

## Часть 4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

*Д. Е. Савельев<sup>1</sup>, В. Б. Федосеев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> – *Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа  
savl71@mail.ru*

<sup>2</sup> – *Нижегородский государственный университет, г. Нижний Новгород  
vbfedoseev@yandex.ru*

### **О взаимосвязи внутреннего строения и ориентировки тел хромититов в офиолитах**

Массивы ультрамафитов, обнажающиеся на современном эрозионном срезе складчатых областей, обладают рядом специфических черт. Крупные блоки ультраосновных пород (площадью в сотни квадратных километров) имеют холодные тектонические контакты с вмещающими вулканитами, состоят из дробно чередующихся «горизонтов» мощностью от первых сантиметров до сотен метров, сложенных в различных соотношениях двумя-пятью породообразующими минералами без какой-либо геохимической зональности «по разрезу», повсеместно в породах проявлены высокотемпературные деформационные структуры, температурный диапазон становления комплексов в подавляющем большинстве укладывается в интервал 800–1100 °С, отсутствуют реакционные взаимоотношения между породообразующими минералами, а также высокотемпературные минералы, образованные при участии флюидов. Расслоенность пород имеет метаморфическое происхождение и обусловлена различными количественными соотношениями породообразующих минералов: оливина, пироксенов и хромшпинелида. В офиолитовых ультрамафитах отсутствует скрытая расслоенность, т.е. закономерное изменение составов породообразующих минералов по разрезу.

С рассматриваемыми комплексами связаны месторождения хромовых руд, причем рудные тела всегда залегают в дунитах, но отсутствует однозначная связь между количеством дунитов и рудного вещества. Рудные тела вкрапленного строения преимущественно имеют плоскую форму и залегают согласно с сегрегационной полосчатостью окружающих перидотитов и дунитов. Повсеместно в породах и рудах проявлена струйчатость, полосчатость и минеральная уплотненность, чаще с крутыми углами падения. Встречаются рудные скопления самого разного размера: длина варьирует от 1 см до 1 км, мощность от 1 мм до 30 м, характерно наличие постепенных взаимопереходов. Степень концентрации рудных минералов очень изменчива: от 10–15 % хромшпинелидов в бедных рудах до 100 % в сплошных хромитах (здесь также наблюдаются постепенные переходы между крайними типами).

Тела массивных и густовкрапленных хромитов чаще всего залегают несогласно по отношению к структурному плану окружающих перидотитов [Cassard et al., 1981; Кравченко, 1969 и др.]. В последних обычно сохраняется первичная полосчатость и минеральная уплотненность с крутыми углами падения, часто наблюдаются складки течения. Дуниты образуют крупные штокообразные и линзовидные тела, от которых в окружающие перидотиты отходят штокверки менее мощных дунитовых

жил («сетчатый комплекс»). Хромиты образуют тела различной формы: от одиночных жильных и столбообразных небольшой мощности до мощных пологозалегающих линзовидных тел, осложненных многочисленными пережимами и раздувами, а также кругозалегающими апофизами. Преобладают сплошные и густовкрапленные разновидности хромитов. Часто в рудных телах месторождений обоих типов наблюдается текстурно-структурная зональность: от периферии к центру увеличивается густота вкрапленности и размеры зерен рудообразующих хромшпинелидов.

Для объяснения всех рассмотренных выше особенностей строения ультрамафитовых комплексов складчатых областей и связанных с ними месторождений хрома нами была разработана реоморфическая (реститово-метаморфогенная) модель [Савельев и др., 2008; Савельев, Федосеев, 2011; Савельев, 2013 и др.]. Основными тезисами модели являются следующие: 1) массивы ультрамафитов складчатых поясов представляют собой фрагменты в различной степени деплетированного вещества верхней мантии (пиролита), 2) массивы включают в себя две различных по механизму образования ассоциации: рестит, который включает лерцолиты, гарцбургиты, дуниты и хромиты, и продукты кристаллизации расплава, которые представлены габброидами и пироксенитами, 3) формирование состава и структуры лерцолит-гарцбургит-дунитовой ассоциации происходит в результате восходящего движения мантийного диапира, инициируемого декомпрессией, 4) подъем мантийного диапира происходит в режиме вязкого течения, 5) гарцбургиты и дуниты являются не простыми тугоплавкими остатками (реститами) от частичного плавления пиролита, а представляют собой рестит, испытавший реоморфическую дифференциацию в результате вязкого течения в кристаллическом состоянии, 6) агрегаты оливина более податливы по сравнению с агрегатами ортопироксена, что обуславливает их более высокую подвижность в ходе восходящего вязкого течения мантийного диапира, 7) дунитовые тела представляют собой «квазиразломные» зоны верхней мантии, сформированные в режиме вязкого течения, и они трассируют участки максимальной скорости течения вещества, 8) дифференциация вещества более интенсивна в участках с меньшим числом фаз (максимальна в дунитах (ол+хр), относительно высока в гарцбургитах (ол+орх+хр), минимальна в лерцолитах (ол+орх+срх+хр)).

Обоснование перечисленных тезисов содержится в опубликованных ранее работах авторов, а здесь остановимся на одном важном следствии. Реоморфическая модель предполагает, что дифференциация мантийного вещества происходит при вязком течении тектонического потока, и основным параметром, определяющим распределение частиц по участкам с различными скоростями является произведение плотности на объем ( $\rho V$ ) [Савельев, Федосеев, 2011].

В том случае, если каждая частица (минеральное зерно или его часть) перемещаются автономно, должно измениться лишь отношение между различными компонентами в участках потока. Если же частицы образуют агрегаты (скопления, перемещающиеся в потоке «как целое»), то их можно рассматривать как отдельный компонент. В этом случае, когда среда движется относительно агрегата, возникают силы, стремящиеся переориентировать и/или деформировать его таким образом, чтобы минимизировать свободную энергию системы.

Поставленная задача чрезвычайно сложна из-за необходимости учета многих факторов, относительная роль которых пока не совсем ясна. Вместе с тем, на данном этапе исследования можно воспользоваться методом аналогии и сравнить наблюдаемые закономерности строения и ориентировки рудных тел (продукт тектонического потока) с ориентировкой минеральных частиц в водных потоках.

Данные экспериментальной седиментологии свидетельствуют о том, что ориентировка отдельных зерен и их агрегатов (галеков) существенно отличается и зависит от размера, формы частиц и скорости потока. Например, длинные оси отдельных кварцевых зерен направлены преимущественно параллельно течению [Атлас..., 1962], а образованные ими рыхлые скопления ориентированы в плоскости потока. Напротив, для уплощенных галеков характерно расположение длинных осей преимущественно поперек к направлению потока, а наклон их плоских сторон преимущественно направлен против течения [Атлас..., 1962; Хабаков, 1954]. При этом дезинтегрированные (рыхлые) отложения могут рассматриваться как аналоги редковкрапленных хромовых руд, а сцементированные (гальки) – как аналоги массивных хромитов.

Приведенные данные, в целом, соответствуют закономерностям, наблюдаемым для скоплений хромита в дунитах офиолитовой ассоциации, что является еще одним подтверждением справедливости вывода о происхождении офиолитов и связанных с ними месторождений хрома в результате высокотемпературного пластического течения.

### Литература

Атлас текстур и структур осадочных горных пород. Т. 1. Обломочные и глинистые породы. М.: Госгелтехиздат, 1952. 578 с.

Кравченко Г. Г. Роль тектоники при кристаллизации хромитовых руд Кемпирсайского плутона. М.: Наука, 1969. 232 с.

Савельев Д. Е. Реоморфическая модель формирования ультрамафитовых комплексов подвижных поясов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 16. Пермь, 2013. С. 81–88.

Савельев Д. Е., Сначев В. И., Савельева Е. Н., Бажин Е. А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 320 с.

Савельев Д. Е., Федосеев В. Б. Сегрегационный механизм формирования тел хромитов в ультрабазитах складчатых поясов // Руды и металлы. 2011. № 5. С. 35–42.

Хабаков А. В. Наблюдения в областях развития осадочных пород // Методическое руководство по геологической съемке и поискам. М.: Госгеолтехиздат, 1954. С. 68–145.

Cassard D., Nicolas A., Rabinowitch M. et al. Structural classification of chromite pods in Southern New Caledonia // Economic Geology. 1981. Vol. 76. P. 805–831.

**Н. Р. Аюпова<sup>1,2</sup>, С. А. Садыков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс  
ayova@mineralogy.ru*

<sup>2</sup> – *Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе*

### **Изотопный состав углерода в карбонатах из оксидно-железистых металлоносных отложений колчеданных месторождений Урала**

Палеозойские железисто-кремнистые отложения, ассоциирующие с колчеданными месторождениями Урала, сохранили текстурно-структурные и геохимические признаки их гальмиролитического апогиалокластитового и апосульфидного проис-