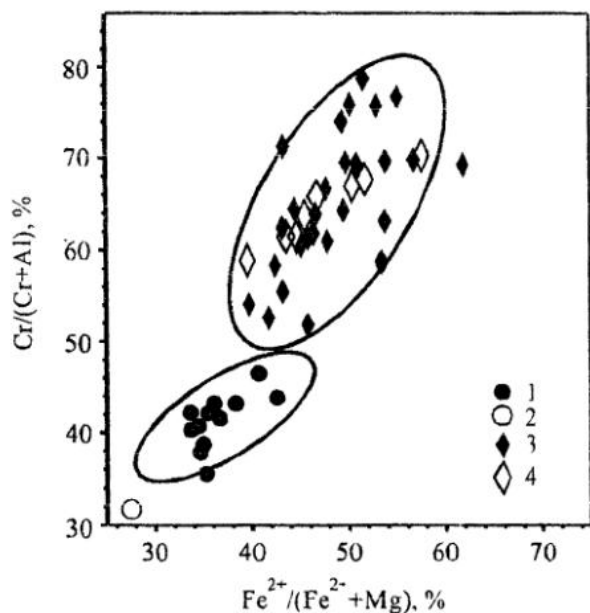
1 – лерцолиты в шпинелевой и плагиоклазовой фациях, 2 – гарцбургиты, 3 – дуниты и широксеновые дуниты.

Наш опыт показывает, что состав хромшпинели, в сочетании с составом пород и полевыми наблюдениями, позволяет надежно различать продукты деплетирования и последующих метасоматических и метаморфических преобразования альпинотипных ультрамифитов. Как и для ранее изученного Алапаевского массива [Чашухин и др., 2002], для Восточнотагильского важно то, что в ходе антиторитизации хромшпинель, замещаясь магнетитом, заново не кристаллизуется и в подавляющем большинстве случаев сохраняются реликты ее зерен. Наиболее информативным представлением особенностей состава хромшпинели является использование диаграммы «двухвалентная железистость $[Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)]$ – хромистость $[Cr/(Cr+Al)]$ », предложенной Т. Ирвайном [Irvine, 1967].

Закономерности состава ультрамифитов Восточнотагильского массива

Статистические данные. В легенде к существующим геологическим картам массива ультрамифиты представлены только двумя разновидностями (кроме пород дунит-клинопироксенитового комплекса) – гарцбургитами и серпентинитами «не установленной природы» [Рестр..., 2000]; при этом последние занимают около 80 % площади. В связи с постановкой

специализированных работ на асбест лучше всего изучена юго-восточная часть массива, именно в ней закартированы поля развития гарцбургитов, но и здесь первичный состав окружающих их серпентинитов не восстановлен. Поэтому информация о составе аксессуарной хромшпинели имеет чрезвычайно важное значение. Не смотря на ограниченность имевшегося в нашем распоряжении материала, полученные данные о составе хромшпинели свидетельствуют об участии в строении Восточнотагильского массива двух комплексов – слабо истощенного гарцбургитового и в сильной степени деплетированного дунит-гарцбургитового; составы хромшпинелей этих комплексов резко различаются и на диаграмме «железистость-хромистость» не перекрываются (рис. 5). В гарцбургитах первого комплекса был изучен только один образец дунита; состав хромшпинели из него свидетельствует о метасоматической природе: хромистость его заметно ниже, чем во вмещающем гарцбургите – картина, аналогичная западнокемпирсайской, где такие метасома-



тические дуниты, как правило, вмещают глиноземистое хромитовое оруденение. Ультрамафиты второго комплекса образуют непрерывную серию, внутри которой невозможно провести границу между гарцбургитами и дунитами. В безпироксеновых дунитах этого комплекса можно различить два типа составов хромшпиннелей. Один продолжает серию гарцбургит-пироксеновый дунит и может рассматриваться как наиболее рафинированный остаток после плавления пиrolита верхней мантии, второй практически тождественен составу акцессорной хромшпиннели вмещающих гарцбургит-

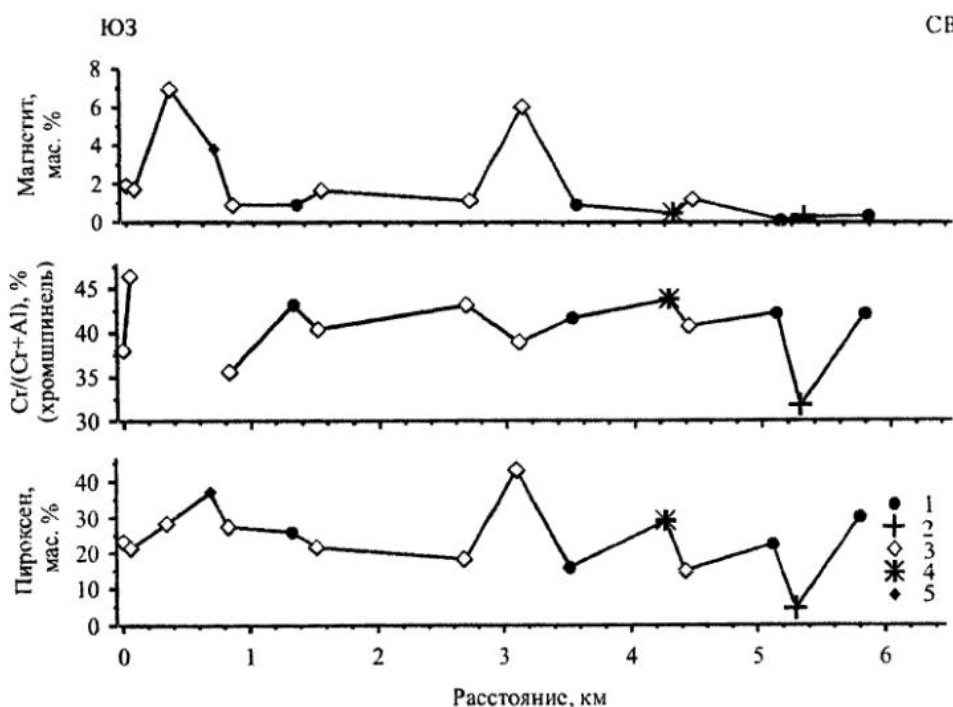
Рис. 5. Состав акцессорных хромшпиннелей в ультрамафитах Восточнотагильского массива.

1-2 – восточная часть: 1 – гарцбургиты, 2 – метасоматический дунит; 3-4 – западная часть: 3 – дунит-гарцбургитовая серия, 4 – метасоматические дуниты.

тов. По этой особенности второй тип дунитов не отличим от метасоматических дунитов западного блока Кемпирсайского и Войкаро-Сыньинского массивов; в последнем апогарцбургитовая природа таких дунитов без сомнения устанавливается при полевых наблюдениях.

Пространственные данные. В нашем распоряжении был материал по трем пересечениям – два в западной части массива и одно в восточной (см. рис. 1).

Пересечение в восточной части массива проходило через Гуршевы горы и было выбрано потому, что здесь обнажаются наименее антигоритизированные ультрамафиты (рис. 6). Обращают внимание небольшие вариации количества пироксена – 20-30 мас. % и хромистости хромшпиннели – 35-45 %, свидетельствующие о принадлежности пород к предельным гарцбургитам. Количества магнетита, в основном, не превышающие 1-2 мас. %, свидетельствуют об относительно слабом проявлении антигоритизации.



СВ

Рис. 6. Вариации состава хромшпиннелей и ультрамафитов по пересечению через Гуршевы горы (восточная часть массива).

1-2 – петельчато серпентинизированные: 1 – гарцбургиты, 2 – дунит, 3-4 – частично антигоритизированные: 3 – гарцбургиты, 4 – дунит, 5 – апогарцбургитовый антигоритовый серпентинит.

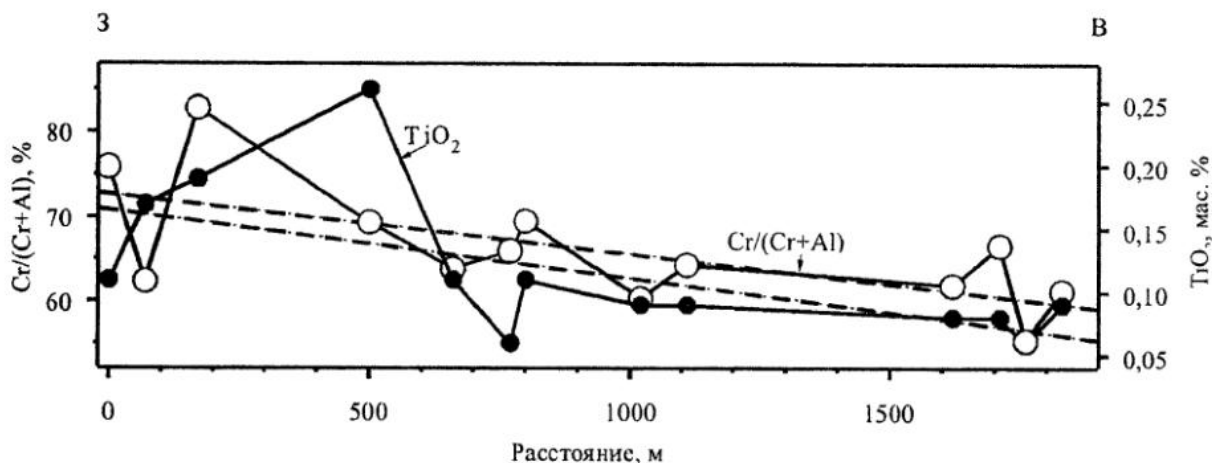


Рис. 7. Вариации состава хромшпинелей по северному пересечению западной части массива.

Породы, отобранные вдоль врезав автомагистрали Екатеринбург-Серов в юго-западной части массива, представлены антигоритовыми и хризотил-лизардитовыми серпентинитами. Поэтому для характеристики первичного состава ультрамафитов был использован состав аксессуарной хромшпинели. По сравнению с предыдущим пересечением ее хромистость существенно выше — 60–80 % — и свидетельствует о принадлежности пород к дунит-гарцбургитовому комплексу. Высокие содержания магнетита (2–6 мас. %) отражают состав пород.

По материалам В.Ю. Алимова был изучен состав хромшпинели в северном пересечении западной части массива. Он оказался идентичен таковому из предыдущего пересечения — хромистость минерала варьирует от 60 до 85 % (рис. 7). Закономерное увеличение хромистости аксессуарной хромшпинели с востока на запад вкост простирания ультрамафитов западного блока при его западном падении (по геолого-геофизическим данным) свидетельствуют об увеличении с глубиной степени магматического деплетирования дунит-гарцбургитовой серии. По-видимому, это общая особенность дифференцированных дунит-гарцбургит-лерцолитовых серий складчатых областей (массивы Крака, Нуралы, юго-восточный блок Кемпирсайского массива), сформированных по окситермобарометрическим данным в сублитосферных (субокеанических ?) условиях.

Полученные данные о закономерностях состава аксессуарной хромшпинели с учетом морфологии дают право утверждать, что Восточнотагильский массив является аккреционным

образованием. В настоящих границах массив состоит из двух блоков — протяженного западного, сложенного породами дунит-гарцбургитового комплекса и относительно небольшого восточного, представленного предельными гарцбургитами. Другой вариант — ультрамафиты изначально представляли единое целое и были сложены гомогенной дунит-гарцбургитовой серией; затем произошло отчленение восточного гарцбургитового блока и формирование массива в современных границах. В пользу второго варианта указывает рост в северном пересечении величины хромистости хромшпинели с востока на запад, свидетельствующий об увеличении в этом направлении степени магматического деплетирования ультрамафитов. Однако в этом случае следовало бы ожидать аналогичного пространственного поведения состава хромшпинели в восточной части массива, а этого не наблюдается (рис. 6). Авторы склоняются к первому — аккреционному — варианту строения массива.

Гетерогенность ультрамафитов в пределах массива — явление, характерное не только для Восточнотагильского массива — ранее она была установлена в Кемпирсайском и Алапаевском массивах [Чашухин и др., 1994, 2002]. Необходимость ее выявления определяется следующим. Так как гарцбургиты и лерцолиты образуются единственным путем — путем магматического истощения вещества верхней мантии (в отличие от дунитов, нередко имеющих метасоматическую природу), различия в их составе фиксируют особенности условий формирования ультрамафитового вещества на самых

его ранних этапах. Поскольку продукты магматического деплестирования являются источником вещества при формировании хромитового оруденения, особенности их состава в значительной степени определяют состав рудообразующей хромшпинели и как итог – состав руд.

Закономерности состава рудообразующей хромшпинели

В нашем распоряжении был материал по хромитам и вмещающим породам из месторождений северной части Восточнотагильского массива: Кутузовского I, Центрального, Сионского I, Сионского II, Сионского III, Петровского и Демидовского (рис. 1). Кроме того, одно новое проявление хромитовых руд было обнаружено в выемке дороги Екатеринбург-Серов, в 6 км северо-восточнее железнодорожной станции Быньговской. Поиски старых хромитовых рудопоявлений в юго-восточной части массива успеха не имели. Подавляющее большинство изученных хромитопоявлений содержит руды с высокохромистой хромшпинелью.

Статистические данные. Среди руд встречаются все разновидности хромитов по густоте вкрапленности – от убогих до сплошных; преобладают средне- и густовкрапленные руды. Сводная диаграмма составов рудообразующих хромшпинелей на фоне составов из других массивов Урала представлена на рис. 8. Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Подавляющая часть вмещающих ульт-

рамафитов представлена породами дунит-гарцбургитового комплекса. Помимо них практически во всех месторождениях встречены безпироксеновые дуниты, по составу хромшпинели (прежде всего, хромистости) располагающиеся в гарцбургитовом поле. Присутствие таких дунитов указывает на прохождение метасоматических процессов, сопровождающих метаморфическую дифференциацию пород дунит-гарцбургитового комплекса;

2. Состав рудообразующих хромшпинелей в целом по рудному полю не постоянен, наряду с высокохромистыми хромшпинелями южнокемпирсайского типа присутствуют глиноземистые шпинели алапаевского типа. Более того, аналогичное явление наблюдается в пределах месторождения, например, Кутузовского I и Сионского III. То же самое установлено на Курмановском месторождении Алапаевского массива. Это, несомненно, может свидетельствовать о гетерогенности хромитового оруденения, по крайней мере, на перечисленных месторождениях. Следует подчеркнуть, что полигенность оруденения выявлена только в месторождениях с высокохромистой хромшпинелью, в хромитопоявлениях с глиноземистым составом этого минерала высокохромистые хромшпинели нам не известны. По-видимому, формирование высокохромистого оруденения предшествует глиноземистому и произошло до метаморфической дифференциации пород дунит-гарцбургитового комплекса.

Пространственные данные. Вариации состава рудообразующих и акцессорных хромшпинелей в пространстве проиллюстрированы

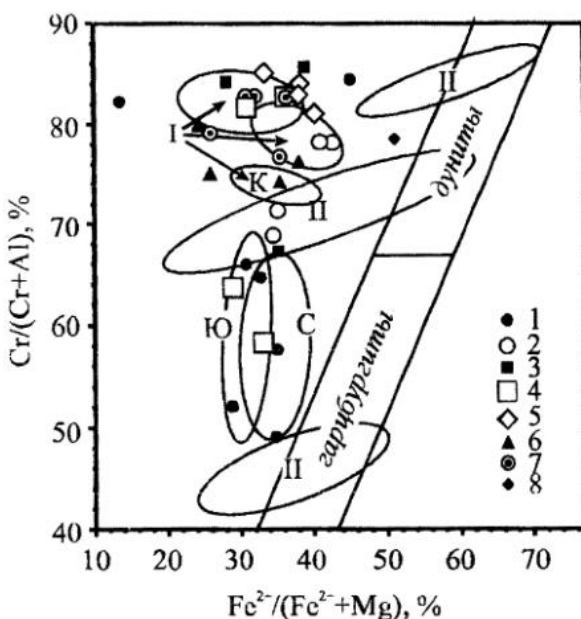


Рис. 8. Составы рудообразующей хромшпинели в северной части Восточнотагильского массива.

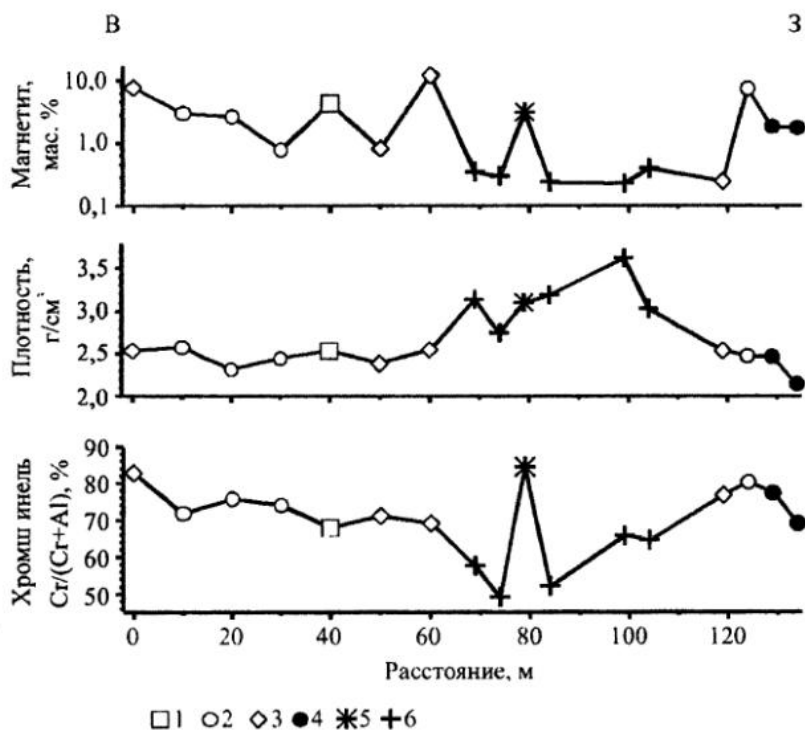
Месторождения: 1 – Кутузовское I, 2 – Сионское I, 3 – Сионское II, 4 – Сионское III, 5 – Центральное, 6 – Петровское, 7 – Демидовское, 8 – рудопоявление Безымянное. I-II – поля составов генетических типов руд: I – латераль-секреционного (сверху вниз: ГРП Кемпирсай, Рай-Из, Курмановское), II – метасоматического [сверху вниз: Зап. Блантай (Кемпирсай), Рай-Из, север Кемпирсай)]. Поля составов руд Алапаевского массива: К – Курмановское месторождение, рудные поля: С – Северное, Ю – Южное.

Рис. 9. Вариации состава хромшпинелей и физических свойств ультрамафитов в южном борту месторождения Кутузовское I.

1 – гарцбургиты, 2-4 – дуниты: 2 – пироксен-содержащие, 3 – беспироксеновые, 4 – с повышенной вкрапленностью хромшпинели, 5-6 – хромититы: 5 – с высокохромистой хромшпинелью (ранний тип), 6 – с среднехромистой хромшпинелью (поздний тип).

на примере южного борта месторождения Кутузовское I (рис. 9). Вмещающие породы представлены всем набором ультрамафитов дунит-гарцбургитового комплекса. Рудоносная зона протяженностью 65 м сложена хромититами разнообразной густоты вкрапленности – от сплошных до убоговкрапленных и дунитов с повышенным против акцессорной количественности хромшпинели (Cr-дуниты); преобладают средне- и густовкрапленные руды. Богатые хромититы, как правило, массивные с размером зерен хромшпинели в среднем 1-2 мм. Для Cr-дунитов, обычно тонкозернистых (доли мм), характерны собирательная перекристаллизация и сегрегация хромшпинели в более крупные зерна размером до 2 мм. Подавляющая часть изученных образцов хромититов сложена среднехромистой хромшпинелью, по составу близкому глиноземистым рудам Алапаевского массива. Только в одном образце встречена хромшпинель с хромистостью более 80 %. Возможно, что высокохромистых хромититов было значительно больше, однако последующая метаморфическая дифференциация привела к изменению состава хромшпинели.

Метаморфизм руд. Под действием динамо-термального метаморфизма Восточнотагильский массив вместе с хромитовым оруденением испытал интенсивный метаморфизм зеленосланцевой фации. Он выразился в широком развитии антигоритовых, реже хризотиллизардитов, серпентинитов. Метаморфизм проходил в условиях повышенного потенциала кислорода, при которых хромшпинель частично, иногда полностью, заместила магнетитом.



Изучение образцов руд под микроскопом показало, что хромшпинель испытала два типа метаморфизма. В ходе первого она превратилась в тонкозернистый агрегат зерен хлорита и Cr-магнетита согласно реакции: хромшпинель + ранний серпентин (+оливин) → Cr-хлорит + Cr-магнетит. Для Восточнотагильского массива это наиболее интенсивное преобразование хромшпинели – например, в месторождениях Кутузовском I, Сионских II и III. Степень замещения Cr-магнетит-хлоритовым агрегатом, как правило, неравномерная, в некоторых образцах она достигает 100 %. Аналогичные явления мы наблюдали в рудах Алапаевского массива. Второй тип метаморфизма хромшпинели выражен в замещении его с краев зерен и по трещинкам магнетитом. Масштабы проявления этого типа метаморфизма в целом незначительные. Для прохождения обменных метаморфических реакций помимо окисляющего флюида необходимо присутствие силикатных фаз. Поэтому в одних и тех же условиях хромититы существенно более устойчивы к метаморфизму по сравнению с вмещающими породами.

Выводы

1. Впервые установлено, что ультрамафиты Восточнотагильского массива сложены двумя гетерогенными комплексами пород – слабо деплетированными, предельными по количе-

ству широксена, гарцбургитами и дифференцированной дунит-широксеновый дунит-гарцбургитовой серией. Первые распространены в относительно изометричной восточной части массива, вторые слагают линейно-вытянутую западную часть. По-видимому, эти части массива ранее представляли собой изолированные блоки, позднее совмещенные в единый массив. В дальнейшем вещество ультрамафитов претерпело метаморфическую дифференциацию с образованием метасоматических дунитов, развитых в обоих блоках массива.

2. Хромитовое оруденение массива также гетерогенно. Как и во многих альпинотипных массивах мира, в Восточнотагильском массиве есть основания выделять раннее латераль-секреционное и позднее метасоматическое типы оруденения. Особенностью массива является то, что в пределах одного хромитопроявления нередко совмещены разные химические типы оруденения.

3. Латераль-секреционное оруденение локализовано в западном блоке массива и представлено высокохромистыми рудами. Характерным признаком такого оруденения являются густо- и средневкрапленные текстуры руд и практически полное отсутствие сплошных руд – картина, типичная для хромитов кемпирсайского типа.

4. Метасоматическое оруденение развито в обоих блоках массива и является продуктом метаморфической дифференциации вмещающих ультрамафитов и латераль-секреционных хромитов.

5. Хромитовое оруденение магматического типа на массиве либо не сформировалось, либо было преобразовано в ходе метаморфической дифференциации.

Возможность практического использования полученных результатов. Широкое развитие дифференцированного дунит-гарцбургитового комплекса и предшествующая история изучения и эксплуатации хромитовых месторождений Восточнотагильского массива свидетельствуют о том, что его западный блок продолжает оставаться перспективным на обнаружение высокохромистого оруденения кемпирсайского типа. По аналогии с ГРП Кемпирсайского массива, где наиболее промышленно ценные руды сконцентрированы в верхней части этого комп-

лекса, под гарцбургитами, особого внимания требует восточная часть западного блока. Для целенаправленных поисков новых объектов и оконтуривания рудоносного комплекса необходима кондиционная геологическая карта блока масштаба 1:25000, при составлении которой представляется перспективным изучение состава акцессорной хромшпинели. При постановке дистанционных методов следует учитывать чрезвычайную интенсивность метаморфических процессов, сопровождающихся выделением магнетита. Благодаря относительной устойчивости богатых хромитовых руд к метаморфизму, по сравнению с вмещающими породами, продуктивные на хромитовое оруденение участки должны характеризоваться сочетанием повышенного гравиметрового и пониженного магнитного физических полей.

Авторы выражают признательность В.Ю. Алимову и Н.В. Вахрушевой за образцы руд и пород из северной части Восточнотагильского массива.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 01-05-96444, 00-15-98517.

Список литературы

Реестр хромитопроявлений в альпинотипных ультрабазитах Урала / Гл. ред. Б.В. Перевозчиков. Пермь: КамНИИКИГС. 2000. 474 с.

Чащухин И.С., Волченко Ю.А., Уймин С.Г. и др. Новые данные по геологии и рудоносности северной части Кемпирсайского массива // Ежегодник 1993 ИГГ. Екатеринбург: УрО РАН, 1994. С. 143-146.

Чащухин И.С., Сурганов А.В., Булыкин Л.Д. и др. Закономерности состава акцессорного и рудообразующего хромшпинелида в ультрамафитах Алапавского массива // Ежегодник 2001. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2002. С. 281-289.

Штейнберг Д.С., Чащухин И.С., Уймин С.Г. Кальций-алюминиевое отношение в альпинотипных ультрамафитах как индикатор степени унаследованности состава хондритов // Петрология гипербазитов и базитов / Отв. ред. Г.В. Поляков. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение. 1990. С. 41-52.

Irvine T.N. Chromium spinels as a petrogenetic indicator. II. Petrological applications // Canad. Journ. Earth Sci. 1967. V. 4. P. 71-103.