

ществено различались. ММЕ и в меньшей мере ксенолиты были существенно преобразованы за счет взаимодействия с транспортирующим коровым расплавом, тогда как дайковые базиты в основном сохранили свой исходный состав. Выявленные различия состава флюидов, скорее всего, связаны с особенностями флюидного режима транспортирующего салического расплава. В целом, наличие базитовых включений и комбинированных даек в позднепалеозойских гранитоидах Западного Забайкалья, свидетельствует о синхронности мантийного и корового магматизма. Однако роль базитов в генерации салических магм в каждой конкретной ситуации требует дополнительного изучения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-Сибирь (08-05-98017), РФФИ-МНТИ (06-05-72007), интегративного проекта СО РАН № 37.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патрушева Г.Н., Цыганков А.А. Минералогические особенности меланократовых включений в кварцевых сиенитах Бургасского массива (Западное Забайкалье) // Граниты и эволюция земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов. Улан-Удэ, 2008, С. 286-289.
2. Попов В.С. Смещение магм – важный петрогенетический процесс // Записки ВМО. 1984. Вып. 1. Ч. СХІІІ, С. 229-236.
3. Цыганков А.А., Патрушева Г.Н. Меланократовые включения в кварцевых сиенитах Бургасской интрузии: состав, условия образования // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 6. Томск: Изд-во ТГУ, 2007, с.153-159.
4. Цыганков А.А., Матуков Д.И., Бережная Н. Г.И др. Источники магм и этапы становления поздне-палеозойских гранитоидов Западного Забайкалья // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 156-180.

ПРИРОДА ХРОМИТОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ОФИОЛИТОВЫХ УЛЬТРАБАЗИТАХ

Перевозчиков Б.В.

*Пермский государственный университет, Пермь, Россия
e-mail: olivin@perm.ru*

THE NATURE OF CHROMITE MINERALIZATION IN OPHIOLITE ULTRABASITES

Perevozchikov B.V.

*Perm State University, Perm, Russia
e-mail: olivin@perm.ru*

Essentially new model of chromite mineralization formation in ophiolite ultrabasites is offered. Harzburgite complex with aluminiferous type of chromic ores and dunite-harzburgite complex with high-chromous type of ores were formed in different geodynamic conditions, but they have the close two-phasic mechanism of formation. Harzburgites were formed in restite as the first stage at partial smelting of basalts (normal type of fusion). Zones of plastic-shear deformations appeared together with folding in the second stage. Pressure decline in these zones was the reason of local partial smelting of ore-silicate melts and dunites remained in the refractory rest (abnormal type of fusion). Differential movement of ore-silicate melts in the zones of deformations has come to the end with formation of pyroxenites, gabbro and chromic veins.

На формирование ультрабазитов имеются следующие гипотезы: 1) магматическая; 2) метасоматическая; 3) деплетирования мантийного материала; 4) реакционного взаимодействия базальтов и ультрабазитов мантии. Анализ этих гипотез показывает, что ни одна из них не предлагает реального механизма формирования хромитового оруденения.

Согласно магматической гипотезе, господствующей до 60-70-х годов прошлого века, ультрабазитовые расплавы внедрялись в земную кору, а хромовые руды формировались в результате кристаллизационной дифференциации и ликвации ультрабазитовой магмы. Важно отметить, что представителями магматической школы были получены прямые доказательства инъекций рудных и рудно-силикатных расплавов в ультрабазиты [2].

Метасоматическая гипотеза зародилась на критике положения магматической школы о внедрении ультраосновных магм в земную кору. Каких-либо объективных критериев метасоматического формирования ультрабазитов и хромовых руд данной гипотезой получено не было. В верхней мантии с ее высокими температурами, низким содержанием флюидов и их паробразным состоянием условий для метасоматоза практически нет.

Представления о деплетировании верхней мантии в результате частичного выплавления базальтовых расплавов были заложены А.П. Виноградовым [1] и получили широкое признание, являясь в настоящее время наиболее продуктивными для решения вопросов генезиса офиолитовых ультрабазитов. Данная гипотеза, объясняя формирование ультрабазитов в разных геодинамических обстановках мантии, не решает вопросы образования хромовых руд.

В 90-х годах прошлого века за рубежом зародилась гипотеза реакционного взаимодействия базальтовых расплавов с мантийными перидотитами в условиях надсубдукционной зоны [5, 6]. Согласно этой гипотезе, под воздействием базальтовых расплавов в ультрабазитах сформировался зональный ряд от неистощенных перидотитов на периферии до дунитов в центральной части, образовались жильные и жилоподобные тела пироксенитов, дунитов и хромовых руд. Поражает то, что этой гипотезой на базальтовые расплавы возложена гигантская по энергоемкости работа по преобразованию разреза мантийных ультрабазитов и формированию хромитовых тел и то, что они при этом не потеряли своей подвижности и не сохранились в мантии. Сторонники данной гипотезы сами признают, что многие вопросы остаются открытыми. В частности, способ высвобождения и концентрации хрома и элементов платиновой группы в истощенной мантии и режим их транспортировки [6].

В настоящей работе автором подведены итоги 30-летнего периода изучения хромитонности офиолитовых ультрабазитов. В строении ультрабазитов выделены четыре формационных комплекса: лерцолитовый, гарцбургитовый, дунит-гарцбургитовый и верлит-дунитовый, из которых первично хромитонными являются два – гарцбургитовый и дунит-гарцбургитовый. Лерцолитовый комплекс нехромитонный, а в верлит-дунитовом комплексе наследуется и трансформируется хромитовое оруденение ранних хромитонных комплексов.

Лерцолитовый и гарцбургитовый комплексы являются ранними соответственно в лерцолитовом и гарцбургитовом типах офиолитов. Образование их происходило в процессе частичного выплавления базальтовых расплавов в зонах СОХ или задуговых бассейнов. Разная степень истощения перидотитов двух комплексов объясняется разной скоростью спрединга: низкой при образовании лерцолитового и средней и высокой – гарцбургитового комплексов.

В строении гарцбургитового комплекса выделяются две одновременные ассоциации пород: ранняя – гарцбургиты неистощенные с 20-35% пироксенов с грубой полосчатостью; поздняя – дуниты, клинопироксениты, вебстериты и хромититы глиноземистого типа. Формирование двух ассоциаций произошло в разные стадии с различным характером высокотемпературных деформаций и вещественного преобразования ультрабазитов. В раннюю стадию в условиях пластичного течения лерцолитов мантии и выплавления из них базальтового расплава образовались неистощенные гарцбургиты в качестве тугоплавкого остатка. Такой тип плавления мантийного материала в обстановке благоприятного сочетания температуры и давления можно назвать **нормальным типом плавления**.

В позднюю стадию при повышении вязкости или подъеме гарцбургитов произошло их смятие в крупные желобовидные складки – синформы и развитие линейных зон пластично-сколовых деформаций [3]. Размеры складчатых структур достигают 5-10 км. Пластично-сколовые деформации в приосевых частях и флексурных осложнениях складок образуют ортогональную сеть, согласную с осевыми частями складок, а в крыльевых частях складок – вытянутые линейные зоны. Дуниты, фиксирующие зоны пластично-сколовых деформаций, при пересечении друг с другом не имеют следов разновозрастности. В осевых частях складчатых структур встречаются

ся дунитовые тела размером десятки-сотни метров, редко до 1 км и более, которые образовались при слиянии более мелких тел дунитов. Многочисленные узкие жилы пироксенитов, меньше хромититов окружают более крупные дунитовые тела. Более мощные жильные тела этих пород встречаются в линейных зонах, отходящих от крупных дунитовых тел. Наблюдается несколько генераций жил пироксенитов, смещающих друг друга. Границы жильных тел с гарцбургитами резкие без следов приконтактовых изменений.

Жильные тела дунитов, пироксенитов и хромитовых руд ранее рассматривались как результат метаморфической дифференциации и метасоматоза [4] или реакционного воздействия базальтовых расплавов на ультрабазиты [5]. Следует отметить, что процессы метаморфизма ультрабазитов как в мантийных, так и в коровых условиях изучены достаточно хорошо и выражаются в перекристаллизации, появлении новых минеральных парагенезисов. Образования новых высокотемпературных пород линейной формы и с резкими границами при метаморфизме не происходит. Сторонники формирования жильных тел дунитов, пироксенитов и хромитовых руд в результате реакционного воздействия базальтовых расплавов приводят следующее обоснование [5]. Узкие тела даек дунитов шириной 10 см не могут образоваться в результате частичного плавления, так как для этого требуется, чтобы в узкой зоне поднялась и поддерживалась значительно более высокая температура, что невозможно в закрытой для теплопереноса системе. С этим доводом можно согласиться, но авторы не учли другой реальный путь образования дунитов в качестве рестита при частичном плавлении. Он заключается в понижении давления в зонах пластично-сколовых деформаций, что дает тот же результат, что и повышение температуры. Таким образом, дуниты можно считать тугоплавким остатком, который зафиксировал зоны пластично-сколовых деформаций как штамп. Для линейных тел дунитов, учитывая их происхождение, автор не использует термин «жильные», а называет их «жилоподобными» телами. Данный тип частичного плавления неистощенных гарцбургитов проявился в зонах пластично-сколовых деформаций и был обусловлен локальным снижением давления, поэтому может быть назван **аномальным типом плавления**.

Дунит-гарцбургитовый комплекс образовался по породам гарцбургитового и лерцолитового комплексов в условиях надсубдукционного клина. В его строении выделены две разновременные породные ассоциации, сформированные в разные стадии. Ранняя ассоциация представлена истощенными гарцбургитами с 15-25% пироксенов с характерной грубой полосчатостью и минеральной уплощенностью. Поздняя ассоциация объединяет интенсивно истощенные гарцбургиты с 10-20% пироксенов, дуниты, клинопироксениты, габбро, высокохромистые хромититы. Ранняя ассоциация в строении комплекса имеет подчиненное развитие по сравнению с поздней. Вторая стадия выразилась в смятии ультрабазитов в крупные складки и появлении многочисленных зон сколово-пластичных деформаций. Высокая степень преобразования комплекса может быть обусловлена повышенным содержанием в надсубдукционной зоне флюидов. Крупные складки имеют размеры от нескольких километров до первых десятков километров. Размеры дунитовых тел зависят от размера складчатой структуры и варьируют от десятков, сотен метров до 2-4 км. Количество шлировых, шлирово-полосчатых выделений дунитов в гарцбургитах весьма изменчиво и статистически уменьшается от 30-50% и более вокруг крупных дунитовых тел до первых процентов на удалении. Крупные линейные зоны сколово-пластичных деформаций имеют сложное строение с чередованием полос с разным содержанием полосовидных выделений дунитов. В целом, в центральных частях таких зон содержание дунитовых тел выше (до 30-50%), чем в краевых частях (до 10%). В участках высокой плотности зон сколово-пластичных деформаций процессы деплетирования проявлялись и между зонами деформаций с образованием гарцбургитов с 10-15% Рх. Этим объясняются постепенные переходы между дунитами и гарцбургитами, а также шлировая, шлирово-полосчатая форма мелких дунитовых выделений. Картирование дунит-гарцбургитового комплекса по парагенерациям гарцбургитов с разным содержанием дунитов, предложенное автором еще в 1977 году, позволило в высокой степени детализировать внутреннее строение дунит-гарцбургитового комплекса, выделять зоны, перспективные для локализации хромитовых тел.

Хромитовое оруденение в дунит-гарцбургитовом комплексе относится к высокохромистому типу и делится по густоте вкрапленности хромитовых руд на два основных класса: бедно- и

богатокрапленных руд. Тела бедновкрапленных руд залегают в средних и крупных дунитовых телах. Тела богатокрапленных руд локализуются в зонах сколово-пластичных деформаций, которые иногда врезаются в пределы гарцбургитового и лерцолитового комплексов (Южно-Кемпирсайская группа, Аркашорское на Войкаро-Сынинском массиве).

Ранняя ассоциация дунит-гарцбургитового комплекса образовалась в условиях надсубдукционного клина в процессе частичного плавления неистощенных гарцбургитов и лерцолитов более ранних комплексов (нормальный тип плавления). Формирование поздней ассоциации и связанного с ней хромитового оруденения происходило в позднюю стадию в зонах сколово-пластичных деформаций в процессе локального частичного плавления с образованием в рестите дунитов и рудно-силикатных расплавов (аномальный тип плавления). Дунит-гарцбургитовый комплекс характеризует глубокая степень деплетирования перидотитов и высокохромистый состав аксессуарной и рудной хромшпинели.

Важнейшим вопросом формирования хромовых руд является механизм и место концентрации рудных расплавов в объемах, достаточных для образования крупных рудных тел. В общем виде автором предлагается следующий механизм формирования подиформных хромитовых месторождений. Установлено, что месторождения богатокрапленных руд залегают в зонах пластично-сколовых деформаций, примыкающих к крупным дунитовым телам. Ниже даны примеры месторождений хромовых руд, которые залегают в крупных зонах, примыкающих к крупным дунитовым телам: 1) глиноземистого типа: Лекхойлинское I и II на Войкаро-Сынинском массиве; Лоро, Пилото, Ярей, Мерседита на массиве Моа-Баракоа в Республике Куба и др.; 2) высокохромистого типа: Центральное, Западное на массиве Рай-Из и др. Вероятнее всего, что и рудная зона Южно-Кемпирсайской группы месторождений связана с крупными дунитовыми телами (месторождение Геофизическое XII бедновкрапленных руд залегают в одном из таких тел). В месторождениях, залегающих в одной хромитоносной зоне, густота вкрапленности руд увеличивается с удалением от крупного дунитового тела, к которому зона примыкает. Из приведенных примеров можно сделать вывод, что первоначально рудные расплавы перемещались в сторону дунитовых тел и там концентрировались. В последующем рудные расплавы из дунитовых тел отжимались по зонам сколово-пластичных деформаций, в которых сформировали хромитовые месторождения богатых хромовых руд. Что явилось причиной отжимания хромитовых расплавов из крупных дунитовых тел, пока неясно. Предположительно, это могло быть вызвано двумя причинами: 1) высокой концентрацией флюидов в хромовых рудах, в результате чего рудные расплавы длительный период времени сохраняли высокую подвижность, 2) остывание дунитового тела и сокращение его объемов.

Формирование верлит-дунитового комплекса происходило в верхней мантии на границе с корой в условиях надсубдукционного мантийного клина. Последние данные позволяют связать образование формации с процессами тектонического расслаивания, метаморфизма и деплетирования пород гарцбургитового и дунит-гарцбургитового комплексов под воздействием магматических расплавов габбрового и клинопироксенитового состава. Хромовые руды при этом претерпели интенсивные высокотемпературные метаморфические изменения, перекристаллизацию, повышение железистости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов А.П.* О происхождении вещества земной коры. Сообщение 1 // *Геохимия*. 1961. № 1. С. 3-29.
2. *Кравченко Г.Г.* Роль тектоники при кристаллизации хромитовых руд Кемпирсайского плутона. М.: Наука, 1969. 231 с.
3. *Савельева Г.Н., Щербаков С.А., Денисова Е.А.* Роль высокотемпературных деформаций при формировании дунитовых тел в гарцбургитах // *Геотектоника*. 1980. № 3. С. 16-26.
4. *Чауухин И.С., Вотяков С.Л., Щанова Ю.Л.* Кристаллохимия хромшпинели и окситермобарометрия ультрамафитов складчатых областей. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2007. 310 с.
5. *Kelemen P.B., Dick H.J.B., Quick J.E.* Formation of harzburgite by pervasive melt/rock reaction on the upper mantle // *Nature*. 1992. V. 358. P. 635-641.
6. *Melcher F., Grum W., Thalhammer T.V., Thalhammer O.A.R.* The giant chromite deposits at Kempirsai, Urals: constraints from trace element (PGE, REE) and isotope data // *Mineralium Deposita*. 1999. V. 34. P. 250-272.