

Геология и полезные ископаемые

УДК 552.321.5; 552.321.6

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РУДОНОСНОСТЬ РАССЛОЕННЫХ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАССИВОВ НИЖНЕДЕРБИНСКОГО КОМПЛЕКСА (СЗ ВОСТОЧНОГО САЯНА)

Т.Ю. Черкасова, А.К. Мазуров, А.И. Чернышов*

Томский политехнический университет

*Томский государственный университет

E-mail: tomasstik@yandex.ru

Исследованы рудные минералы расслоенных мафит-ультрамафитовых Бурлакского и Нижнедербинского массивов (СЗ Восточного Саяна). Выделены две главные парагенетические ассоциации рудных минералов: ранняя халькопирит-пентландит-пирротиновая и поздняя (эпигенетическая) миллерит-пентландит-магнетитовая. Проведена сравнительная характеристика хромшпинелидов из ультрамафитов исследуемых массивов с хромшпинелидами из рудного поля Нижнетагильского массива (Южный Урал). Установлены близкие составы хромшпинелидов из пород Нижнедербинского массива и рудного поля Нижнетагильского массива, что повышают перспективы первого на обнаружение ферроплатиновой минерализации.

Ключевые слова:

Расслоенные мафит-ультрамафитовые массивы, рудная минерализация, хромшпинелид, пирротин, пентландит, миллерит.

Key words:

Mafic-ultramafic stratified massifs, ore mineralization, chromspinelide, phytote, pentlandite, millerite.

Введение

Объектом исследования являются потенциально рудоносные на Cu-Ni-Pt оруденение Бурлакский и Нижнедербинский массивы, входящие в нижнедербинский ареал расслоенных перидотит-пироксенит-габброноритовых интрузивов, локализованных в виде прерывистой цепи субширотного простирания на протяжении около 40 км и расположенного в 100 км к югу от г. Красноярска. Массивы нижнедербинского комплекса прорывают дислоцированные верхнерифейские отложения дербинской свиты (мрамора, амфибол-кварцевые и углеродистые сланцы). Авторами, как и другими исследователями [1], данные объекты рассматриваются в качестве аналогов концентрически-зональных дунит-клинопироксенит-габбровых интрузивов, проявившихся на коллизионном этапе развития Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Внутреннее строение массивов

Бурлакский массив имеет линзоподобную форму с раздувами в центральной части и ориентировкой длинной оси в субширотном направлении, его площадь составляет около 16 км² (рис. 1). Массив сло-

жен аподунитовыми и апогарцбургитовыми серпентинитами, верлитами, пироксенитами и габброидами. Расслоенная серия Бурлакского массива состоит из нескольких макроритмов. В наиболее полно представленных ритмах ультрамафитов устанавливается следующая последовательность пород: в основании ритма залегают дуниты, гарцбургиты, верлиты, в которых часто наблюдается ритмичность меньшего масштаба. Такое ритмичное чередование дунитов, верлитов и пироксенитов установлено на отдельном хребте к востоку от г. Бурлак. Выше по разрезу ультраосновные породы сменяются клинопироксенитами, оливинными клинопироксенитами, оливинными вебстеритами и вебстеритами, в которых расслоенность выражена слабо. Верхняя часть ритмов сложена контрастно расслоенными оливинными габброноритами, вебстеритами и отдельными горизонтами и шширами анортозитов.

Сильная блокированность Бурлакской части массива обуславливает выведение на дневную поверхность различных уровней расслоенной серии (рис. 2), на этот факт указывали и предыдущие исследователи [2, 3]. В юго-восточной и восточной

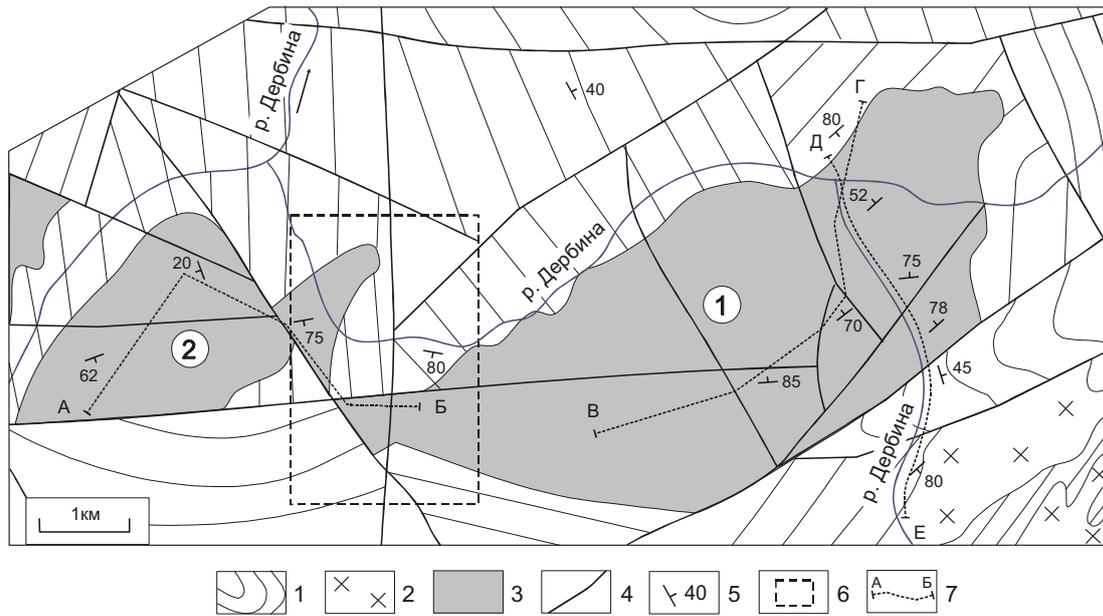


Рис. 1. Схема геологического залегания Бурлакского и Нижнедербинского расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов (Составлена по материалам А.Г. Еханина и др., 1991 [2], с дополнениями авторов). Условные обозначения: 1) вмещающие метаморфические образования; 2) позднепротерозойские гранитоиды; 3) мафит-ультрамафитовые массивы: 1) Бурлакский, 2) Нижнедербинский; 4) разрывные нарушения; 5) элементы залегания слоистости, трахитоидности, минеральной уплотненности; 6) участок детального исследования горными выработками; 7 – профили разрезов

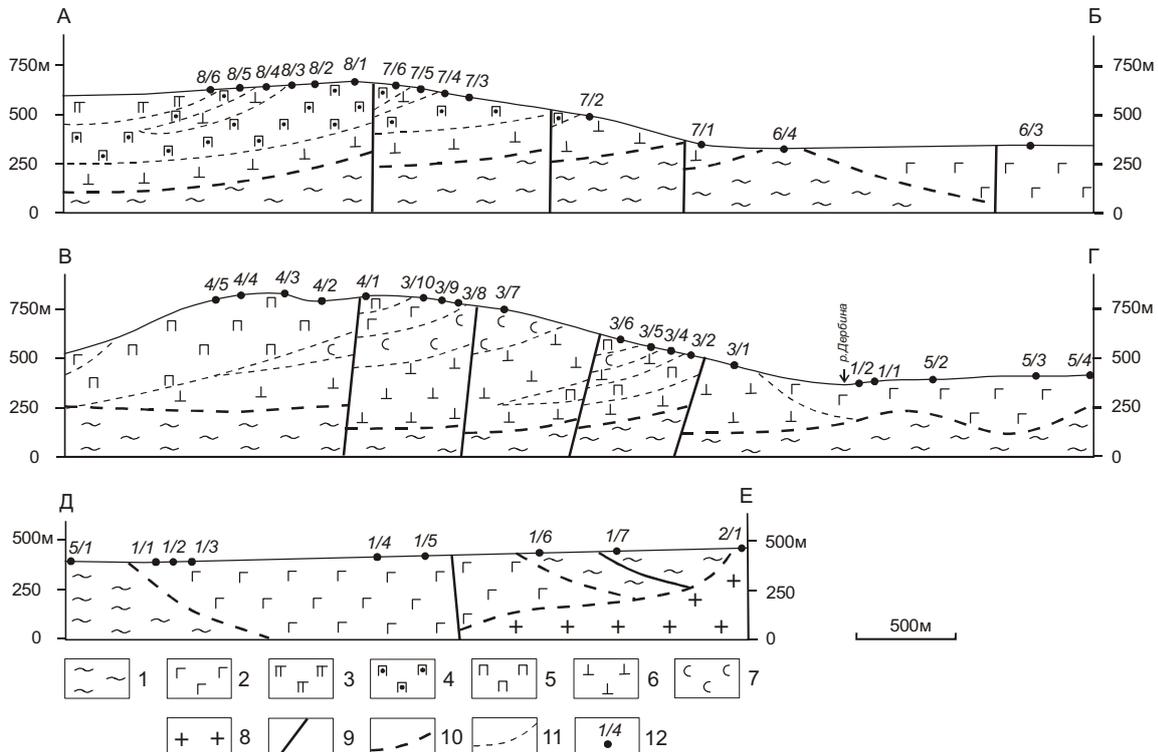


Рис. 2. Схематические геологические разрезы Нижнедербинского (А-Б) и Бурлакского (В-Г, Д-Е) мафит-ультрамафитовых массивов и их обрамления. Условные обозначения: 1) кристаллические сланцы, мраморы; 2) габброиды; 3) горнблендиты; 4) роговообманковые пироксениты; 5) пироксениты; 6) верлиты; 7) аподунитовые и апогартцбургитовые серпентиниты; 8) гранитоиды; 9) разломы; 10) границы со вмещающими породами; 11) петрографические границы; 12) точки наблюдения и их номер

частях вскрываются низы расслоенной серии, представленной дунитами, верлитами и пироксенитами, с тонким ритмичным их чередованием. Взаимоотношения ультрамафитов базальной нижней зоны и мафитов верхней завуалированы тектоническими нарушениями. По петрохимическим особенностям пород, петрографическому их изучению и результатам моделирования процесса кристаллизации (с помощью программ Comagmat 3.7 [4] и Pluton 4.2) в Бурлакском массиве отчетливо выделяются три породные группы: ультрамафитовая, субультрамафитовая и мафитовая. Первые две породные группы обнаруживают близкие тренды своей вещественной последовательной эволюции, а мафитовый тренд значительно отклоняется от эволюционного тренда ультрамафитов.

В результате сформировались интрузии со сложным внутренним строением, обусловленным наличием контрастных ультрамафитовых и мафитовых породных ассоциаций, не обнаруживающих между собой постепенных петрографических переходов [5].

Нижнедербинский массив расположен к западу от Бурлакского массива и имеет площадь около 4 км² (рис. 1). Вертикальная мощность массива по геофизическим данным не превышает 600 м [3]. В плане он имеет овальную, вытянутую в широтном направлении, форму.

Нижнедербинский массив сложен ультрамафитами, габброиды в его составе не были установлены (рис. 2). Ультрамафиты представлены, главным образом, верлитами, амфиболовыми пироксенитами и, реже, горнблендитами. Массив имеет расслоенное внутреннее строение. В его основании залегают верлиты, которые также как в Бурлакском массиве, имеют преимущественно клинопироксеновый состав, при подчиненной роли оливина. Верхняя, основная часть разреза массива сложена роговообманковыми пироксенитами, которые по характеру присутствующих пироксенов подразделяются на клинопироксениты и вебстериты (рис. 2). Эти породы нередко интенсивно подвержены вторичным изменениям, главным образом, уралитизации и тремолитизации. Среди роговообманковых пироксенитов выявляются линзообразные тела верлитов небольшой мощности (менее 100 м). В юго-западной части массива отмечены горнблендиты, которые, вероятно, завершают разрез ультрамафитов Нижнедербинского массива. Согласно данным J.R. Holloway [6], появление роговой обманки в пироксенитах, обусловлено водонасыщенностью магматического расплава на позднемагматической стадии.

Рудная минерализация массивов

Рудную минерализацию массивов, с некоторой долей условности, можно разделить на два главных типа: первично-магматический (I) и эпигенетический (II).

Первично-магматический тип представлен хромшпинелидами, пирротинном и пентландитом,

реже встречаются халькопирит, пирит, арсенопирит и самородное железо. Эти минералы развиты главным образом в ультрамафитах. Образование рудных минералов по разрезам расслоенных серий, как правило, сохраняет названную последовательность выделения минеральных фаз, обусловленную закономерным увеличением сернистости ассоциаций в направлении от центра к периферийным частям массивов.

Хромшпинелиды встречаются, главным образом, в перидотитовых ритмах Бурлакского и Нижнедербинского массивов. Их отличительной особенностью от хромшпинелидов других мафит-ультрамафитовых комплексов является обогащенность по ZnO (до 1,1...1,2 %) (табл. 1). В результате изучения особенностей химического состава хромшпинелидов из пород исследуемых массивов было проведено их сравнение с хромшпинелидами из пород рудного поля Нижнетагильского массива.

Исследование вещественного состава хромшпинелидов из ультрамафитов сравниваемых интрузий проводилось по методике В.С. Соболева и др. [7] с использованием наиболее представительных бинарных диаграмм. На диаграмме «Al₂O₃-Cr₂O₃» (рис. 3, а) фигуративные точки хромшпинелидов из пород Бурлакского массива образуют два поля. Одно из них (I) соответствует ультрамафитам и характеризуется средними содержаниями Cr₂O₃ с Al₂O₃, что согласно диаграмме В.С. Соболева и др. [7] соответствует фации катаклазированных дунитов. Второе поле (II) отвечает субультрамафитам и отличается минимальными содержаниями Cr₂O₃ и максимальными Al₂O₃, оно соответствует шпинель-пироксеновой фации. Третье поле (III) объединяет фигуративные точки хромшпинелидов из пород Нижнедербинского и Нижнетагильского массивов, которое отличается от хромшпинелидов Бурлакского массива минимальными содержаниями Al₂O₃ (3...17 %) и максимальными Cr₂O₃ (41...54 %). Это поле также соответствует фации катаклазированных дунитов. Отличительный состав хромшпинелидов Нижнедербинского и Нижнетагильского массивов от Бурлакского, очевидно, обусловлен интенсивными процессами перекристаллизации и рудообразования в породах первых двух массивов. На факт наличия признаков интенсивных процессов перекристаллизации в хромитовых рудах Нижнетагильского массива неоднократно указывали Е.В. Пушкарев и др. [8].

На бинарной диаграмме «Cr₂O₃-FeO*» (рис. 3, б) фигуративные точки хромшпинелидов из пород исследуемых массивов образуют также три автономные области, которые не обнаруживают между собой постепенных переходов. Первое поле (I) отвечает составу хромшпинелидов из ультрамафитов Бурлакского массива и характеризуется умеренными содержаниями Cr₂O₃ и суммарного FeO* и их минимальными вариациями. Во второе поле (II) попадают хромшпинелиды из субультрамафитов Бурлакского массива. Они являются наиболее ис-

Таблица 1. Химический состав хромшпинелидов в ультрамафитах Бурлакского, Нижнедербинского и Нижнетагильского массивов

№ обр., их количество	Компоненты, мас. %									
	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	MgO	NiO	V ₂ O ₅	ZnO	Σ
Бурлакский массив										
3/7-1	0,18	35,63	24,90	0,23	28,42	10,15	0,17	0,24	0,62	100,54
3/7-2	0,33	31,52	29,18	0,23	27,68	10,20	0,18	0,24	0,30	99,86
3/7-3	0,25	24,76	33,88	0,34	33,21	6,97	0,12	0,32	0,46	100,31
3/7-4	0,23	34,58	25,32	0,25	28,38	10,28	0,18	0,24	0,46	99,92
3/7-5	0,28	34,42	26,04	0,25	27,81	10,41	0,19	0,23	0,36	99,98
3/7 среднее, 25 шт.	0,23	33,83	26,62	0,25	28,23	10,14	0,18	0,24	0,41	100,12
3/1-1	0,05	49,79	8,67	0,21	32,51	8,28	0,15	0,23	1,15	101,03
3/1-1А	0,04	50,17	8,48	0,21	32,58	8,16	0,15	0,21	1,20	101,21
3/1-2	0,05	52,13	8,02	0,19	26,51	12,47	0,21	0,18	0,58	100,34
3/1 среднее, 3 шт.	0,04	50,70	8,39	0,20	30,53	9,64	0,17	0,21	0,98	100,86
Нижнедербинский массив										
8/4-1	0,36	8,63	51,15	0,51	34,72	3,21	0,06	0,31	0,82	99,77
8/4-3	0,21	14,24	47,26	0,42	30,75	5,15	0,03	0,19	0,40	98,65
8/4-3А	0,54	9,59	44,05	0,51	40,30	3,61	0,06	0,24	0,26	99,15
8/4-4А	0,34	13,71	49,25	0,39	30,41	5,15	0,06	0,20	0,43	99,93
8/4-4Б	0,39	15,50	47,07	0,40	30,32	5,54	0,03	0,21	0,40	99,86
8/4-5	0,43	15,97	47,27	0,41	29,35	5,23	0,03	0,21	1,10	100,00
8/4-6	0,40	13,31	49,69	0,40	30,10	5,12	0,03	0,21	0,63	99,89
8/4-9	0,31	12,96	50,23	0,41	30,12	4,85	0,04	0,19	0,92	100,04
8/4-10	1,89	3,53	41,65	0,57	46,96	2,41	0,07	0,48	0,47	98,03
8/4-10А	1,71	3,88	41,99	0,58	45,89	2,41	0,08	0,44	0,47	97,44
8/4-11	0,35	14,75	48,57	0,40	29,36	5,49	0,02	0,19	0,31	99,44
8/4-12	0,32	15,90	47,91	0,39	29,08	5,62	0,04	0,20	0,61	100,06
8/4-13	0,30	13,86	49,81	0,40	30,27	5,28	0,02	0,21	0,32	100,47
8/4 среднее, 17 шт.	0,58	11,71	47,04	0,45	34,36	4,44	0,04	0,25	0,53	99,41
7/1-1	0,35	12,62	53,92	0,29	24,06	8,00	0,03	0,54	0,10	99,90
Нижнетагильский массив										
49	0,54	7,57	49,48	0,58	33,50	8,45	н.о	н.о	н.о	100,07
51	0,49	7,29	50,79	0,53	31,97	9,40	н.о	н.о	н.о	100,56
30	0,56	7,59	48,65	0,52	29,75	10,60	н.о	н.о	н.о	97,67
55	0,50	7,55	50,74	0,50	30,21	9,94	н.о	н.о	н.о	99,44
56	0,48	7,28	51,02	0,54	29,94	10,47	н.о	н.о	н.о	99,70
57	0,50	7,45	51,26	0,48	20,71	10,68	н.о	н.о	н.о	100,08
58	0,48	7,44	50,56	0,50	30,49	10,63	н.о	н.о	н.о	100,10
Среднее, 7 шт.	0,51	7,45	50,36	0,52	29,51	10,02	н.о	н.о	н.о	99,66

Здесь и далее приведены данные микрозондового анализа, выполненного в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) на микроанализаторе Camebax Micro оператором О.С. Хмельниковой.

тошенными в отношении Cr₂O₃, при этом их суммарная железистость остается практически величиной постоянной. Хромшпинелиды из Нижнедербинского и Нижнетагильского массивов формируют вытянутое поле (III) с широкой вариацией FeO* от 20 до 47 % при незначительно изменяющемся Cr₂O₃ от 51 до 44 % и отличаются от хромшпинелидов Бурлакского массива наиболее высокими концентрациями FeO*. В пределах выделенного поля максимально высокие значения об-

щей железистости характерны для перидотитов Нижнедербинского массива. По данным И.В. Бучко и др. [9, 10], существенная обогащенность хромшпинелидов FeO* свидетельствует о высокой фугитивности кислорода при их образовании, что также подтверждается петрогеохимическими особенностями минерального состава пород Нижнедербинского массива и расчетными данными, полученными в результате моделирования формирования массива в программе Comagmat 3.7.

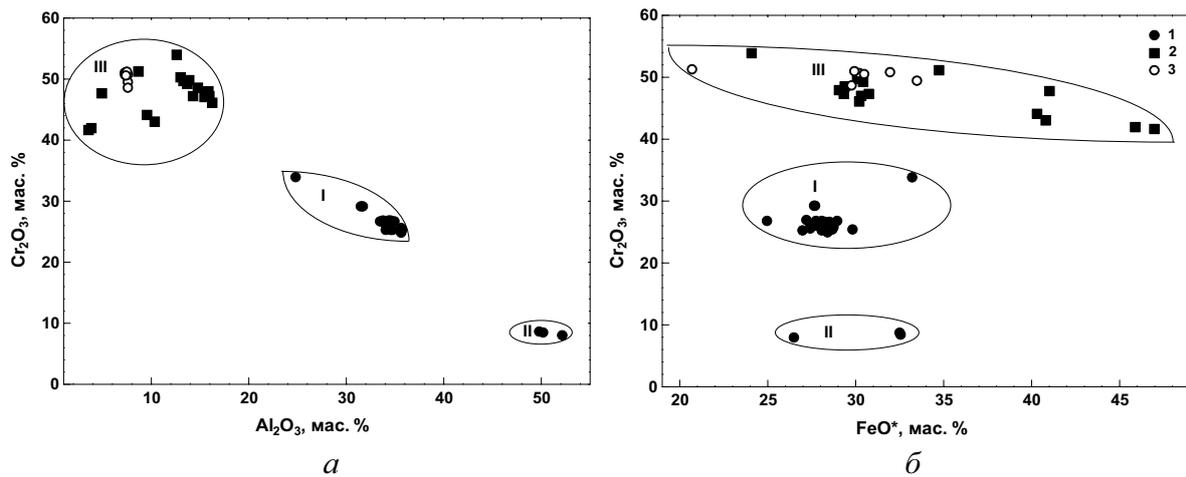


Рис. 3. Поля составов хромшпинелидов из ультрамафитов: 1) Бурлакского; 2) Нижнедербинского и 3) Нижнетагильского массивов

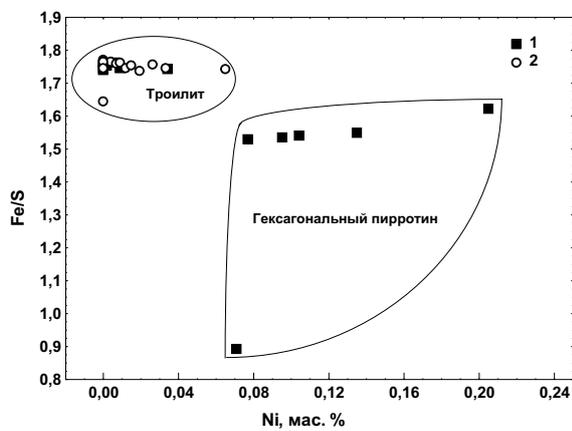


Рис. 4. Составы троилита и гексагонального пирротина в: 1) верлитах и 2) клинопироксенитах Бурлакского массива

Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что формирование хромшпинелидов в породах Бурлакского и Нижнедербинского массивов сопровождалось закономерным уменьшением содержания хрома и увеличением алюминия и железа от ранних дифференциатов к более поздним. Установленные близкие составы хромшпинелидов из пород Нижнедербинского массива и рудного поля Нижнетагильского массива повышают перспективы первого на обнаруже-

ние ферроплатиновой минерализации.

Пирротин является самым распространенным моносulfидом и в подавляющем большинстве преобладает над всеми другими рудными минералами. По составу он отвечает троилиту и гексагональному пирротину (табл. 2) и генетически связан с пироксенами. На бинарной диаграмме «Ni-Fe/S» (рис. 4) фигуративные точки составов пирротиниз ультрамафитовой (1) и субультрамафитовой (2) групп Бурлакского массива образуют две обособленные области. Одна, из них характеризует состав пирротина из верлитов и отвечает гексагональному пирротину с повышенными содержаниями никеля (до 0,21 %). Вторая область образована преимущественно фигуративными точками пирротина из клинопироксенитов и отвечает составу троилита. При этом единичные фигуративные точки пирротина из ультрамафитов Бурлакского массива попадают в поле троилита. В целом, пирротин характеризуется повышенными содержаниями Fe. Размеры их зерен составляют от 0,01...0,5 мм. Чаще всего пирротин слагает большую часть рудных зерен, представленных в виде первичных «капель» сульфидной жидкости (рис 5, а).

Обобщая результаты анализов химического состава пирротина из ультрамафитовой и субультрамафитовой породных групп Бурлакского массива можно предположить, что его образование происходило при низкой фугитивности серы, обусловившей формиро-

Таблица 2. Средние составы рудных минералов системы Fe-Ni-Cu-S в ультрамафитах преимущественно Бурлакского массива

Название породы, число образцов	Компоненты, мас. %							Минерал
	Co	Ni	S	Fe	As	Cu	Σ	
1, 12 шт.	0,02	0,08	0,01	98,81	0,00	0,22	99,14	Самородное железо
1, 2, 31 шт.	0,01	0,03	37,14	62,29	0,00	0,01	99,48	Пирротин
1, 2, 13 шт.	1,79	30,03	33,08	34,85	0,00	0,06	99,81	Пентландит
2, 7 шт.	0,02	0,07	34,43	30,73	0,00	33,83	99,08	Халькопирит
2, 5 шт.	0,00	0,00	52,31	47,49	0,00	0,00	99,80	Пирит
2, 4 шт.	0,00	0,03	20,16	34,26	45,53	0,02	99,98	Арсенопирит

Примечание: 1 – клинопироксенит; 2 – верлит.

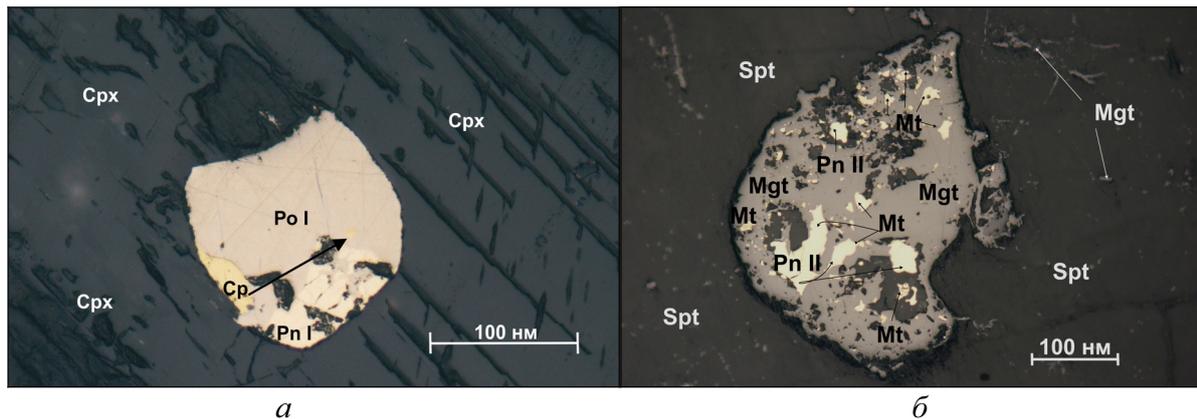


Рис. 5. Рудная минерализация исследуемых массивов: а) ранний тип: халькопирит-пентландит-пирротиновая магматическая ассоциация в клинопироксените (Срх) Бурлакского массива (обр. 3/6). Центральная часть рудного «овоидного» зерна сложена ранним пирротинитом (Po I), в краевых частях халькопиритом (Ср) и ранним пентландитом (Pn I); б) эпигенетический тип: миллерит-пентландит-магнетитовая низкотемпературная метасоматическая рудная минерализация в апо-гарцбургитовом серпентините (Spt) Бурлакского массива (обр. 3/7). Главным рудным минералом является магнетит (Mgt), в нем включения сульфидов – позднего пентландита (Pn II) и миллерита (Mt)

вание малоникелистых разностей (Ni 0,01...0,21 %). В результате большая часть никеля должна была сконцентрироваться в остаточной жидкости, кристаллизация которой привела к образованию высокожелезистого пентландита ($Fe/Ni=1,07...1,19$).

Ранний пентландит встречается преимущественно в виде зернистых агрегатов, концентрирующихся по периферии пирротиновых выделений (рис. 5, а), и значительно реже в форме пламенивидных включений распада внутри пирротина. Размеры его зерен не превышают 0,2 мм. Он хорошо диагностируется в аншлифах по высокой отражательной способности и бело-желтому цвету, в отличие от кремового пирротина и латунно-желтого халькопирита.

Халькопирит обычно обрастает зерна пирротина в его краевых частях (рис. 5, а), либо образует мелкие самостоятельные выделения за пределами пирротиновых капель. Такое количественное меньшинство халькопирита свидетельствует о подчиненной роли медного компонента по отношению к пирротин-пентландитовому. Химический состав халькопирита отвечает его стехиометрической формуле ранней генерации (табл. 2).

Особенности химического состава сульфидных минералов ранней высокотемпературной парагенетической халькопирит-пентландит-пирротиновой ассоциации в нижних частях разреза пород Бурлакского массива, в том числе низкие содержания Ni (до 0,21 %) в пирротинах, позволяют предполагать, что на современном уровне эрозионного среза мы наблюдаем нижние горизонты дифференцированной интрузии. Так, согласно данным [11] низкие концентрации железа и высокие – никеля до 1,64 % свидетельствуют о незначительных температурах образования пирротина и о том факте, что на современном уровне эрозионного среза представлены верхние горизонты расслоенных интрузий, так как при увеличении температур образования пирротин-

на происходит соответствующее уменьшение содержания Ni и возрастание концентраций Fe.

Пирит и **арсенипирит** наблюдаются в качестве аксессуарных минералов, не обнаруживая четкой связи с предыдущими минералами. Их химические составы приведены в табл. 2.

Самородное железо встречается спорадически в ультрамафитах. Авторами в массивах нижнедербинского ареала оно описано впервые. В его составе отмечается примесь никеля, кобальта и меди (табл. 2). Железо встречается в виде включений в силикатных фазах, что, очевидно, указывает на его первично-магматическую природу.

Таким образом, породы Бурлакского массива относятся к перидотит-пироксенит-габбровому формационному типу [5] с характерной ранней высокотемпературной низкосернистой ассоциацией сульфидных парагенезисов (троилит, гексагональный пирротин, пентландит, тетрагональный халькопирит).

Эпигенетический тип представлен также преимущественно минералами железа и никеля: магнетитом, поздним пентландитом, миллеритом, никелином, цинкистой медью, самородными фазами никеля и железа (сфероидального) и самородным золотом.

Магнетит является неотъемлемым минералом серпентинитов и связан с серпентинизацией исходных ультраосновных пород. Образование магнетита сопровождается появлением позднего пентландита и миллерита (рис. 5, б). В процессе замещения из оливина выделяется избыток никеля и железа, которые не входят в структуру серпентина и поэтому «сбрасываются» в виде различных форм магнетита и позднего пентландита. По мнению И.В. Бучко [12], геохимический барьер, способствующий концентрации низкотемпературных рудных минералов в ультрамафитах создает изменение окислительной обстановки на восстановительную на стадии образования раннего антигорита. По-видимому, низкотемпературные метасома-

тические процессы, которые активно участвовали в перераспределении железа и никеля, также должны участвовать и при перераспределении элементов платиновой группы [13]. На присутствие их повышенных концентраций (до 0,3 г/т) в нижней серпентинизированной перидотит-пироксенитовой зоне Бурлакского и Нижнедербинского массивов указывали предыдущие исследователи [3].

Поздний пентландит образует как захваченные включения в магнетите, так и самостоятельные мелкие кристаллы за его пределами. Часто он выступает в качестве основного компонента рудной минерализации, его доля в соотношении с остальными сульфидами может достигать 70 %. Размерность выделений варьирует от 0,01...0,07 мм. Часто пентландит формирует совместные зерна с миллеритом (рис. 5, б).

Миллерит образует тонкую вкрапленность в магнетитах из серпентинитов обоих исследуемых массивов и отличается ярким желто-белым цветом и высокой отражательной способностью, местами он образует мономинеральную вкрапленность. Точно этот минерал был диагностирован с помощью электронного сканирующего микроскопа Hitachi S3400N в аналитическом центре МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ (г. Томск). Ранее в массивах Нижнедербинского ареала его не отмечали.

Никелин также наряду с миллеритом приурочен к зернам магнетита и встречается в виде редчайшей вкрапленности размером около 0,05 мм. По количественному признаку он находится в меньшинстве по отношению к миллериту и позднему пентландиту.

Цинкистая медь или самородная «латунь» также впервые была отмечена авторами в массивах исследуемого комплекса. Она встречается повсеместно, но эпизодически, образует мелкие (до 0,05 мм) самостоятельные обособления по ослабленным зонам между зернами оливина и пироксена, предположительно, в области декомпрессионной разгрузки флюидных насыщенных растворов. Такое объяснение природы эпигенетического оруденения в хромитовых рудах было изложено в [9].

Самородное железо сфероидального облика наблюдалось авторами в перидотитах Нижнедербинского массива, оно приурочено к измененным породам, содержащим оливин. То есть, образование такого железа связано с процессами его высвобождения из оливина при серпентинизации пород в восстановительных условиях. «Сферулы» самородного железа не имеют какой-то определенной закономерности распределения.

Fe-Ni твердые растворы также имеют эпигенетичную природу и образуются метасоматически в восстановительных условиях, как конечный этап распада рудных минералов и при серпентинизации оливин-содержащих пород. Они часто приурочены к магнетитовой «сыпи». В результате обобщения

данных, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа удалось установить практически стопроцентное содержание железа и никеля без участия каких-либо других компонентов, при этом соотношения Ni/Fe \approx от 1,5 до 2. Отмечается также примесь Co. Размерность таких выделений не превышает 0,01 мм. Самородные фазы никеля и железа имеют округлые очертания и образуют единичные вкрапления в магнетите.

Самородное золото отмечалось авторами неоднократно, как в серпентинитах Бурлакского, так и в верлитах Нижнедербинского массивов. При этом размерность его выделений в серпентинитах Бурлакского массива не превышала 0,005 мм, в то время как в верлитах Нижнедербинского массива отмечались более крупные золотины до 0,1 мм.

Выводы

1. Изучены главные рудные минералы потенциально рудоносных на Cu-Ni-Pt оруденение мафит-ультрамафитовых массивов нижнедербинского комплекса (СЗ Восточного Саяна). Выделены главные парагенетические ассоциации рудных минералов: ранняя халькопирит-пентландит-пирротиновая (I) и поздняя (эпигенетическая) миллерит-пентландит-магнетитовая (II).
2. Особенности химического состава рудных минералов (троилит, гексагональный пирротин, пентландит, тетрагональный халькопирит) ранней ассоциации (I), отражают высокотемпературный низкосернистый характер их формирования, что позволяет установить на современном уровне эрозионного среза нижние горизонты дифференцированных интрузий.
3. Большинство рудных минералов (миллерит, никелин, цинкистая медь, самородное железо) эпигенетической ассоциации (II) установлено в исследуемых массивах впервые.
4. Показано, что ультрамафиты Бурлакского и Нижнедербинского расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов характеризуются разнообразием рудных минералов, содержания которых колеблются в значительных пределах.
5. Сравнительная характеристика хромшпинелидов из ультрамафитов исследуемых массивов с хромшпинелидами из рудного поля Нижнетагильского массива (Южный Урал) позволила установить близкие составы хромшпинелидов из пород Нижнедербинского массива и рудного поля Нижнетагильского массива, что повышает перспективы первого на обнаружение ферроплатиновой минерализации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию. ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.». Гос. контракт № П750 от 12.08.2009 г., российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-90707).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изох А.Э., Шелепаев Р.А., Лавренчук А.В., Бородин Е.В., Егорова В.В., Васюкова Е.А., Гладкочуб Д.П. Разнообразие кембро-ордовикских ультрабазит-базитовых ассоциаций Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение процессов взаимодействия плюма и литосферной мантии // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Матер. научного совещ. по Программе фундаментальных исследований. – Иркутск, 2005. – Т. 1. – С. 106–108.
2. Волохов И.В., Иванов В.М. Нижне-Дербинский габбро-пироксенит-перидотитовый интрузивный комплекс Восточного Саяна // Геология и геофизика. – 1964. – № 5. – С. 52–67.
3. Еханян А.Г., Филиппов Г.В., Аникеева А.Н. Особенности геологического строения и рудоносности Бурлакского ультрабазит-базитового массива (Восточный Саян) // Известия вузов. Сер. Геология и разведка. – 1991. – Т. 9. – № 1. – С. 72–78.
4. Ariskin A.A., Frenkel M.Ya., Barmina G.S., Neilsen R.L. Comagmat: a Fortran program to model magma differentiation processes // Computers and Geosciences. – 1993. – V. 19. – № 5. – P. 1155–1170.
5. Черкасова Т.Ю., Чернышов А.И. Петрохимические особенности расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов нижне-дербинского комплекса (СЗ Восточного Саяна) // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 324. – С. 390–394.
6. Holloway J.R., Burnham C.W. Melting relations of basalt with equilibrium water pressure less than total pressure // J. Petrology. – 1972. – V. 13. – № 3. – P. 1–29.
7. Соболев В.С., Соболев Н.В. О хроме и хромосодержащих минералах в глубинных ксенолитах кимберлитовых трубок // Геология рудных месторождений. – 1967. – № 2. – С. 18–37.
8. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Гарути Дж., Заккарини Ф. Хром-платиновое оруденение Нижнетагильского типа на Урале: структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса // Литосфера. – 2007. – № 3 – С. 28–65.
9. Бучко И.В. Минералого-геохимические особенности и природа расслоенных ультрабазит-базитов юго-восточного обрамления Сибирской платформы (на примере Веселкинского массива): автореф. дис. ... к.г.-м.н. – Благовещенск, 1999. – 24 с.
10. Бучко И.В., Зимин С.С., Октябрьский Р.А. Эволюция состава рудных минералов в процессе становления Веселкинского ультрабазит-базитового массива Среднего Приамурья // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 2000. – № 4. – С. 29–36.
11. Формирование расслоенных интрузивов и связанного с ними оруденения / под ред. Е.В. Шаркова. – М.: Научный мир, 2006. – 368 с.
12. Бучко И.В., Изох А.Э., Носырев М.Ю. Сульфидная минерализация ультрабазит-базитов Станового мегаблока // Тихоокеанская геология. – 2002. – Т. 21. – № 4. – С. 56–68.
13. Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов Юга Сибири / под ред. В.И. Богникова, А.П. Кривенко, А.Э. Изоха и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 1995. – 151 с.

Поступила 01.06.2010 г.

УДК 553.411.071:550.42(546.1+546.8)

ЯВЛЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ФЕМОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗОЛОТОНОСНЫХ БЕРЕЗИТАХ И БАЗАЛЬТОГЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ МЕЗОТЕРМАЛЬНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ

И.В. Кучеренко, Р.Ю. Гаврилов

Томский политехнический университет

E-mail: Kucherenko.o@sibmail.com

Обобщены данные о контрастных аномалиях химических элементов фемофильной специализации (P, Ti, Mg, Fe, Ca, Mn) в березитах тыловых зон окологорных метасоматических ореолов трех мезотермальных месторождений золота: Иркиндинского, Кедровского (Северное Забайкалье), Чертово Корыто (Патомское нагорье). Обсуждаются и обосновываются представления о высокой миграционной способности титана и фосфора на начальных стадиях мезотермальных рудообразующих процессов, о геолого-генетической однородности месторождений золота, образованных в кристаллическом и черносланцевом субстрате, о генерации щелочных восстановленных металлоносных растворов в магматических очагах аномальной мантии. Подтверждается вывод, согласно которому мезотермальные золотые месторождения образуются в результате функционирования флюидно-магматических золотопродуцирующих систем на позднем базальтоидном этапе становления антидромных гранит-диорит-долеритовых магматических комплексов.

Ключевые слова:

Фемофильные элементы, аномалии, березиты, золотые месторождения, базальтогенная концепция рудообразования.

Key words:

Femic elements, anomalies, beresites, gold deposits, basaltogenetic conception of ore forming.

Введение

В результате изучения пространственно-временных соотношений золоторудных жил Бериккульского месторождения (Кузнецкий Алатау) с производными магматизма и дифференциации здесь многочисленных поздних умеренно-щелоч-

ных базитовых даек на дорудные, внутрирудные и позднерудные (послерудные) совокупности возникло предположение о генерации металлоносных растворов в очагах базальтовых расплавов, поступление которых в область рудообразования чередовалось с поступлением растворов [1]. Это предпо-