

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ХРОМИТОВЫХ РУД В АЛЬПИНОТИПНЫХ УЛЬТРАМАФИТАХ

Чашухин И.С.

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
e-mail: chashchukhin@igg.uran.ru*

GENETIC TYPES OF CHROMITE ORES IN THE ALPINE-TYPE ULTRAMAFITES

Chashchukhin I.S.

*Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia
e-mail: chashchukhin@igg.uran.ru*

It is shown, that formation of chrome deposits in dunite-harzburgite-Ilherzolite («Alpino-type») complexes inseparably linked with history of ultramafitic matter, with stages of transformation of initially silicate form of chrome in spinel and the subsequent its concentration. These stages the following: (1) magmatic depletion of upper-mantle matter, (2) concentration of ore matter by ascending streams of the hot reduce fluids, (3) synkinematic metamorphic differentiation of products magmatic depletion, (4) interaction ophiolitic ultramafites and gabbro.

Образование месторождений хрома в дунит-гарцбургит-лерцолитовых («альпинотипных») комплексах неразрывно связано с историей формирования ультрамафитов, с этапами преобразования первично силикатной формы хрома в оксидную и последующего ее концентрирования: (1) магматическое истощение верхнемантийного вещества, (2) концентрирование рудного вещества и его переотложение восходящими потоками горячих восстановленных флюидов, (3) синкинематическая метаморфическая дифференциация продуктов магматического деплетирования, (4) реакционное взаимодействие ультрамафитов и габброидов. Можно утверждать, что по своей природе хромитовое оруденение полигенно и полихронно.

Этап магматического деплетирования примитивной мантии. Согласно модельным представлениям неистощенная мантия содержит около 0,4 мас. % Cr_2O_3 . Расчет минеральных балансов хрома в породах гарцбургит-лерцолитовых серий Урала (78 образцов из массивов Крака и Нурали) показал, что в наименее истощенных шпинелевых лерцолитах 85 мас. % Cr_2O_3 связано в орто- и клинопироксенах и только 15 % – с шпинелью; в наиболее деплетированных гарцбургитах на долю пироксенов приходится 20 мас. % Cr_2O_3 , хромшпинели – 80 %. Таким образом, на самом раннем этапе эволюции вещества верхней мантии – в ходе частичного плавления – при сохранении постоянным общего содержания оксида хрома в породе происходит 5-кратное обогащение хромшпинелью и создается основа для формирования рудных концентраций.

Есть основания предполагать, что процесс магматического деплетирования может иметь продолжение и завершиться формированием магматогенной хромтитит-дунитовых серий, например, в юго-восточном блоке Кемпирсайского массива. Детальное минералого-геохимическое изучение глубоких скважин, в сумме перекрывающих вертикальный разрез на глубину около 4 км, выявило давно отмеченную [1-3] грубую стратификацию ультрамафитов юго-восточного блока массива. Она выражена в существовании четырех более или менее дискретных толщ, мощностью каждая до 1 км, с последовательностью сверху вниз: 1) верхней, безрудной, сложенной лерцолитами вверху, постепенно переходящими в гарцбургиты с 20-30 мас. % ортопироксена внизу; 2) рудоносной, состоящий из чередования дунитов и гарцбургитов с пониженным в целом количеством пироксена и нечеткими между ними границами; к верхней части толщи приурочены наиболее крупные промышленные месторождения хромитов; 3) ниже залегают беспироксеновые дуниты с концентрациями густовкрапленных хромитовых руд в верхах толщи, убогих и редковкрапленных в ее низах; 4) нижняя толща сложена безрудной лерцолит-гарцбургитовой серией, вблизи границы с дунитами представленной бластомилонитами, что дает основание предполагать тектоническую сдвоенность разреза юго-восточного блока. В нижней части дунитовой толщи геологами бывшей Донской партией ПГО «Запказгеология» было разведано месторожде-

ние «Геофизическое XII». Разрез месторождения сложен хромитит-дунитовой серией с постепенными переходами между породами. Количество хромшпинели при значительных вариациях закономерно растет сверху вниз от 1,5-5,0 до 30-40 мас. %, параллельно уменьшается железистость сосуществующих оливина и хромшпинели (рис. 1). Приведенные данные не противоречат кумулятивной модели формирования серии. Серия завершает непрерывный вертикальный разрез ультрамафитов юго-восточного блока массива сверху вниз: лерцолит → гарцбургит → дунит-гарцбургитовый комплекс → дунит (+хромитит). Аналогичное строение имеют массивы Крака, Миндяк и Нурали. Величина летучести кислорода и ее обратная зависимость от степени истощения дунит-гарцбургит-лерцолитовых серий указывает на то, что частичное плавление проходило в закрытой системе, при водно-метановом составе флюида; кислород из рестита перераспределялся в базальтовые выплавки. Трудно представить, что такие условия и характер разреза могли быть реализованы при адиабатической декомпрессии. Более вероятно предположить, что формирование дунит-гарцбургит-лерцолитовых серий проходило под действием астеносферных высокотемпературных восстановленных флюидов. В итоге возникла псевдостратификация ультрамафитов, обусловленная увеличением с глубиной степени истощения ультрамафитов.

Переотложение и концентрирование хрома восходящими потоками горячих восстановленных флюидов.

Расчет баланса привноса-выноса рудообразующих элементов в ультрамафитах юго-восточного блока Кемпирсайского массива показал, что в процессе формирования хромитовых месторождений возникла синрудная асимметричная геохимическая зональность, обусловленная переотложением рудообразующих элементов семейства железа из нижележащих и боковых ультрамафитов в вышележащие. Участки вмещающих пород с нарушенными первичными соотношениями хрома, железа, никеля и марганца вместе с рудными телами сформировали рудоносные зоны мощностью не менее 1 км, внутри которых можно различать над-, меж- и подрудные подзоны, характеризующиеся частичным выносом из нижележащих и боковых пород Cr_2O_3 (0,1 мас.%), NiO (0,04), $FeO_{сум.}$ (0,5), MnO (0,02) и их привносом в междрудные, а никеля – в надрудные (0,03). Таким образом, подрудные ультрамафиты служат зоной питания рудообразующими компонентами, а междрудные породы с залегающими в них рудными телами – зоной сброса этих компонентов. Обнаружение отрицательных ореолов элементов семейства железа в ультрамафитах лежачего бока и на выклинивании рудных тел может свидетельствовать об их локальном переотложении из нижележащих и боковых ультрамафитов в вышележащие под действием восходящих восстановленных мантийных флюидов. Об участии флюидов в рудообразовании свидетель-

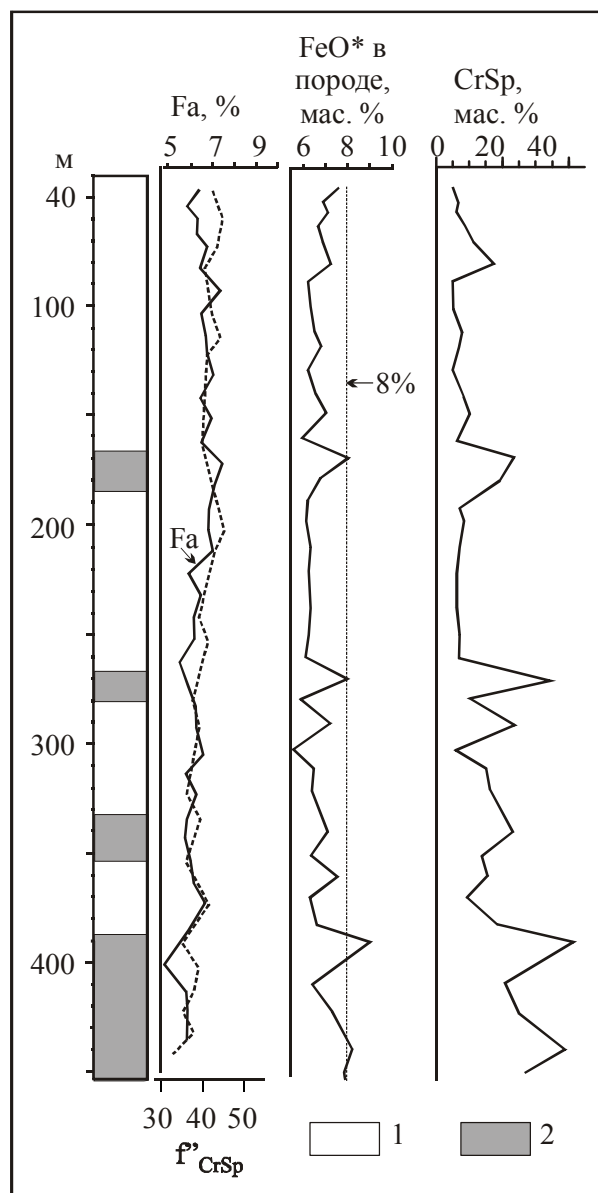


Рис. 1. Вариации состава сосуществующих хромшпинели и оливина, массовых долей железа и хромшпинели в хромитит-дунитовой серии, вскрытой скв. 681 на месторождении «Геофизическое XII». 1 – дуниты, 2 – хромититы.

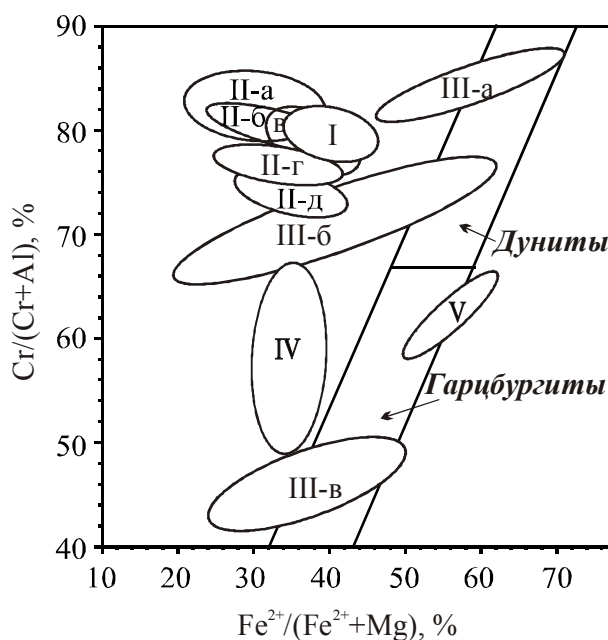


Рис. 2. Поля составов рудных хромшпинелей различных генетических типов хромитовых руд.

I – магматогенная хромитит-дунитовая серия месторождения «Геофизическое XII»; *II* – латераль-секреционный тип: *a* – Главного рудного поля Кемпирсайского массива, *б* – месторождение «Лебяжье 3», Первомайский массив, *в* – месторождение «Центральное», массив Рай-Из (данные Е.П. Царицына), *г* – месторождение «Большой Башарт», массив Южный Крака, *д* – месторождение Курмановское, Алапаевский массив; *III* – метасоматический тип: *a* – месторождения Западно-Блактайское, Кемпирсайский массив и *II* Пьяноборское, Ключевской массив, *б* – месторождение «Западное», массив Рай-Из (данные Е.П. Царицына), *в* – Степнинская группа месторождений, Кемпирсайский массив; *IV* – сегрегационный тип, месторождения Алапаевского, Первомайского и Восточнотагильского массивов; *V* – реакционно-метасоматический (Оманский) тип [4].

шпинели с одинаковыми углами наклона усредняющих линий при сохранении единой схемы изоморфизма трехвалентных катионов ($Al, Fe^{3+} \leftrightarrow Cr$).

Синкинематическая метаморфическая дифференциация продуктов магматического деплетирования ответственна за формирование метасоматических руд. Отличительные особенности процесса – наследование оливином и хромшпинелью продуктов дифференциации состава этих минеральных фаз в материнской породе и ограниченные масштабы проявления. Дифференциация проходила в открытой для кислорода системе и ореол проникновения окисленных флюидов не ограничивался областью формирования ее продуктов, а был значительно шире и проникал вглубь гарцбургитов, увеличивая первичные значения летучести кислорода. Помимо пород, эдуктом для формирования руд этого типа могут быть хромититы первых двух типов. В зависимости от трендов изменения состава хромшпинели этот тип руд может быть подразделен на два подтипа – сегрегационный и метасоматический.

Особенность *сегрегационных* месторождений – тождество Cr/Al – отношения хромшпинели в гарцбургитах, апогарцбургитовых дунитах и рудах в пределах хромитопроявления, не исключаяющее широких вариаций состава рудной хромшпинели в границах рудного поля. Этот подтип хромитопроявлений хорошо представлен на Среднем Урале в Алапаевском, Первомай-

ствуют порошкообразный облик руд и рудного керна разведочных скважин с глубин ниже зоны выветривания и обилие сульфидных минералов в надрудных породах, а о восстановленном характере флюидов – данные окситермобарометрии и результаты изучения состава газов, проникающих с глубин при проходке эксплуатационной шахты, захороненных в кернах скважин и представленных H_2, CH_4, CO и N_2 . На существенную роль воды во флюиде указывает постоянное присутствие в породах и рудах высокотемпературных амфиболов, реже флогопита. Источником хрома для формирования промышленных руд, по-видимому, являлись хромшпинели нижежащей дунит-хромититовой серии и ламелей хромшпинели – продуктов распада пироксенов гарцбургитов. Есть основания назвать этот тип хромитового оруденения латераль-секреционным.

Помимо Главного рудного поля Кемпирсайского массива аналогичные руды на Урале известны на массивах Рай-Из, Крака, Алапаевском, Первомайском, Халиловском, а также в массивах Луобуза (Тибет), Сахакот-Квила (Пакистан), Вуринос (Греция) и ряде других. Составы хромшпинелей в них имеют выдержанное в пределах рудного поля высокое $Cr-Al$ – отношение ($cr\# = Cr/(Cr+Al)$) и железистость ($f' = Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$), не превышающую 40-45 % (рис. 2). Нормированная на постоянную железистость величина $cr\#$ для каждого месторождения постоянна и количественно характеризует состав рудной хромшпинели. Для всех месторождений этого типа на диаграмме «железистость-хромистость» присуща обратная зависимость состава хромшпинели с одинаковыми углами наклона усредняющих линий при сохранении единой схемы изоморфизма трехвалентных катионов ($Al, Fe^{3+} \leftrightarrow Cr$).

ком и Восточнотагильском массивах. В отличие от сегрегационного железистость и хромистость в хромшпинелях руд метасоматического подтипа связаны прямой зависимостью. Независимо от $cr\#$ оси эллипсов, описывающих поля составов рудных хромшпинелей, параллельны (рис. 2). Это свидетельствует о сходных условиях концентрирования рудного вещества, реализующих одинаковый изоморфизм трехвалентных катионов ($Al \leftrightarrow Fe^{3+}$; $Cr \approx const.$). Состав исходных пород можно реставрировать по $cr\#$ рудной хромшпинели с наиболее высокой железистостью. На Урале руды этого подтипа известны в массивах Кемпирсайском (Западно-Блактайская и Степнинская группы месторождений западного блока), Рай-Из, Ключевском (II Пьяноборское м-ние), в Войкаро-Сыныинском массиве, а также в массивах Семейл (Оман), Буро-Маунтин (США), Замбалес (Филиппины), в хромитоносных массивах Кубы и др. Взаимоотношения между сегрегационными и метасоматическими рудами неясны. Возможно, что метасоматические руды являются продуктом более мощного проявления этапа метаморфической дифференциации. Несомненно, что образование тех и других связано с формированием постреститовых метасоматических дунитов.

Дунит-клинопироксенитовые комплексы офиолитов нередко содержат рудопроявления и месторождения хромитов. Природа их гетерогенна. Здесь сохранились реликты руд дунит-гарцбургитового комплекса, иногда претерпевшие метаморфизм, сопровождающийся выносом из хромшпинели глинозема и накоплением хрома и окисного железа. Генетически с комплексом связано образование *реакционно-метасоматических руд* оманского типа [4] – рис. 2, сложенные хромшпинелью с повышенными относительно других типов руд концентрациями Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn, Ti. На Урале этот тип руд известен в Первомайском массиве (месторождение Талицкое III).

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 14 «Научные основы эффективного природопользования, развития минерально-сырьевых ресурсов, освоения новых источников природного и техногенного сырья», Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН № 2 «Эволюция литосферы, металлогенетические провинции, эпохи и рудные месторождения: от генетических моделей к прогнозу минеральных ресурсов».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Логинов В.П.* Хромитоносность Кемпирсайского ультраосновного массива на Южном Урале // Хромиты СССР. Т. 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1940. С. 5-197.
2. *Павлов Н.В., Кравченко Г.Г., Чупрынина И.И.* Хромиты Кемпирсайского плутона. М.: Наука. 1969. 177 с.
3. *Самсонов Г.П., Бачин А.П.* Геологическая позиция и хромитоносность Кемпирсайского ультрабазитового массива // Формационное расчленение, генезис и металлогения ультрабазитов. Информационные материалы. Свердловск. 1988. С. 75-89
4. *Arai S., Uesugi J., Ahmed A.H.* Upper crustal podiform chromitite from the northern Oman ophiolite as the stratigraphically shallowest chromitite in ophiolite and its implication for Cr concentration // Contrib. Mineral. Petrol. 2004. V. 147. P. 145-154.