

сферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)». Иркутск: ИЗК СО РАН, 2016. С. 236–240.

*Рахимов И. Р., Вишневецкий А. В., Владимиров А. Г., Савельев Д. Е., Пучков В. Н., Салихов Д. Н.* Первые находки минералов платины и палладия в сульфидных рудах худолазовского интрузивного комплекса (Южный Урал) // Доклады Академии наук. 2018. Т. 479. № 5. С. 542–545.

*Салихов Д. Н., Беликова Г. И., Пучков В. Н., Эрнст Р., Седерлунд У., Камо С., Рахимов И. Р., Холоднов В. В.* Никеленосный интрузивный комплекс на Южном Урале // Литосфера. 2012. № 6. С. 66–72.

*Спирidonov Э. М., Кулагов Э. А., Серова А. А., Куликова И. М., Коротаева Н. Н., Серода Е. В., Тушенцова И. Н., Беляков С. Н., Жуков Н. Н.* Генетическая минералогия Pd, Pt, Au, Ag, Rh в норильских сульфидных рудах // Геология рудных месторождений. 2015. № 5. С. 445–476.

*Субботин В. В., Корчагин А. У., Савченко Е. Э.* Платинометаллическая минерализация Федорово-Панского рудного узла: типы оруденения, минеральный состав, особенности генезиса // Вестник КНЦ РАН. 2012. № 1. С. 55–66.

*Шарков Е. В., Чистяков А. В.* Геолого-петрологические аспекты ЭПГ-Cu-Ni-оруденения в раннепалеопротерозойском Мончегорском расслоенном мафит-ультрамафитовом комплексе (Кольский полуостров) // Геология рудных месторождений. 2014. № 3. С. 171–194.

**Я. Н. Нугуманова<sup>1, 2</sup>, Р. А. Гатауллин<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup> – *Башкирский государственный университет, г. Уфа  
jazgul-ice@yandex.ru*

<sup>2</sup> – *Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа*

### **Петрографические и минералого-геохимические особенности ультрамафитов Узянского Крака (Южный Урал) (научный руководитель д.г.-м.н. Д. Е. Савельев)**

Цель работы – выявление минералого-геохимических и структурных особенностей ультрамафитов массива Узянский Крак. Основными задачами исследования являются определение минерального состава пород, характера рудной минерализации и последовательности минералообразования. Актуальность работы обусловлена проблемой установления закономерностей размещения хромитовых руд внутри офиолитовых комплексов. Изучение состава пород и стадийности их образования позволит восстановить условия рудообразования, что облегчит поиски промышленных месторождений.

Наибольший интерес к ультраосновным породам на Южном Урале был проявлен в 20–30-е гг. XX века в связи с поисками хромитов, потребность в которых ощущалась особенно остро из-за бурного развития черной металлургии. В это время в регионе проводились широкомасштабные поиски хромитовых руд, сопровождавшиеся академическими исследованиями. Поисковые работы на хромиты в 1930-е гг. на массивах Крака проводились трестами «Башхромит» и «Союзхромит». Открытие и изучение большинства хромитовых месторождений и хромитопроявлений сделано именно в этот период и связано с именами И. С. Бурдюгова, Н. П. Спорова, С. Ф. Тиховидова, П. Г. Фарафонтьева. Позднее поисковые и геолого-съемочные работы на массивах предпринимались в 1970-е гг. (Е. А. Шумихин, В. В. Радченко и др.), а также в 1990–2000-е гг. (В. И. Сначев, Д. Е. Савельев и др.).

Офиолитовые массивы Крака расположены на северном замыкании Зилаирского мегасинклиория. Это четыре изометричных в плане тела общей площадью порядка 900 км<sup>2</sup>, разделенных полями вулканогенно-осадочных толщ палеозоя. С севера на юг выделяют Северный, Средний, Узьянский и Южный Крака.

Массив Узьянский Крака расположен западнее массива Средний Крака и огражден практически со всех сторон реками Белой, Узьян, Черной и Сухоляд. По площади он является наименьшим (около 45 км<sup>2</sup>) и на 75 % сложен породами дунит-гарцбургитового комплекса, на 20–25 % – краевыми серпентинитами. В целом, серпентинизация проявлена довольно значительно: от 100 % в краевых серпентинитах до 80–25 % в породах дунит-гарцбургитового комплекса. Узьянский Крака, в основном, сложен шпинелевыми перидотитами с подчиненными телами дунитов, незначительным распространением в пределах массива пользуются также небольшие тела пироксенитов и габброидов [Савельев и др., 2008]. Перидотиты представлены выветрелыми породами коричневого цвета, иногда с зеленым оттенком. Основная масса сложена оливином. На коричневато-бурой корке выветривания наблюдаются таблитчатые зерна ортопироксена с характерным перламутровым блеском, также встречаются небольшие зерна хромшпинелида.

При изучении пород под микроскопом определен следующий минеральный состав перидотитов (об. %): оливин 30, моноклинный пироксен до 5, ромбический пироксен 3, хромшпинелид 5; вторичные минералы представлены серпентином (от 14 до 100), магнетитом (5), тальком (1).

Оливин является главным породообразующим минералом ультрамафитов дунит-гарцбургитовой ассоциации. Минерал представлен субидiomорфными зернами размером от 0.10 до 1.98 мм. В шлифе бесцветный, с высоким рельефом. По трещинам замещен серпентином, который образует переплетающиеся полосы в виде овалов и петель. Кроме серпентина по этим же трещинкам развиваются пылеватые и небольшие скопления магнетита. По химическому составу оливин приближается к чистой магнезиальной разновидности – форстериту (содержание минала составляет 90–93 %).

Пироксен встречается в виде таблитчатых и призматических кристаллов размером 0.5–2.0 мм. В отдельных крупных зернах отмечается начальная стадия разориентировки блоков, выраженная в неоднородном их погасании, внутри них часто развиты закономерные вроски (ламели) моноклинного пироксена. Ортопироксен присутствует в виде таблитчатых зерен и удлиненных их фрагментов размером 0.6–1.2 мм. Зерна ортопироксена по трещинам замещены тальком и серпентином. По химическому составу ортопироксен соответствует энстатиту и характеризуется низким содержанием железа. Клинопироксен в перидотитах наблюдается в виде мелких неправильных зерен размером 0.15–0.33 мм; в шлифах бесцветен. По химическому составу пироксен соответствует диопсиду, характеризуется высокими концентрациями магния и кальция, и низкими – железа. Вторичные изменения пироксенов проявлены в образовании баститовых псевдоморфоз, в большей степени это характерно для ортопироксена.

Хромшпинелид является типичным аксессуарным минералом ультрамафитов. Размер зерен варьирует в пределах 0.04–1.98 мм. Для хромшпинелидов характерны ксеноморфные, скелетные зерна, иногда их зерна вытянуты в виде прожилков и струек в оливиновом матриксе.

Средний химический состав хромшпинелидов приведен в таблице, а на рисунке представлены тройная диаграмма для трехвалентных катионов (Al, Cr, Fe<sup>3+</sup>) и бинарная – для двухвалентных катионов (Mg, Fe<sup>2+</sup>), входящих в состав хромшпинелидов. Для их построения были вычислены важные параметры хромшпинелидов: Cr# = Cr/(Cr+Al+Fe<sup>3+</sup>) (хромистость) и Mg# = Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>) (магнезиальность) в атомных количествах.

Из тройной диаграммы следует, что образцы характеризуются малым содержанием трехвалентного железа (<0.2 к. ф.), поскольку все фигуративные точки расположены вдоль стороны Cr–Al.

Хромшпинелиды обладают различной морфологией и поведением в проходящем свете. В большей части образцов ксеноморфные зерна хорошо просвечивают в красновато-оранжевых тонах (обр. УК-1825, УК-1827), а зерна переходной морфологии

Т а б л и ц а

**Средний химический состав аксессуарных хромшпинелидов из ультрамафитов массива Узьянский Крака (мас. %)**

№ обр.	УК-1841	УК-1807	УК-1827	УК-1825	УК-1832	УК-1842
n	7	6	2	4	4	11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.43	34.71	31.78	31.06	52.00	40.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.78	33.38	37.38	37.60	14.21	27.69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.71	2.67	1.00	1.50	5.00	2.36
FeO	14.77	14.05	13.60	14.26	17.57	15.22
MgO	14.95	15.19	16.08	15.45	10.88	13.85
TiO <sub>2</sub>	–	–	–	0.06	0.26	0.29
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	–	0.16	0.07	0.08	0.09
ZnO	0.14	–	–	–	0.12	–
Сумма	99.79	100.00	100.00	100.00	100.12	100.00
<i>Формульные коэффициенты, рассчитаны на 3 катиона</i>						
Cr	0.741	0.799	0.715	0.702	1.328	0.960
Al	1.218	1.143	1.254	1.265	0.541	0.977
Fe <sup>3+</sup>	0.037	0.058	0.021	0.032	0.122	0.053
Fe <sup>2+</sup>	0.357	0.342	0.324	0.341	0.475	0.382
Mg	0.644	0.658	0.682	0.657	0.524	0.618
Ti	–	–	–	0.001	0.006	0.007
V	–	–	0.004	0.002	0.002	0.002
Zn	0.003	–	–	–	0.003	–
#Cr	0.378	0.411	0.363	0.357	0.710	0.496
#Mg	0.643	0.658	0.678	0.659	0.525	0.618

Примечание: n – число анализов; прочерк – содержание элемента ниже предела обнаружения; двух- и трехвалентное железо разделено согласно стехиометрическим соотношениям.

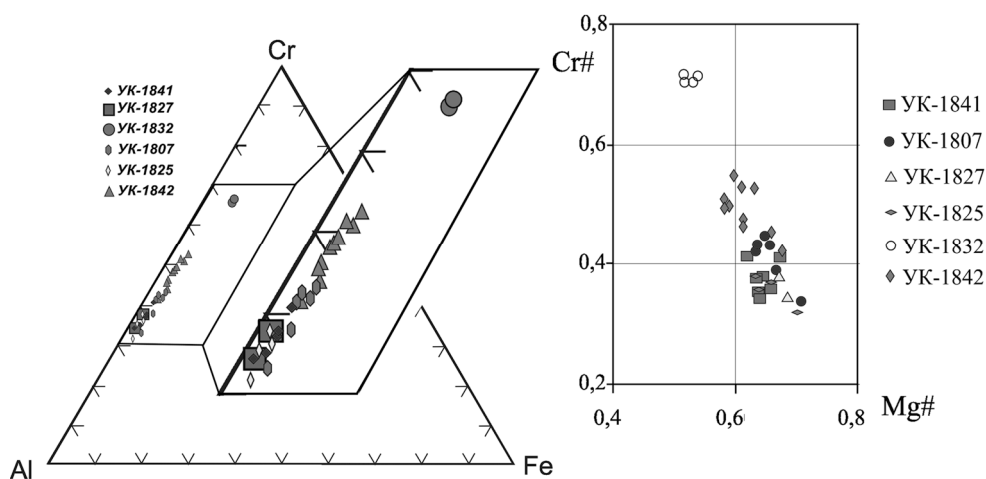


Рис. Диаграммы Al–Cr–Fe<sup>+3</sup> и Mg#–Cr# для аксессуарных хромшпинелидов из ультрамафитов Узянского Крака.

от ксено- к гипидиоморфным окрашены в густо-коричневые цвета (обр. УК-1807, УК-1841, УК-1842). Хромшпинелиды обладают повышенным содержанием алюминия по сравнению с хромом (Cr# 0.30–0.45). В хромшпинелидах из обр. Ук-1842 повышена концентрация хрома (Cr# 0.40–0.55). Меньшая часть зерен (обр. УК-1832) просвечивает красно-коричневым цветом или не просвечивает. Для таких хромшпинелидов установлено резко повышенное отношение Cr/Al (Cr# 0.7). Таким образом, сопоставление петрографических наблюдений и состава позволяет сказать, что наиболее хорошо просвечивающие зерна содержат большее количество алюминия и, следовательно, меньше хрома.

На тройной диаграмме проявлен четкий тренд увеличения хромистости шпинелидов от перидотитов к дунитам и незначительное увеличение в этом же направлении содержания трехвалентного железа. Наблюдается также разрыв в содержании хрома между дунитом образца Ук-1832 и остальными образцами. Такой разрыв характерен для офиолитовых массивов Крака [Saveliev, Blinov, 2017]. На бинарной диаграмме в координатах Mg#–Cr# также наблюдается отчетливый тренд уменьшения магнезиальности минералов с увеличением хромистости. Отношение концентрации железа к магнию во всех образцах меньше 1. Наиболее магнезиальными являются самые глиноземистые шпинелиды из перидотитов (Mg# 0.7–0.8), а наиболее железистыми – минералы с повышенной хромистостью из дунитов образца УК-1832 (Mg# 0.55).

Таким образом, изученный массив почти полностью сложен породами ряда лерцолит-гарцбургит-дунит и по составу сходен с типичными мантийными разрезами офиолитовых ассоциаций. Основными породообразующими минералами являются высокомагнезиальный оливин, ромбические и моноклинные пироксены с низким содержанием железа. Все породообразующие минералы изученных ультрамафитов обнаруживают признаки пластической деформации, выраженной в разориентации блоков первично единых кристаллов, изгибе элементов строения кристаллов (трещины спайности и др.) и образовании кинк-бандов. Хромшпинелиды характеризуются

низким содержанием  $Fe^{+3}$ . Имеется значительный разброс состава трехвалентной составляющей по оси Cr–Al и значительный разрыв в содержании хрома между дунитами и гарцбургитами. Выявлена прямая пропорциональная зависимость между содержанием в хромшпинелиде хрома и железа.

*Авторы благодарят И. И. Мусабилова и С. Н. Сергеева за электронно-микроскопические исследования минералов, которые проведены на базе ЦКП ИПСМ РАН «Структурные и физико-механические исследования материалов». Исследования выполнены в рамках темы госзадания «Рудоносность ультрамафитовой и черносланцевой формаций северной части Магнитогорской мегазоны».*

### Литература

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

*Saveliev D. E., Blinov I. A.* Compositional variations of chrome spinels in the ore-bearing zones of the Kraka ophiolite and the chromitite origin // Вестник Пермского университета. Геология. 2017. Т. 16. № 2. С. 130–156.

***Е. Н. Щеголева, А. И. Чернышов***

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
г. Томск  
catti96@sibmail.com*

### **Петрографические и геохимические особенности ультрамафитов Мончегорского плутона (Карелия)**

Объектом исследования являются ультрамафиты Мончегорского ультрамафитового массива, который расположен в центре Кольского полуострова [Расслоенные..., 2004; Шарков, 2006; Шарков, Чистяков, 2014]. Цель настоящего исследования – выявление петрографической и геохимической неоднородности ультрамафитов массива. Для достижения поставленной цели проводилось детальное петрографическое изучение ультрамафитов. Выявлялись геохимические особенности ультрамафитов по результатам ИСП-МС анализа, выполненного в центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» при Томском государственном университете. При выполнении работы использовались образцы ультрамафитов, любезно предоставленные д.г.-м.н. В. Ф. Смолкиным (Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты).

В результате детального петрографического изучения проведена типизация ультрамафитов и выделены их главные разновидности: среднезернистые плагиодуниты, плагиогарцбургиты, плагиоверлиты и плагиолерцолиты. Отличительная особенность пород – наличие кумулятивной структуры, которая является признаком их магматического происхождения [Уэджер, Браун, 1970]. Ультрамафиты характеризуются следующим составом (рис. 1):

- плагиодуниты – оливин (90 %), плагиоклаз (10 %) и хромшпинелиды (до 1 %);