

## **Ультрамафитовые пояса Южного Урала: минералогия, геохимия, рудоносность**

В геологическом строении складчатого пояса Южного Урала ультраосновные породы играют важную роль, а слагаемые ими массивы занимают площадь около 10000 км<sup>2</sup>. Тела ультрамафитов образуют несколько параллельных субмеридиональных поясов (рис.). Крайнее западное положение занимает Медногорско-Кракинский пояс (пояс 1), а в районе Хабарнинского массива происходит его сочленение с Главным ультрамафитовым поясом Южного Урала (пояс 2). Он является наиболее протяженным, разделяет палеоконтинентальный и палеоокеанический секторы и традиционно именуется зоной Главного Уральского разлома (ГУР). Следующий к востоку пояс ультрамафитов протягивается от широты г. Миасс до пос. Кацбахский на юге и часто называется Миасс-Куликовским (пояс 3). Далее следует Казбаевский пояс (пояс 4), восточнее которого ультрамафиты встречаются только в южной части рассматриваемого региона и при дальнейшем описании выделяются в Зауральский пояс (пояс 5). Кроме того, вне упомянутых выше поясов небольшие тела ультрамафитов встречаются внутри узких зон, сложенных метаморфическими комплексами: Уралтау, Уфалейским, Ильменогорско-Вишневогорским.

Ультрамафитовые массивы можно разделить на две большие группы по форме, размерам и составу пород. Первая включает в себя сильно вытянутые в меридиональном направлении узкие тела нацело серпентинизированных ультрамафитов, рассланцованных и милонитизированных, часто в них практически не обнаруживается реликтов первичных пород. Другую группу образуют менее распространенные крупные массивы, имеющие обычно изометричную или слегка удлиненную форму в плане, значительную вертикальную мощность (до 6–8 км), сложены они, как правило, частично серпентинизированными первичными ультрамафитами либо серпентинитами с псевдоморфной петельчатой структурой. Контакты массивов этого типа с вмещающими породами повсеместно тектонические и трассируются обычно узкими зонами рассланцованных серпентинитов.

Наиболее крупными массивами Южного Урала являются Крака (пояс 1), Кемпирсайский, Миндякский, Нуралинский, Калканский (пояс 2), Варшавский, Татищевский (пояс 4), Аккаргинский (пояс 5). Значительные объемы реликтовых первичных ультрамафитов встречаются только на массивах первых двух поясов; породы Варшавского и Татищевского массивов полностью переработаны в антигоритовые серпентиниты, а Аккаргинский массив полностью сложен лизардитовыми и хризотилowymi апоперидотитовыми серпентинитами с псевдоморфными структурами. Минералого-геохимическая зональность ультрамафитов различных поясов Южного Урала наиболее отчетливо выражается в трех показателях: 1) составе аксессуарных хромшпинелидов первичных ультрамафитов, 2) содержании РЗЭ в породах и 3) интенсивности проявления метаморфических преобразований (типе и интенсивности серпентинизации).

По составу реликтовых аксессуарных шпинелидов из перидотитов реститового комплекса устанавливается четкая зональность [Савельев, 2013]. Наименее хромистые шпинелиды встречаются в лерцолитах из массивов западной части региона – массивах Крака (пояс 1), Нурали, Миндяк (западная часть пояса 2). Этот показатель повышается в массивах восточной части зоны ГУР (2), достигая максимальных значений в мелких телах Миасс-Куликовского по-

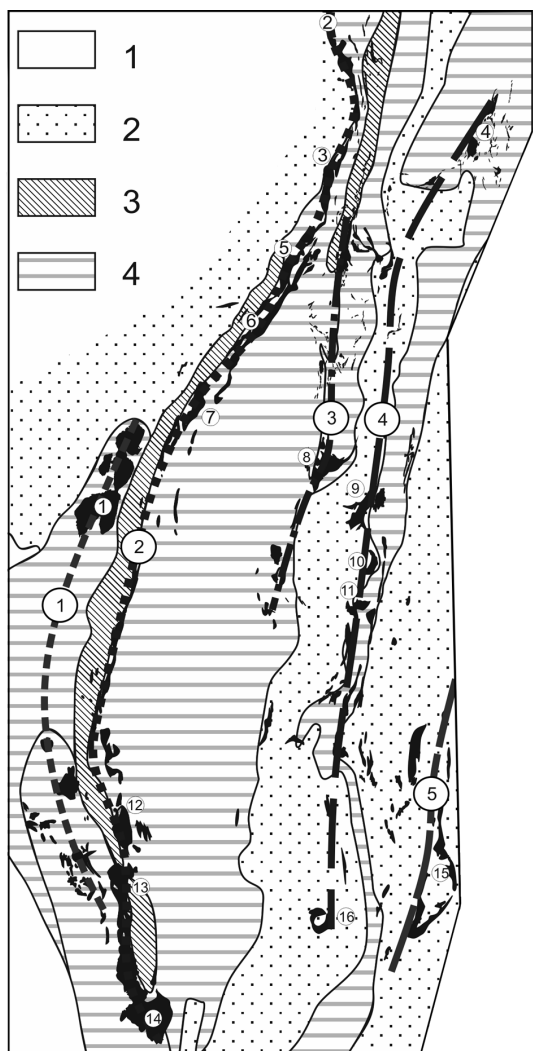


Рис. Схема расположения ультрамафитовых поясов на Южном Урале. По [Савельев, 2013] с изменениями.

1 – отложения чехла Восточно-Европейской платформы; 2 – комплексы палеоконтинентального типа; 3 – метаморфические комплексы; 4 – комплексы палеобассейнов. Арабскими цифрами обозначены наиболее крупные массивы: 1 – Крака; 2 – Уфалейский; 3 – Таловский; 4 – Муслумовский; 5 – Нуралинский; 6 – Калканский; 7 – Миндякский; 8 – Куликовский; 9 – Татищевский; 10 – Верблюжьегорский; 11 – Варшавский; 12 – Халиловский; 13 – Хабарнинский; 14 – Кемпирсайский; 15 – Аккаргинский; 16 – Киямбайский.

яса (3), и вновь несколько снижается в ультрамафитах Казбаевского (4) и Зауральского (5) поясов. Уникально хромитоносный Кемпирсайский массив отличается значительным диапазоном состава хромшпинелидов. Акцессорные шпинелиды из перидотитов и дунитов по составу соответствуют таковым из массивов западной части Южного Урала.

Анализ распределения в ультрамафитах РЗЭ показал, что не все лантаноиды обладают одинаковой информативностью для целей сопоставления. Например, для легких РЗЭ и Eu характерны значительные вариации содержаний в близких по петрохимическому и минеральному составу породах в пределах одного и того же массива. Природа повышенных содержаний легких РЗЭ в реститах связывается с многократным деплетированием, метасоматической проработкой пород [Магматические..., 1988] и серпентинизацией [Леснов, 2007].

Изучение распределения РЗЭ в ультрамафитах Южного Урала свидетельствует скорее о вторичной природе значительных вариаций в содержаниях РЗЭ ряда La–Nd [Савельев, 2012].

Таким образом, использование данных по легким РЗЭ, а также по суммарному содержанию РЗЭ в реститах следует проводить весьма осторожно. Наиболее устойчивым поведением в ультраосновных породах характеризуются средние и тяжелые РЗЭ [Леснов, 2007]. Вместе с тем, содержания элементов ряда Dy–Lu, нормированные по хондриту, в большинстве массивов изменяются незначительно, а наибольшие различия связаны с углом наклона кривой распределения, который обусловлен отношением  $Sm_N/Lu_N$ . Поэтому для сопоставления мантийных реститов выбрано отношение содержания в породах Sm к его концентрации в хондрите C1 ( $Sm_N$ ). Наиболее высокие значения  $Sm_N$  (>0.6) установлены в ультрамафитах северо-западной части территории (массивы Крака, Миндяк, Нурали, Таловский, Бурангуловский), к юго-востоку содержание РЗЭ снижается. Минимальные значения  $Sm_N$  (менее 0.4) характерны для пород Абзаковского, Юлдашевского, Халиловского, Хабарнинского и Акзигитовского массивов.

Наименьшая интенсивность процессов серпентинизации характерна для массивов западной части складчатого пояса (Крака, Нурали, Халиловский, Хабарнинский и Кемпирсайский), где преимущественным распространением пользуются низкотемпературные лизардит и хризотил. На востоке Южного Урала низкая и умеренная интенсивность серпентинизации зафиксирована в массивах Кунашакской площади – Муслумовском и Касаргинском; судя по литературным данным, тот же уровень этого показателя характерен для Шевченковского и Джетыгаринского массивов [Варлаков, 1986]. Переходные значения между умеренно-высокой и высокой интенсивностью характерны для ряда массивов, относительно удаленных от крупных палеоконтинентальных докембрийских блоков и крупных гранитных массивов (Куликовский, Наследницкий массивы). Здесь наряду с хризотиловыми встречаются также и антигоритовые серпентиниты.

В северной части зоны ГУР интенсивность серпентинизации растет с приближением к области его сужения между двумя палеоконтинентальными блоками – Уфалейским и Вишневогорско-Ильменогорским [Бажин и др., 2010]. Высокая интенсивность метаморфических преобразований отмечается в массивах Казбаевского пояса, обрамляющих с востока Джабыкский гранитно-метаморфический блок (Татищевском, Варшавском, Верблюжьегорском, Успенском). Породообразующим минералом в упомянутых массивах является антигорит. В антигоритовой фации серпентинизировано большинство массивов, расположенных внутри зоны Уралтау, Уфалейского и Вишневогорско-Ильменогорского метаморфических комплексов. Отдельные массивы этих структурно-формационных зон регенерированы с образованием вторичных энстатит-оливиновых пород [Варлаков и др., 1998], что говорит о высоких значениях температур и давлений при метаморфизме.

В юго-восточной части Южного Урала антигоритизация характерна для Кiemбайского массива [Варлаков, 1978], который заключен между докембрийскими блоками, насыщенными гранитоидными интрузиями. Расположенные восточнее Буруктальский и Аккаргинский массивы сложены лизардитовыми и хризотиловыми серпентинитами.

Ультрамафитовые массивы характеризуются крайне неравномерным распределением минеральных ресурсов, основными из которых являются хромититы. Максимальная хромитоносность связана с юго-западной частью региона, где расположен Кемпирсайский массив с уникальными залежами высокосортных подиформных хромититов. Общие запасы руд, сосредоточенные в месторождениях Главного рудного поля в юго-восточной части массива, составляют более 300 млн т. Содержание  $Cr_2O_3$  в рудообразующих хромшпинелидах составляет 58–64 мас. %. В северной и западной частях массива встречаются многочисленные небольшие залежи глиноземистых руд (Степнинское, Батамшинское рудные поля).

Второстепенное промышленное значение имеют месторождения массивов зоны ГУР (Уфалейского, Халиловского, Хабарнинского), Казбаевского (Татищевского, Верблюжьегорского, Варшавского), Зауральского (Аккаргинского) и Медногорско-Кракинского (Крака) поясов. В северной части зоны ГУР небольшие залежи хромититов известны в пределах Таловского, Иткульского, Нуралинского массивов.

Наряду с типично подиформными месторождениями, которые сложены массивными хромититами и отделяются от перидотитов тонкой дунитовой оторочкой, на некоторых массивах широко распространены месторождения вкрапленных руд в мощных дунитовых зонах вблизи границы мантийной и коровой частей разреза офиолитовых комплексов. Наиболее типичны такие месторождения для массивов Крака, Иткульского, Нуралинского, Хабарнинского. Все они сложены высокохромистыми шпинелидами (50–65 мас. %  $Cr_2O_3$ ).

Таким образом, на основе изучения минералого-геохимических особенностей ультрамафитов предполагается следующая геодинамическая интерпретация условий их образования: наименее истощенные ультрамафиты западных поясов представляют собой фрагменты

верхней мантии пассивной окраины и окраинно-континентального рифта; вдоль границ Магнитогорской мегазоны распространены сильно истощенные перидотиты, соответствующие рестидам основания островных дуг; массивы восточных поясов обладают преимущественно среднехромистыми составами акцессорных шпинелидов, что указывает, по-видимому, на образование их в верхней мантии задугового бассейна.

С запада на восток усиливается интенсивность проявления коровых метаморфических процессов: главными минералами серпентиновой группы в массивах Кракинского пояса и зоны ГУР являются низкотемпературные lizardit и хризотил, а большая часть массивов восточных поясов сложены антигоритом. Наибольшая интенсивность метаморфических преобразований установлена в ультрамафитах, которые расположены 1) внутри древних метаморфических комплексов, 2) в узких зонах между крупными гранитно-метаморфическими блоками, 3) вблизи крупных палеоконтинентальных блоков, насыщенных интрузиями гранитоидов, и 4) вблизи крупных интрузий гранитов.

*Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме № 0246–2019–0078.*

## Литература

*Бажин Е.А., Савельев Д.Е., Сначев В.И.* Габбро-гипербазитовые комплексы зоны сочленения Магнитогорской и Тагильской мегазон: строение и условия формирования. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 244 с.

*Варлаков А.С.* Петрография, петрохимия и геохимия гипербазитов Оренбургского Урала. М.: Наука, 1978. 240 с.

*Варлаков А.С.* Петрология процессов серпентинизации гипербазитов складчатых областей. Свердловск, 1986. 224 с.

*Варлаков А.С., Кузнецов Г.П., Кораблев Г.Г., Муркин В.П.* Гипербазиты Вишневогорско-Ильменогорского метаморфического комплекса (Южный Урал). Миасс, 1998. 195 с.

*Леснов Ф.П.* Редкоземельные элементы в ультрамафитовых и мафитовых породах и их минералах. Кн. 1. Главные типы пород. Породообразующие минералы. Новосибирск: Гео, 2007. 403 с.

Магматические горные породы. Т. 5. Ультраосновные породы / под ред. Е.В. Шаркова. М.: Наука, 1988. 508 с.

*Савельев Д.Е.* Хромитоносность гипербазитовых массивов Южного Урала. Дис. д-ра геол.-мин. наук. Уфа, 2012. 410 с.

*Савельев Д.Е.* Состав акцессорных хромшпинелидов из ультрабазитов Южного Урала как отражение геодинамической обстановки формирования массивов // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 1. С. 17–25.

***В.А. Симонов<sup>1,2,3</sup>, А.В. Котляров<sup>1,3</sup>***

*<sup>1</sup> – Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск  
simonov@igm.nsc.ru, kotlyarov@igm.nsc.ru*

*<sup>2</sup> – Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*

*<sup>3</sup> – Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань*

## **Особенности формирования палеозойских палеоокеанических клинопироксенсодержащих ультрамафитовых комплексов Западной Сибири**

Большинство ультрабазитов Западной Сибири представляют собой дунит-гарцбургитовый комплекс офиолитовых ассоциаций [Иванов и др., 2007; Симонов и др., 2012] и при-