

Интерпретация геохимических данных: учебное пособие / Под ред. Е. В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.

Кокс К. Г., Белл Дж. Д., Панкхерст Р. Дж. Интерпретация изверженных пород. М.: Недра, 1982. 414 с.

Кузьмичев А. Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. М.: Пробел-2000, 2004. 192 с.

Хубанов В. Б., Врублевская Т. Т., Цыренов Б. Ц, Цыганков А. А. Процессы фракционной кристаллизации и смешения магм в формировании трахибазальт-трахитовой бимодальной серии Мало-Хамардабанской вулcano-тектонической структуры, юго-западное Забайкалье // Петрология. 2015. Т. 3. № 5. С. 490–520.

Mohr P. A. Ethiopian rift and plateaus some volcanic petrochemical differences // Journal of Geophysical Research. 1971. Vol. 76. № 8. P. 45–77.

**Е. В. Кислов<sup>1, 2</sup>, В. С. Каменецкий<sup>3, 4</sup>, А. В. Малышев<sup>1</sup>, В. В. Вантеев<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup> – Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ  
evg-kislov@ya.ru

<sup>2</sup> – Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

<sup>3</sup> – Университет Тасмании, г. Хобарт

<sup>4</sup> – Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка

### **Маринкин ультрамафит-мафитовый массив (Средне-Витимская горная страна): специфика образования оруденения**

Маринкин дунит-троктолит-габбровый массив находится в бассейне руч. Маринкин в правом борту р. Тулдуень (левый приток р. Витим) выше устья р. Ирокинда. Массив закартирован Г. А. Кибановым в 1961–63 гг. В 1964 г. при геологической съемке 1:50 000 В. С. Косинов отметил в нем вкрапленность сульфидов и хромититы. В 1968 г. были описаны интрузивное тело и зоны медно-никелевого оруденения [Прудовский, Грудинин, 1972]. Впоследствии изучалась, в основном, петрология плутона [Балькин и др., 1986; Конников, 1986; Цыганков, 2005; Кислов и др., 2009; Kislov et al., 2009]. По данным Sm-Nd метода возраст интрузива составляет 825±12 млн лет [Изох и др., 1998]. Вмещающие граниты близки плагиогранитам руч. Кривой с возрастом 815 млн лет [Рыцк и др., 2001], ранее относимым к муйскому габбро-диорит-плагиогранитному комплексу.

Вдоль длинной оси СЗ направления (320–330°) плутон прослеживается на 5.5 км. Максимальная ширина в СЗ части составляет 4 км, в средней – 2 км; площадь – 11 км<sup>2</sup>. Врез руч. Маринкин полностью вскрывает массив по вертикали на 700 м: в русле обнажаются метаморфизованные основные эффузивы. Массив концентрически-зональный. Дуниты и плагиодуниты слагают ядро в форме эллипса площадью 2 км<sup>2</sup>. По ним развиваются серпентиниты и серпентин-актинолитовые породы. Габбро и троктолиты практически повсеместно замещены цоизитовыми, цоизит- и сосюрит-актинолитовыми породами. Ультраосновные и основные породы связаны взаимными переходами и считаются внутрикамерными дифференциатами.

Минералы имеют достаточно постоянный состав: оливин – хризолит (f = 9–16.3 %); плагиоклаз – битовнит, реже анортит (An<sub>70–94</sub>); клинопироксен – субкальцие-

вый низкоглиноземистый высокомагнезиальный авгит ( $f = 13\text{--}23\%$ ); ортопироксен – алюмобронзит ( $f = 16.2\%$ ); амфибол – низкотитанистая роговая обманка ( $f = 19\%$ ); содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в хромшпинелидах составляет  $19\text{--}32\%$  [Балыкин и др., 1986].

Маринкин массив отнесен к островодужной ассоциации [Цыганков, 2005]. Спектры РЗЭ сходны с таковыми других островодужных массивов (Аккермановский, Кирпичнинский, Гальмознанский, Лукиндинский, Мунилканский, Нуралинский, Платиноносный пояс Урала). Массив сформировался в неопротерозойский этап ультрамафит-мафитового магматизма юго-восточного складчатого обрамления Сибирской платформы, связанный с формированием Байкало-Муйского океанического бассейна Палеоазиатского океана и Келянской островодужной системы.

Медно-никелевое сульфидное оруденение локализуется в ядре массива. Отмечена как площадная рассеянная вкрапленность, так и линейные зоны прожилково-вкрапленной минерализации. Рассеянная вкрапленность преимущественно пирротина и пентландита характерна для всех пород. Количество сульфидов обычно не превышает  $0.5\text{--}1\%$ . Характерны мелкие зерна пентландита и троилита, реже мономинеральные. Отмечены мелкие каплевидные включения сульфидов в оливине.

Были вскрыты две зоны гнездово-вкрапленного оруденения СЗ простирания размером  $100 \times 500$  и  $100 \times 750$  м [Прудовский, Грудинин, 1972]. Максимальные содержания составляют: Ni до  $0.6\%$ , Co –  $0.08\%$ , Cu –  $0.15\%$ . В брекчированных породах содержание сульфидов превышает  $10\%$ , наблюдаются ветвистые прожилки длиной до  $10\text{--}15$  см и шириной  $0.1\text{--}0.2$  см и маломощные линзы сульфидов длиной до  $1.0\text{--}1.5$  см с вкрапленниками сульфидов размером  $0.5\text{--}2.0$  мм, реже  $2\text{--}4$  мм. В минеральном составе преобладают пирротин и пентландит, реже встречается халькопирит, часто – хромит и магнетит, второстепенные минералы – халькозин и виоларит.

Нами был проанализирован изотопный состав серы монофракций пирита из вмещающих амфиболитов из вреза руч. Маринкин в центральной части интрузива и проба пентландита и троилита из дунита центральной части ультрамафитового ядра (табл.).

Изотопные отношения серы сульфидов интрузивных и вмещающих пород изменяются в узких пределах, что свидетельствует об однородности источника серы. Отношения незначительно тяжелее метеоритного стандарта, что соответствует ее мантийному происхождению. Сера могла быть привнесена во вмещающую толщу из магмы. Нельзя исключать и ассимиляцию серы магмой из вмещающей толщи, чему противоречит исходно эффузивное происхождение амфиболитов.

Т а б л и ц а

**Изотопный состав серы сульфидов интрузивных и вмещающих пород Маринкина массива**

№ образца	Минерал	Порода	$\delta^{34}\text{S}$ , ‰ (CDT)
М-13/1-08	Пирит	Амфиболит	2.2
М-13/2-08	Пирит	Амфиболит	1.4
М-8/1-08, М-8/2-08	Пентландит, троилит	Дунит	1.6

**Примечание.** Анализы выполнены в лаборатории стабильных изотопов Аналитического центра ДВО РАН (г. Владивосток) на изотопном масс-спектрометре Finnigan MAT 253 с использованием двойной системы напуска. Аналитик Т. А. Веливецкая.

Ультраосновные породы Маринкина массива повсеместно содержат вкрапленность сингенетических акцессорных хромшпинелидов от 2 до 10 %. Хромшпинелиды неравномерно рассеяны в дуните и образуют изометричные зерна и октаэдры от сотых долей миллиметра до 0.6 мм. Мелкие кристаллы присутствуют в виде включений в оливине, более крупные, располагаясь кучно, тяготеют к стыкам зерен оливина. Хромшпинелиды содержат включения. В меланотроктолитах хромшпинелиды образуют мелкие (до 0.5 мм) равномерно рассеянные октаэдры, часто с включениями, встречаются как в интерстициях, так и в плагиоклазе, реже в оливине. Содержание  $Cr_2O_3$  в дунитах и плагиодунитах достигает 1.5 %.

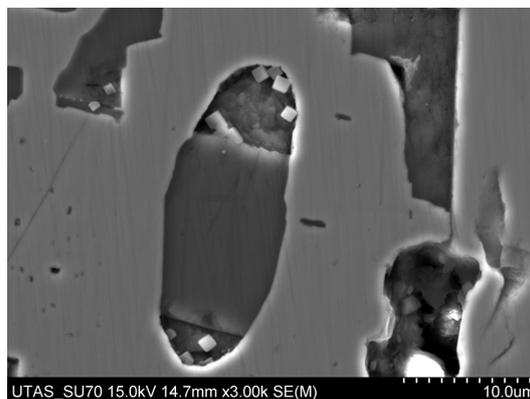
Массивные и густовкрапленные хромититы в пределах дунитового ядра выделил В. С. Косинов [1965]. Они слагают линейную зону протяженностью около 300 м и мощностью около 1 м, прослеженную по обломкам и глыбам в делювиальных развалах. Обломки хромититов отмечены и в других местах дунитового ядра. Визуально хромититы представляют собой среднезернистую породу черного цвета с округлыми зернами коричневого оливина. В контактовых частях рудной зоны количество оливина возрастает до 30–50 %, хромитит приобретает пятнистый облик.

Хромшпинелиды образуют кристаллы с преобладающей формой октаэдра и ксеноморфные зерна размером до 3–4 мм. Их содержание в хромитите составляет от 50 % в густовкрапленных хромититах и до 90 % – в массивных. Минерал зачастую насыщен включениями. В массе хромшпинелидов отмечаются зерна и сростания кристаллов оливина. Их периферические части на границе с хромшпинелидами содержат до 20–30 % их мелких вростков. Центральная часть зерен и сростаний оливина свободна от них. По периферии хромшпинелиды иногда окружены каймами магнетита или содержат его в виде пластинок. В интерстициях отмечены оливин, карбонаты и пентландит, образующий червеобразные вростки в хромшпинелидах на контакте с оливином. Содержание  $Cr_2O_3$  в хромитите достигает 18.87 %.

Нами изучены дуниты с повышенным количеством вкрапленных хромшпинелидов. Это массивные панидиоморфнозернистые породы. Оливин образует зерна размером от десятых долей до 10 мм. Расположение зерен крайне неоднородного размера незакономерное, вплоть до включений мелких зерен оливина в крупных. Некоторые зерна оливина имеют клавишное погасание, различимые ламелли. В оливине отмечены включения магнетита, хлорита, доломита, галита, брусита. Магнетит также образует ламеллеобразные выделения в оливине. Хлорит и доломит образуют агрегаты в стыках зерен оливина, для хлорита характерны веерообразные формы. На некоторых участках в зерна оливина по краям внедряются кристаллы хлорита, из-за чего границы этих зерен приобретают зазубренные очертания. Зерна оливина пересекаются трещинами, заполненными доломитом, иногда с пленками гидроксидов железа.

Хромшпинелиды представлены идиоморфными зернами до 1.5 мм, распределены в породе равномерно. Зерна меньшего размера и повышенного идиоморфизма образуют включения в оливине. В пределах зерна нередко отмечаются участки разного состава вплоть до чистого хромита. В некоторых зернах отмечено замещение по периферии и трещинам феррохромитом. В большинстве зерен хромшпинелидов наблюдаются включения оливина, хлорита, галита, доломита, амфибола, флогопита, хлорпатита, пентландита, брусита, магнетита, диоксида, возможно, хлоридов Ca, Mg, K (рис.). Отмечены также галенит-пентландитовые прожилки. Хромшпинелиды часто окружены агрегатами хлорита и доломита, реже брусита, халькопирита, пентлан-

Рис. Включения доломита (в центре, высокий рельеф), хлорита (верхняя и нижняя части включения в центре, включение слева вверху) и галита (маленькие светлые кубики) в хромшпинелидах.



дита и флогопита, нередко корродируются и даже замещаются ими. Брусит и доломит часто содержат железо.

Хромшпинелиды наблюдаются в виде единичных идиоморфных зерен, которые выполняют интерстиции между зернами оливина. Помимо этого, они встречаются в виде включений в зернах оливина. При параллельных николях бесцветны. Сульфиды редкие, размером до 0.5 мм, распределены неравномерно. Отмечены комбинированные зерна: пирротин + халькопирит + магнетит, пентландит + хромшпинелид + пирротин, магнетит + пирротин + пентландит, зерно халькопирита со структурами распада пентландита и включениями доломита. Магнетит образует как идиоморфные зерна в сульфидах, так и прожилки, самостоятельные мелкие изометричные зерна среди оливина и доломита. В магнетите отмечены зерна гринокита с изоморфной примесью Fe, Cu и Zn.

Особенности строения, петрологии и минералогии Маринкина массива свидетельствуют о значительном воздействии поздних гранитов: ультраосновные породы были регенерированы, а основные – изменены. Рассеянная сульфидная вкрапленность ликвационного происхождения в результате регенерации дунита формирует прожилковую минерализацию. Хромитовое оруденение также сформировалось в процессе регенерации дунитов, о чем свидетельствует немагматический состав включений в хромшпинелидах, оливинах и сульфидах, а также развитие идиоморфного магнетита, не содержащего титан.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-05-00337).*

## Литература

- Балыкин П. А., Поляков Г. В., Богнибов В. И., Петрова Т. Е. Протерозойские ультрабазит-базитовые формации Байкало-Становой области. Новосибирск: Наука, 1986. 200 с.
- Грудинин М. И. Базит-гипербазитовый магматизм Байкальской горной области. Новосибирск: Наука, 1979. 156 с.
- Изох А. Э., Гибшер А. С., Журавлев Д. З., Балыкин П. А. Sm-Nd данные о возрасте ультрабазит-базитовых массивов восточной ветви Байкало-Муйского офиолитового пояса // Доклады академии наук. 1998. Т. 360. № 1. С. 88–92.
- Кислов Е. В., Малышев А. В., Орсов Д. А., Балыкин П. А. Маринкин массив – платино-металльно-медно-никелевое рудопоявление в Средне-Витимской горной стране // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2009. Т. 1. С. 222–225.
- Конников Э. Г. Дифференцированные гипербазит-базитовые комплексы докембрия Забайкалья (петрология и рудообразование). Новосибирск: Наука, 1986. 127 с.
- Косинов В. С., Стаценко Л. И., Косинова Ю. Х., Стаценко А. В., Герасименко М. М., Баторов В. П. Геологическое строение и полезные ископаемые Тулдунь-Бамбуйского между-

речь. Листы N-50-3-Г и 4-П // Отчет Лево-Витимской партии о результатах поисково-съёмочных работ масштаба 1:50 000 за 1963–64 гг. БГУ, Улан-Удэ, 1965ф.

*Прудовский Э. Л., Грудинин М. И.* Особенности геологического строения и вещественного состава дунит-троктолитового массива Маринкин (Средне-Витимская горная страна) // Геологические формации Прибайкалья и Забайкалья. Чита, 1972. С. 13–14.

*Рыцк Е. Ю., Амелин Ю. В., Ризванова Н. Г., Крымский Р. Ш., Митрофанов Г. Л., Митрофанова Н. Н., Переляев В. И., Шалаев В. С.* Возраст пород Байкало-Муйского складчатого пояса // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2001. Т. 9. № 4. С. 3–15.

*Цыганков А. А.* Магматическая эволюция Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса в позднем докембрии. Новосибирск: СО РАН, 2005. 306 с.

*Kislov E. V., Malyshev A. V., Orsoev D. A.* Marinkin massif – platinum metals-nickel-copper locality at Middle Vitim mountain region, East Siberia // Northwestern Geology. 2009. Vol. 42. P. 185–188.

***И. Ф. Чайка<sup>1,2</sup>, А. Э. Изох<sup>1,2</sup>, В. С. Каменецкий<sup>3</sup>,  
Л. М. Житова<sup>1,2</sup>, Т. Ю. Якич<sup>4</sup>***

<sup>1</sup> – *Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск  
ivanlab211@gmail.com*

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

<sup>3</sup> – *Университет Тасмании, г. Хобарт*

<sup>4</sup> – *Томский политехнический университет, г. Томск*

## **Хромшпинелиды платиноносных пород верхнего эндоконтакта интрузии Норильск-1: состав, силикатные включения и вопросы генезиса**

Платиноносные рифы с большим количеством хромита и низким содержанием сульфидов известны в ряде расслоенных комплексов, наиболее известными из которых являются Бушвельд и Стиллуотер – крупнейшие в мире месторождения платиноидов. Подобные образования наблюдаются в верхних частях интрузий Норильского типа, где они характеризуются высокими (до 70 г/т) содержаниями элементов платиновой группы (ЭПГ). В ходе исследования интрузий Норильского района эти структуры были обнаружены в их верхних частях и охарактеризованы как отдельный «малосульфидный тип» руд ЭПГ [Служеникин и др., 1994; Ryabov et al., 2014; Служеникин и др., 2016]. На сегодняшний день проблема генезиса малосульфидных рифов является дискуссионной. Для рифов Бушвельда, Стиллуотера и Великой Дайки эффективным оказался подход, опирающийся на исследование хромшпинелидов (CrSp) и включений в них [Li et al., 2005; Spandler et al., 2005]. В данной работе рассматриваются CrSp и силикатные включения в них из платиноносных такситовых габброидов верхней эндоконтактной зоны (ВЭЗ) интрузии Норильск-1. Образцы были отобраны Л. М. Житовой, А. Я. Шевко и М. П. Гора в карьере месторождения Медвежий Ручей. Фазовый состав включений определялся с использованием электронно-сканирующей микроскопии (Tescan Vega-3, Tescan Mira). Данные по составу CrSp и других минеральных фаз получены с помощью электронно-зондового микроанализа (ЕРМА) на анализаторе JEOL JXA-8320 в лаборатории рентгеноспектральных методов ИГМ СО РАН (аналитики Е. Н. Нигматуллина и В. А. Даниловская).