

5. Ожогина Е.Г., Котова О.Б., Чантурия Е.Л. Роль технологической минералогии в прогнозной оценке качества минерального сырья и его глубокой и комплексной переработке // Прогрессивные технологии комплексной переработки минерального сырья / Под ред. В.А.Чантурия. М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2008. С. 35-51.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СУЛЬФИДНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

Конников Э.Г.*, Некрасов А.Н.*, Симакин С.Г.**

*Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка, Россия
e-mail: konn@iem.ac.ru

**Институт микроэлектроники и информатики РАН, Ярославль, Россия
e-mail: simser@mail333.com

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INDICATORS OF MAFIC-ULTRAMAFIC COMPLEXES ON THE SULFIDE ORES POTENTIAL

Konnikov E.G.*, Nekrasov N.A.*, Simakin S.G.**

*Institute of Experimental Mineralogy RAS, Chernogolovka, Moscow region, Russia
e-mail: konn@iem.ac.ru

** Institute of Microelectronics and Informatics RAS, Yaroslavl, Russia
e-mail: simser@mail333.com

The presentation is devoted to research of evidences allowing distinguish a potential perspective and barren for the sulfide Cu-Ni-PGE ores mafic-ultramafic massifs. Using the experience studying of different Ni-bearing complexes of Russian Transbaikalia, Kamchatka and northeastern provinces of China, the following criterions were suggested by authors, namely: a) enrichment by fluids of the mineralized horizons in layered intrusions; b) prevalence of reduced gases over the fluid components in the fertile plutons; c) deficit of Ni in the bulk composition of mafic-ultramafic rocks and in the rock bearing minerals; d) presence of drop-like sulfide inclusions in cumulus minerals and e) back correlation of NiO contents in olivine with % Fo in it.

Исследование признаков, позволяющих различить потенциально перспективные в отношении сульфидного Cu-Ni и платинометального оруденения и безрудные мафит-ультрамафитовые интрузивы, наряду с теоретическим, представляет большой интерес для практики геолого-разведочных работ. Опыт изучения авторами различных в формационном и возрастном плане интрузивных комплексов на территории Забайкалья, Китая и Камчатки позволяет выдвинуть ряд критериев, отличающих продуктивные на халькофильные металлы интрузивы.

1) Продуктивные мафит-ультрамафитовые интрузии от непродуктивных отличает специфика флюидного режима, заключающаяся в обогащенности рудоносных горизонтов этих интрузий флюидными компонентами, среди которых преобладают восстановленные газы. Это в пер-

Таблица 1

Корреляция NiO, S, FeO_{total} с газами, их изотопным отношением и щелочными оксидами

	Сумма	H ₂ O	H ₂	N ₂ +CO	CO ₂	CH ₄	He	Ar	3He/4He	Na ₂ O	K ₂ O
NiO	0,17	0,10	-0,60	-0,38	-0,04	0,70	0,39	0,21	0,33	-0,67	0,30
S _{общ}	0,10	0,20	-0,63	-0,43	-0,10	0,67	0,36	0,15	0,30	-0,71	0,25
FeO _t	0,10	0,26	-0,65	-0,53	-0,14	0,73	0,36	0,13	0,28	-0,79	0,23

Примечание: все значения $r > 0,63$ значимы с вероятностью 95%

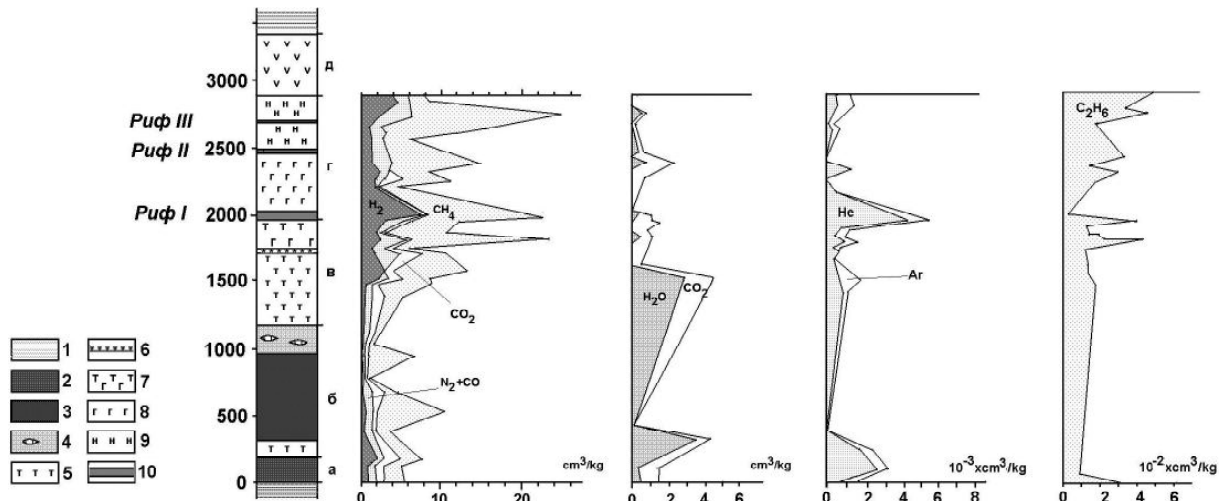


Рис. 1. Распределение газов в разрезе Довыренского расслоенного дунит-троктолит-габбрового массива.

1 – вмещающие породы, 2 – плагиоперидотиты приподошвенной зоны, 3 – дуниты, 4 – ксенолиты магнезиальных скарнов, 5 – плагиодуниты, 6 – габбро-пегматиты, 7 – троктолиты, 8 – оливковые габбро и габбро-нориты, 9 – пизонитовые габбро и габбро-нориты, 10 – слои с ЭПГ «малосульфидной» минерализацией.

вую очередь CH_4 (метан). Обогащенность сульфидсодержащих горизонтов летучими (метаном, в том числе) была установлена нами в результате опробования пород расслоенного разреза Довыренской расслоенной дунит-троктолит-габбровой интрузии [2] (рис. 1), никеленосных интрузий Хончилинского рудного поля на северо-востоке Китая [5] и габбронорит-кортландитовой формации Камчатки [4] путем масс-спектрометрического и хроматографического исследования газов, выделенных их пород этих интрузивных комплексов при дроблении в вакуумной мельнице. Обогащенность рудоносных интрузий флюидными компонентами и восстановленными газами отражается в особенностях их минерального состава: они содержат в своем составе богатые гид-

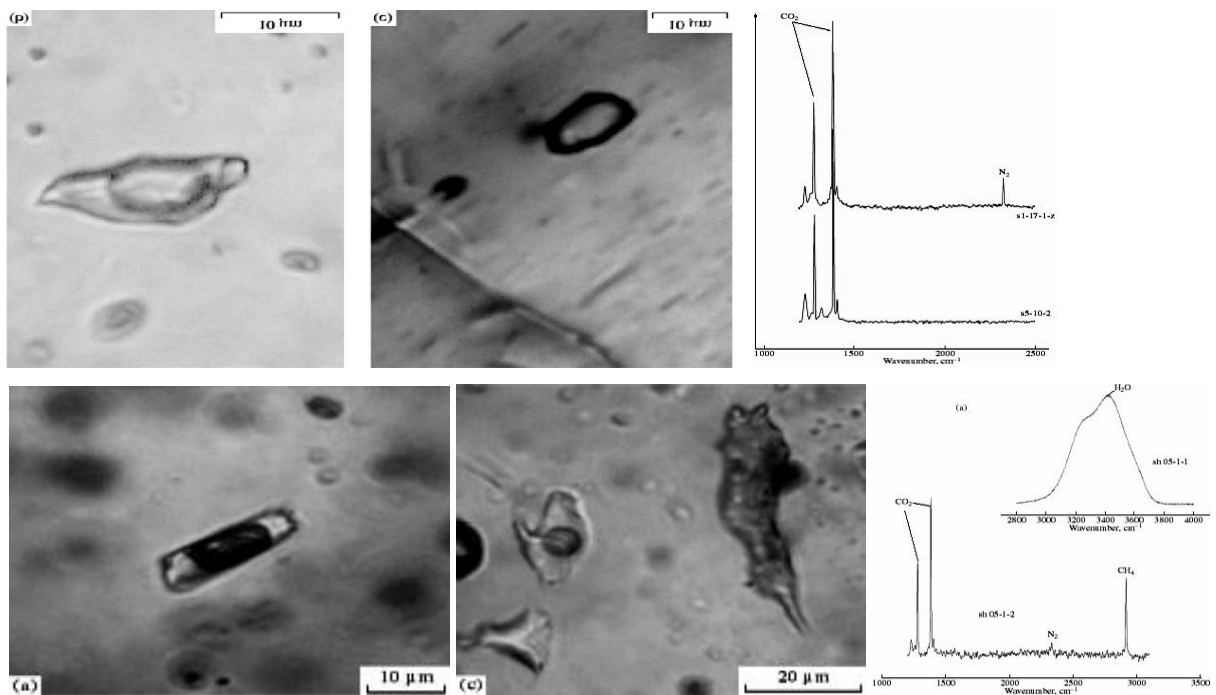


Рис. 2. Газовый состав флюидных включений в породах Квалорогского (верхний ряд) габбронорит-кортландитового плутона и сульфидных руд Шанучского Ni месторождения (нижний ряд).

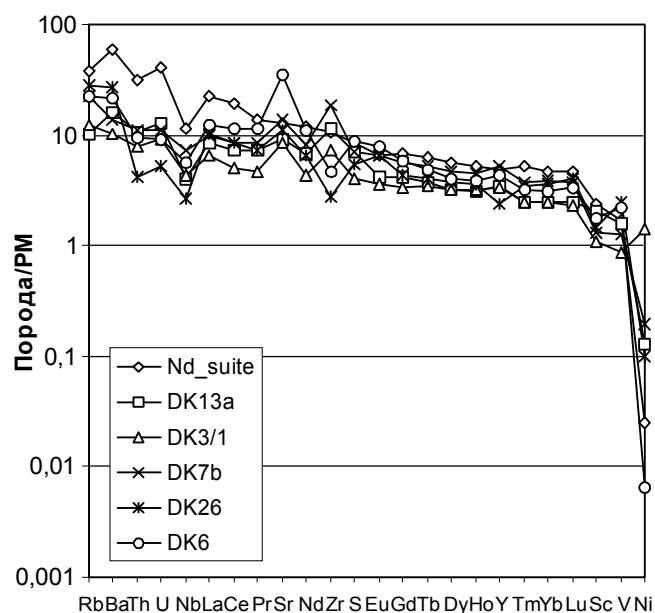


Рис. 3. Мультикомпонентная диаграмма распределения элементов-примесей в породах Дукукского массива в сравнении с геохимическими особенностями надеждинской свиты из района Норильска [1].

характеризуются дефицитом Ni по сравнению с нормированными концентрациями этих элементов в примитивной мантии (рис. 3). Это объясняется высоким значением коэффициента разделения Ni между сульфидным и силикатным расплавами вследствие чего при образовании несмешимости между ними никель преимущественно перераспределяется в сульфидную жидкость, а магма обедняется этим элементом. Деплетирование мафит-ультрамафитовой магмы никелем, а иногда Cr при проявлении сульфидно-силикатной несмешимости отражается на характере распределения этих элементов в породообразующих минералах пород, кристаллизующихся из магмы (рис. 4). На спайдер-диаграммах, построенных по результатам ионно-зондовых анализов концентраций микропримесей в минералах пород дукукского комплекса, отчетливо проявляется дефицит Ni и Cr при сопоставлении с хондритовым уровнем.

3) Рудоносные интрузивы от безрудных отличаются присутствием большого количества каплевидных сульфидных включений в минералах ультраосновных пород, в особенности в оли-

роксилом минеральные фазы – паргасит и флогопит, имеющих магматическое происхождение. В Довыренском массиве содержание в рудоносном горизонте сульфидных минералов коррелируется с количеством в нем флогопита. В габбронорит-кортландитовых интрузивах Срединного хребта Камчатки отмечена значимая корреляция между содержанием CH_4 и Ni, S, FeO_{total} (табл. 1).

Присутствие в рудоносных массивах этого региона повышенных концентраций метана недавно нами подтверждено при изучении в них флюидных включений [3]. Методом рамановской спектроскопии установлено, что флюидные включения безрудных плутонов имеют преимущественно H_2O+CO_2 состав, тогда как в продуктивном на сульфидно-Ni руды Шанучском интрузиве в них значительную долю занимает CH_4 (рис. 2).

2) Породы продуктивных на сульфидное оруденение интрузивных массивов

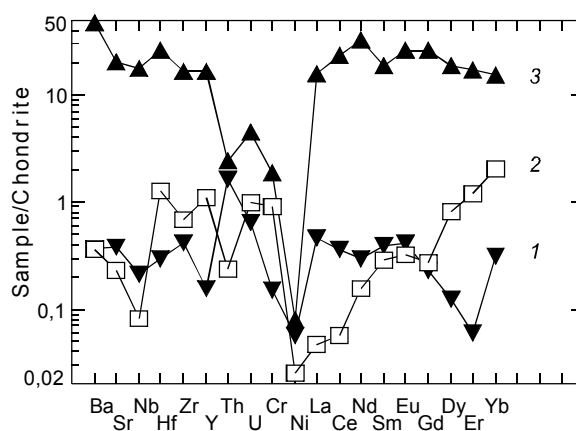
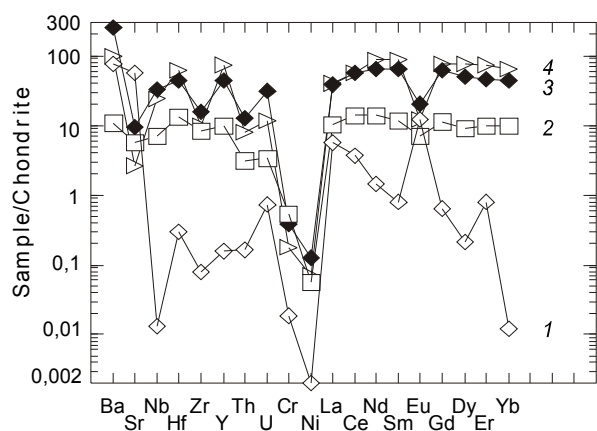


Рис. 4. Распределение примесных элементов в минералах базитов (А) и куртландитов (Б) дукукского комплекса Камчатки, нормированное по хондриту.

А: 1-2 – Pl и Орх пироксенитов, соотв.; и 3-4 – Pl и Атр габбро-норитов, соотв.; Б: 1 – Pl, 2 – Орх, 3 – Атр куртландитов.

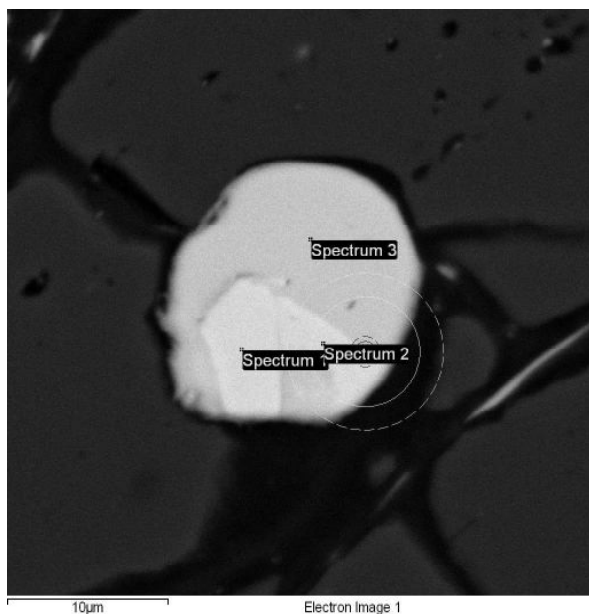


Рис. 5. Каплевидные выделения сульфидов в оливине из кортландитов дукукского никеленосного комплекса (Камчатка).

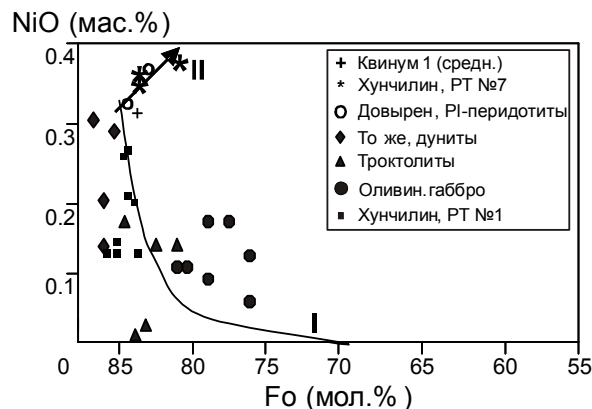


Рис. 6. Два тренда вариаций концентраций никеля в оливине от доли в нем форстеритовой молекулы.

I – фракционирование бессульфидного силикатного расплава, и II – то же, в равновесии с несмесимой сульфидной жидкостью, расплавом.

винах, кристаллизующихся из расплава, как правило, первыми (рис. 5). Эти включения являются индикаторами проявления сульфидно-силикатной несмесимости в интрузии. Если каплевидные сульфидные включения обнаруживаются в раннем оливине, это значит, что несмесимость и предел растворимости сульфидной серы в расплаве достигался в субликвидусных условиях. Проявление в интрузии сульфидно-силикатной несмесимости находит отражение в тренде вариаций содержаний Ni в оливинах при изменениях их магнезиальности. В обычных условиях фракционирование мафит-ультрамафитовых интрузий сопровождается ростом содержаний Ni в оливине при увеличении его магнезиальности. Если же силикатный расплав контактирует с большим объемом несмесимой сульфидной жидкости, то эта тенденция меняется на прямо противоположную: концентрация никеля в оливине растет по мере роста железистости оливина. Это наглядно демонстрирует рис. 6. Тренд I на диаграмме NiO-Fo образуют точки оливинов из пород расслоенной серии массива Довырен и безрудной части расслоенного массива №1 из рудного поля Хунчилин (СВ Китай), а второй – оливины рудовмещающих перидотитов Довыренского плутона, сульфидоносных ортопироксенитов рудного тела № 7 (Хунчилинское рудное поле, СВ Китай) и кортландиты месторождения Квинум 1 (Камчатка).

ЛИТЕРАТУРА

1. Lightfoot P.C., Hawkesworth C.J., Hergt J., Naldrett A.J., Gorbachev N.S., Fedorenko V.A., Doherty W. Remobilization of continental lithosphere by mantle plumes: Major, trace-element, and Sr-Nd-, and Pb-isotope evidence for picritic and tholeiitic lavas of the Norilsk District, Siberia trap, Russia // Contr. Miner. Petr. 1993. V. 114. P. 171-188.
2. Konnikov E.G., Meurer W.P., Neruchev S.S., Prasolov E.M., Kislov E.V., Orsoev D.A. Fluid regime of platinum group elements (PGE) and gold-bearing reef formation in the Dovyren mafic-ultramafic layered complex, Eastern Siberia, Russia // Min. Deposita. 2000. V. 35. P. 526-532.
3. Конников Э.Г., Васюкова О.Н. Состав флюидных включений в интрузивных породах норит-кортландитового комплекса Камчатки // Геол. рудн. м-ний. 2007. Т. 49. № 3. С. 256-267.
4. Конников Э.Г., Прасолов Э.М., Орсов Д.А. Флюидный режим никеленосных габбро-кортландитовых интрузий юго-западной части Срединного хребта Камчатки // ДАН. 2005. Т. 402. № 4. С. 519-523.
5. Конников Э.Г., Хунциуань Янь, Айхуа Си, Сун Дэю. Сульфидные никелевые месторождения рудного поля Хунчилин (провинция Цилинь, Китай) // Геол. рудн. м-ний. 2004. Т. 46. № 4. С. 346-354.