

СУЛЬФИДНЫЕ РУДЫ ЧИНЕЙСКОГО И ЛУКТУРСКОГО МАССИВОВ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Гонгальский Б.И.*, Криволицкая Н.А., Цамерян О.П.**, Свирская Н.М.****

**Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Москва, Россия*

e-mail: kgrt-61@ya.ru

***Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва, Россия*

e-mail: nakriv@mail.ru

SULPHIDE ORES IN THE CHINEYSKY AND THE LUKTURSKY MASSIFS (TRANSBAIKALIA)

Gongalskiy B.I.*, Krivolutsкая N.A., Tsameryan O.P.**, Svirskaya N.M.****

**Institute of the Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS,
Moscow, Russia*

e-mail: kgrt-61@ya.ru

***Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow, Russia*

e-mail: nakriv@mail.ru

There are numerous basic-ultrabasic intrusions in the North Transbaikalia. Some of them contain titanomagnetite and Cu-Ni sulphide ores enriched in Ag, Au, and PGE. The petrography, mineralogy and ore composition of Chineysky and Luktursky massifs were studied. Cu/Ni ratio in sulphide ores of the Chineysky gabbro-anorthosite massive varies from 10 to 100 and in Luktursky ores it does from 0.3 up to 0.4. So the main ore mineral in the Chineysky intrusion is chalcopyrite and in the Luktursky massif is pyrothite. Pentlandite is the third main mineral in these ores. The distribution of rare elements in these minerals reflects the chemical composition of rocks and sulphide mineralization.

В пределах Северного Забайкалья широко распространены многочисленные гипербазит-базитовые интрузивы палеопротерозойского возраста, в которых присутствует сульфидная минерализация, в ряде случаев имеющая промышленное значение. Выявление закономерностей появления сульфидных руд в пределах отдельных массивов имеет не только теоретическое, но и важное практическое значение. Наибольший интерес исследователей привлекают интрузивные тела габбро-анортозитового состава с повышенными содержаниями титаномагнетита и сульфидных минералов, объединенные в чинейский комплекс (Чинейский, Луктурский, Майлавский, Верхнесакуканский и др. массивы). Главной целью данной работы было проведение сравнительного изучения петро-геохимических особенностей пород, а также рудных минералов из обогащенных цветными и благородными металлами массивов – Чинейского и Луктурского.

Чинейский массив расположен в зоне сочленения Каларского и Удоканского хребтов, в 50 км от южного борта Чарской впадины, в то время Луктурский массив расположен непосредственно в ее юго-восточной бортовой части. Оба массива прорывают терригенно-карбонатные породы удоканской серии (PR₁) и имеют одинаковый возраст (1,88 Ga) [4]. Они представляют собой лополитообразные тела, мощность которых превышает 2 км. В них преобладают нориты с подчиненным количеством габброноритов и анортозитов. Отличительной их особенностью является расслоенность, особенно отчетливо проявленная в породах Чинейского интрузива. Характерно присутствие в центральных частях обоих интрузивов титаномагнетитовых руд (жильных и вкрапленных) и также зон сульфидной минерализации. Области нижнего контакта Чинейского массива с вмещающими породами обогащена сульфидными минералами, здесь выделяются эндо- и экзоконтактовые руды существенно медные, с примесью серебра, золота и ЭПГ.

Сравнение петрографических особенностей и составов пород указанных массивов свидетельствует о более высоком содержании магния в породах Луктурского массива (достигающих 22 мас.%), по сравнению с Чинейскими (12-13% MgO). За счет высокого содержания титаномагнетита, богатого ванадием, породы обоих массивов очень близки к Верхней зоне Бушвелда.

Для Чинейского массива характерно раннее появление оливина на ликвидусе [2], однако он затем вступает в перитектическую реакцию с ортопироксеном (при $T=1100-1150^{\circ}\text{C}$), поэтому в породах встречается редко. В силу слабой обнаженности (и, как следствие этого, слабой изученности) в строении Луктурского массива установлены в верхней его части кроме титаномагнетитовых габброноритов более кислые разновидности пород – габбро-диориты, часто биотитсодержащие. Чинейский массив в этом отношении аналогичен Луктурскому. Однако габбро-диориты, кварцевые диориты и монцодиориты обнаруживаются в подошве Чинейского массива, содержат промышленные медные сульфидные руды.

Сопоставление сульфидной минерализации, развитой в пределах исследованных массивов, свидетельствует о ряде отличий, проявленных как в химическом, так и минеральном составе. В первую очередь, обращает на себя внимание необычный состав руд Чинейского месторождения: в них медь резко доминирует над никелем ($\text{Cu/Ni} = 10-100$), в то время как в Луктурском массиве соотношение этих металлов обратное ($\text{Cu/Ni} = 0.3-0.4$). Особенности химического состава отразились в минеральном составе руд: главным сульфидным минералом Луктурского массива является пирротин, подчиненное значение имеют пентландит и халькопирит, в то время как практически во всех типах руд Чинейского массива доминирует халькопирит (особенно это типично для экзоконтактовых вкрапленных и сплошных руд). На отдельных интервалах в эндоконтактовых рудах восточной части интрузива (участок Рудный) количество пирротина приближается к таковому халькопириту и даже превышает его. Пентландит в Чинейских рудах является второстепенным минералом, а иногда – редким. Рудная минерализация западной части массива имеет халькопирит-пиритовый состав, по-видимому, за счет дисульфидизации пирротина, произошедшей под воздействием внедрившихся на этом участке палеозойских гранитов. В разных типах руд Чинейского массива обнаружены многочисленные редкие минералы, в том числе металлов платиновой группы, которые описаны в ряде работ [1, 3, 4].

Авторами проведено изучение распределения элементов-примесей в главных рудообразующих сульфидах Чинейского и Луктурского массивов, причем для первого из них анализировались образцы из разных участков, расположенных вдоль контакта массива с вмещающими породами (с запада на восток): Контактного, Сквозного, Солнечного и Рудного. Методика определения примесных элементов в сульфидах была разработана в Институте Химии им. Макса Планка (г. Майнц, Германия) В.Г.Батановой для рентгеноспектрального микроанализатора JXA-8200 фирмы «JEOL». Измерения проводились при ускоряющем напряжении 20 киловольт (kV) и токе зонда 300 наноампер (3×10^{-7} А) при диаметре зонда 1 микрон. Проводилось измерение следующих элементов: As, Se, S, Sb, Fe, Co, Cu, Zn, Ni, Os, Ir, Rh, Pt, и Pd. Для расчета концентраций элементов использовалась ZAF – коррекция. Время накопления сигнала для большинства указанных элементов составляло 200 сек, общая продолжительность одного измерения составляла 9 минут. Предел обнаружения для перечисленных элементов (D.L.) составлял от 20 до 40 г/т. Однако концентрации в сульфидах большинства элементов оказались ниже предела обнаружения. Так, лишь в отдельных зернах пирротина установлены содержания платины, а в пентландите – палладия, близкие к пределу их обнаружения. Также в единичных выделениях пирротина и пентландита иногда появляются повышенные концентрации сурьмы (до 50-80 г/т). Достоверно определяются в рудообразующих сульфидах только такие элементы, как мышьяк и селен.

Представительные составы главных рудных минералов (44 анализа из 485) из разных участков Чинейского и Луктурского массивов приведены в табл. 1. Сравнение содержаний элементов-примесей в пентландитах разных массивов свидетельствует о том, что минералы из Луктур-

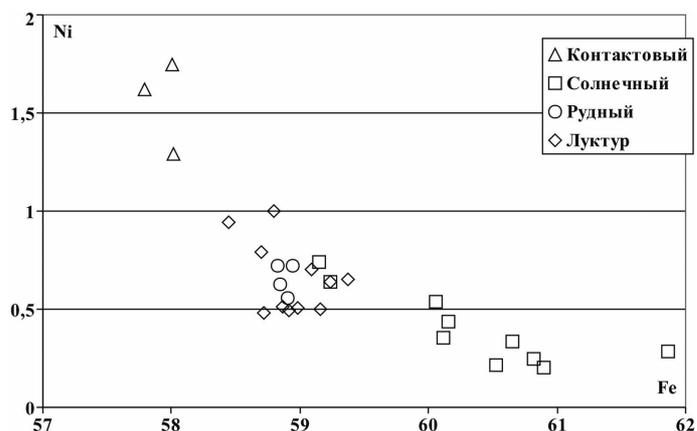


Рис. 1. Содержания железа и никеля в пирротинах Чинейского и Луктурского массивов.

Таблица 1

Составы рудных минералов Луктурского и Чинейского массивов

№ п/п	Fe	Ni	Cu	Co	S	As	Se	Сумма	№ обр.
1	29,57	35,26	0,00	1,12	33,37	0,19	0,18	99,68	34-514,5
2	29,85	35,86	0,00	1,12	32,66	0,10	0,11	99,70	34-514,5
3	29,81	36,33	0,00	0,64	32,67	0,23	0,19	99,87	34-442,9
4	29,95	35,69	0,00	0,62	33,07	0,19	0,18	99,71	34-442,9
5	28,95	37,02	0,00	0,68	32,38	0,18	0,14	99,35	34-442,9
6	29,24	36,81	0,00	0,72	32,48	0,17	0,18	99,60	34-442,9
7	29,25	36,43	0,00	0,68	32,64	0,27	0,17	99,43	34-442,9
8	28,10	31,48	0,00	7,45	32,45	0,22	0,21	99,91	63-595,9
9	28,78	31,78	0,00	6,44	32,27	0,23	0,23	99,71	63-595,9
10	28,64	31,61	0,00	6,54	32,34	0,18	0,25	99,55	63-595,9
11	27,79	36,93	0,00	1,68	32,82	0,16	0,19	99,58	11-1323,7
12	28,21	36,66	0,00	2,00	32,86	0,15	0,22	100,09	11-1323,7
13	32,09	33,60	0,18	2,16	33,42	0,16	0,18	101,77	11-1323,7
14	46,37	0,46	0,01	0,08	52,13	0,11	0,14	99,31	34-514,5
15	46,49	0,44	0,00	0,08	51,78	0,20	0,16	99,14	34-514,5
16	45,47	0,97	0,01	0,69	52,41	0,14	0,08	99,76	34-514,5
17	45,71	1,10	0,00	0,10	51,85	0,14	0,09	98,99	34-442,9
18	45,66	0,99	0,00	0,09	51,90	0,14	0,11	98,89	34-442,9
19	45,69	1,02	0,00	0,09	52,19	0,07	0,13	99,19	34-442,9
20	44,71	0,01	0,23	2,54	52,12	0,14	0,20	99,96	63-434,7
21	44,77	0,02	0,22	2,42	52,16	0,11	0,15	99,86	63-434,7
22	46,83	0,01	0,00	0,36	52,79	0,17	0,13	100,29	09-197,5
23	46,80	0,02	0,00	0,56	52,51	0,20	0,14	100,22	09-197,5
24	59,16	0,50	0,02	0,09	38,53	0,11	0,22	98,63	34-514,5
25	58,98	0,51	0,00	0,11	38,40	0,14	0,11	98,25	34-514,5
26	58,87	0,51	0,01	0,09	38,98	0,17	0,15	98,77	34-514,5
27	59,09	0,70	0,00	0,09	38,29	0,16	0,11	98,43	34-442,9
28	58,70	0,79	0,00	0,10	38,47	0,16	0,13	98,34	34-442,9
29	59,24	0,64	0,01	0,14	37,82	0,26	0,14	98,25	63-434,7
30	60,15	0,44	0,00	0,10	37,36	0,20	0,15	98,41	63-595,9
31	60,06	0,54	0,00	0,11	37,18	0,09	0,18	98,15	63-595,9
32	60,12	0,36	0,00	0,10	37,26	0,14	0,10	98,06	63-595,9
33	57,79	1,62	0,00	0,15	38,76	0,17	0,10	98,58	11-1323,7
34	58,02	1,29	0,03	0,09	38,27	0,18	0,13	98,01	11-1323,7
35	58,01	1,75	0,00	0,12	38,76	0,21	0,14	98,98	11-1323,7
36	30,63	0,03	34,01	0,06	34,51	0,28	0,26	99,78	34-514,5
37	30,59	0,02	33,77	0,06	34,72	0,22	0,19	99,56	34-514,5
38	30,47	0,00	34,09	0,05	34,42	0,23	0,18	99,44	34-514,5
39	30,38	0,06	34,30	0,06	34,48	0,26	0,18	99,73	34-514,5
40	30,23	0,01	33,79	0,05	34,49	0,26	0,20	99,02	11-1323,7
41	30,45	0,02	34,38	0,06	34,11	0,20	0,24	99,45	11-1323,7
42	30,93	0,04	34,22	0,07	33,45	0,22	0,27	99,20	63-434,7
43	30,28	0,00	34,54	0,05	33,56	0,22	0,22	98,87	63-434,7
44	30,36	0,00	34,45	0,05	33,49	0,15	0,19	98,69	63-434,7

Примечания: № п/п: 1-13 – пентландит, 14-23 – пирит, 24-35 – пирротин, 36-44 – халькопирит. Номера образцов обозначают: номер скважины – глубина в метрах. 34 – Луктурский массив; Чинейский массив, участки: 63 – Солнечный, 09-11 – Контактный.

ского массива отличаются пониженными содержаниями кобальта (около 1 мас.%) по сравнению с аналогичными из пород Чинейского массива, где концентрации этого элемента могут достигать 6-7 мас.%. Пентландиты из разных участков Чинейского массива характеризуются повышенными значениями содержаний селена. Пириты Луктурского массива отличаются постоянной примесью никеля (до 1,1 мас.%), что выделяет их на фоне остальных минералов из всех участ-

ков Чинейского месторождения, в которых содержания этого элемента на порядок, а то и два, ниже. Зато в пиритах Чинейского массива нередко присутствует в значимых количествах медь. Пирротины Чинейского массива обогащены мышьяком, а те из них, которые располагаются в интерстициях титаномагнетитовых руд, – никелем, в сравнении с пирротинами Луктурского массива. Халькопирит, как минерал постоянного состава, не отличается ни по каким элементам в рудах обоих массивов.

Таким образом, состав сульфидной минерализации изученных массивов отражает петрогеохимические особенности слагающих их пород: более магнезиальный габбронорит-норитовый Луктурский массив содержит медно-никелевые руды, а габбро-анортозитовый Чинейский – существенно медные, причем особенности геохимии пород отражаются даже на распределении элементов-примесей в главных рудообразующих минералах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-05-01007).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А. Чинейский расчлененный плутон. Новосибирск: Наука, 1993. 184 с.
2. Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А., Арискин А.А., Николаев Г.С. Строение, состав и формирование Чинейского анортозит-габброноритового массива в Северном Забайкалье // Геохимия. 2008. № 4. С. 691-720.
3. Конников Э.Г. Дифференцированные гипербазит-базитовые комплексы докембрия Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 224 с.
4. Толстых Н.Д., Орсов Д.А., Кривенко А.П., Изох А.Э. благороднометаллическая минерализация в расчлененных ультрабазит-базитовых массивах юга Сибирской платформы. Новосибирск: Параллель, 2008. 194 с.

ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОЛОГИЯ ЭГИЙНГОЛЬСКОГО ПЕРИДОТИТОВОГО МАССИВА: РЕСТАВРАЦИЯ УСЛОВИЙ ПЛАВЛЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БОНИНИТОВЫМ РАСПЛАВОМ

Горнова М.А.*, Кузьмин М.И.*, Гордиенко И.В.,
Медведев А.Я.*, Альмухамедов А.И.***

**Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия
e-mail: mgorn@igc.irk.ru*

***Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия*

GEOCHEMISTRY AND PETROLOGY OF EGIINGOL PERIDOTITES: RECONSTRUCTION OF MELTING AND INTERACTION WITH BONINITIC MELT

Gornova M.A.*, Kuzmin M.I.*, Gordienko I.V.,
Medvedev A.Ya.*, Al'mukhamedov A.I.***

**Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
e-mail: mgorn@igc.irk.ru*

***Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia*

We studied dunites and harzburgite of the Egiingol peridotite massif from the Dzhida island-arc terrain of the folded surrounding of the Siberian platform. Amphibole-olivine-pyroxene dykes cutting the massif are transporting channels of boninite melts as the spinels show high Cr # (0.88). In Ol Mg# vs Sp Cr # diagram dunites and harzburgites plot at the mantle array. Harzburgites are highly refractory in terms of olivine Mg# (0.15) and spinel Cr# (~ 0.4-0.5), suggesting high degree of partial melting (~ 20%). Harzburgite microstructures indicate that they have extensively reacted with percolating melt prior to cooling in the lithosphere leading to crystallization of olivine, clinopyroxene, at the expense of orthopyroxene. Harzburgite Cpx are highly depleted REE, Ti, Zr. Low MREE/HREE ratio in Cpx requires 9-10 % of melting in the garnet stability field followed by 13-14% melting in the spinel stability