

5. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верховин А.В. Петролого-геохимические черты рудовмещающего метасоматического ореола золоторудного месторождения Чертово Корято (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312. — № 1. — С. 11–20.
6. Вагина Е.А., Рудмин М.А. Кристалломорфология и термоэлектрические свойства пирита и арсенопирита золоторудного месторождения Чертово Корято (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — Т. 317. — № 1. — С. 66–73.
7. Вагина Е.А. Влияние микропримесей на микротвердость арсенопирита и пирита золоторудного месторождения Чертово Корято (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. — 2011. — Т. 319. — № 1. — С. 47–52.
8. Прокофьев В.Ю. Геохимические особенности рудообразующих флюидов гидротермальных месторождений золота различных генетических типов. — Новосибирск: Наука, 2000. — 192 с.
9. Cathelineau M. Cations site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature // Clay minerals. — 1988. — V. 23. — № 4. — P. 471–485.
10. Кучеренко И.В. Магматогенное золотое оруденение в структурах допалеозойской складчатости (на примере южного обрамления Сибирской платформы): дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — Т. 1. — Томск, 1991. — 243 с.
11. Рослякова Н.В., Цимбалест В.Г., Шугурова Н.А. Состав рудообразующих растворов Беркульского золоторудного месторождения // Генетические типы и закономерности размещения месторождений золота Дальнего Востока / под ред. В.Г. Моисеенко. — Новосибирск: Наука, 1976. — С. 64–71.
12. Томиленко А.А., Гибшер Н.А. Особенности состава флюида в рудных и безрудных зонах Советского кварц-золоторудного месторождения, Енисейский край (по данным изучения флюидных включений) // Геохимия. — 2001. — № 2. — С. 167–177.

Поступила 27.04.2012 г.

УДК 552.321.6:553.08

РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИДАРСКОГО ДУНИТ-ГАРЦБУРГИТОВОГО КОМПЛЕКСА (СЕВЕРО-ЗАПАД ВОСТОЧНОГО САЯНА)

А.Н. Юричев, А.И. Чернышов

Томский государственный университет
E-mail: juratur@sibmail.com

Исследованы особенности рудной минерализации дунитов и гарцбургитов реститового идарского комплекса Канской глыбы, расположенной в северо-западной части Восточного Саяна. Показаны типоморфизм, минеральный и химический состав минералов. Полученные данные позволили установить эволюционную направленность изменения химического состава хромшпинелидов и ассоциирующих с ними сульфидов, которая определяется условиями их деплетирования в верхней мантии и последующими метаморфогенными преобразованиями при перемещении и консолидации в земной коре.

Ключевые слова:

Реститы, дунит, гарцбургит, хромшпинелид, пирротин, пентландит.

Key words:

Restite, dunite, harzburgite, chromospinelide, pyrrhotite, pentlandite.

Введение

Ультрамафиты и мафиты различной формационной принадлежности пользуются значительным распространением в пределах Канской глыбы Восточного Саяна. Они картируются в виде многочисленных массивов, чаще небольших размеров, и привлекают внимание многих исследователей в связи с потенциальной рудоносностью [1, 2]. Однако их формационная принадлежность и металлогеническая специализация часто оказываются дискуссионными и требуют дальнейшего изучения.

Объектом настоящего исследования являются мелкие линзовидные тела идарского реститового дунит-гарцбургитового комплекса, изученные нами в северо-западной части Канской глыбы.

В настоящей статье рассматривается эволюция вещественного состава хромшпинелидов и ассоциирующих с ними сульфидов в процессе формирования пород и их последующих метаморфических изменений.

Краткая геологическая характеристика исследуемого объекта

Породы идарского ультрамафитового комплекса (AR_2-PR_1 ?) пользуются значительным распространением в Канской глыбе. Они представлены мелкими, часто линзовидными телами [3], которые являются реститовыми образованиями и были выведены в верхние этажи литосферы по эшелонированным глубинным надвигам, обрамляющим с юго-запада Сибирскую платформу [4].

Породы комплекса представлены метаморфическими ультрамафитами дунит-гарцбургитовой ассоциации, которые характерны для нижней части офиолитовых комплексов [5]. Отличительной особенностью пород этой ассоциации является наличие в них гранобластовых и порфирокластовых структур, свойственных для метаморфических пород [6]. Часто дуниты и гарцбургиты серпентинизированы и представлены хризотилowymi, хризо-

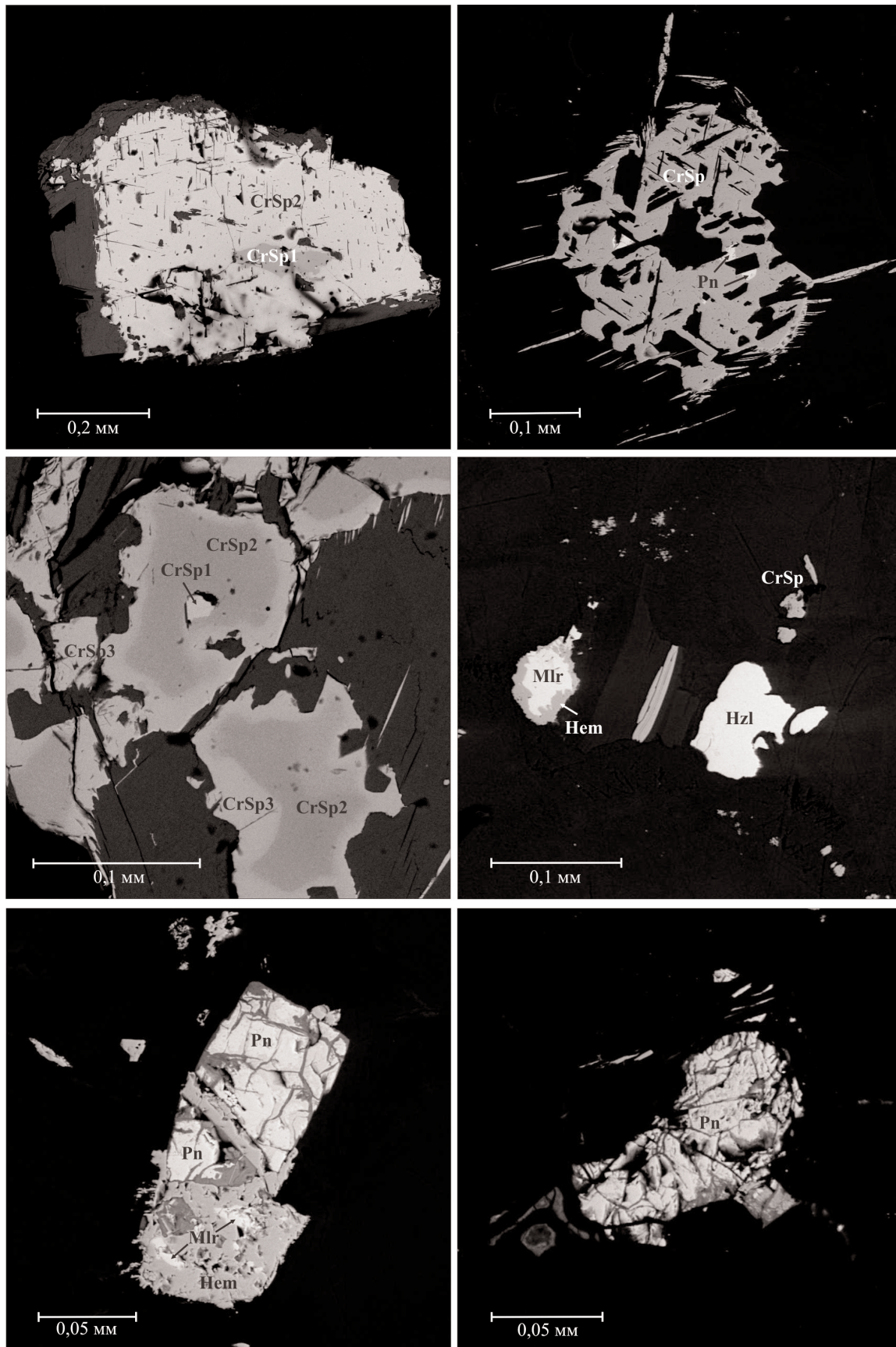


Рис. 1. Рудная минерализация ультрамафитов идарского комплекса: CrSp – хромшпинель; Hem – гематит; Pn – пентландит; Mlr – миллерит; Hzl – хизлевудит

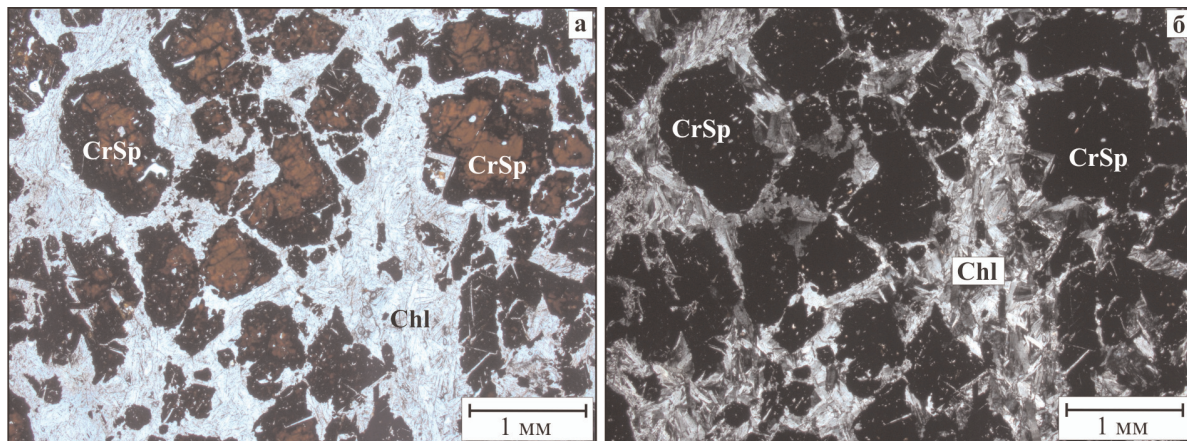


Рис. 2. Хромитит. Обр. 2003. Без анализатора (а) и с анализатором (б). Минералы: CrSp – хромшпинель; Chl – хлорит

тил-антигоритовыми, лизардитовыми, лизардит-антигоритовыми и антигоритовыми серпентинитами, которые нередко оказываются оталькованными, карбонатизированными и амфиболитизированными.

Методика исследования

Рудные минералы в породах комплекса изучались в проходящем и отраженном свете на поляризационном микроскопе Axioscop 40 Pol. Анализ их вещественного состава, а также получение качественных изображений в отраженных электронах (режим BSE) [7] выполнен методом рентгеноспектрального микроанализа на электронном сканирующем микроскопе «Tescan Vega II XMU», оборудованном энергодисперсионным спектрометром (с полупроводниковым Si (Li) детектором INCA x-sight) INCA Energy 450 и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700 в Институте экспериментальной минералогии (ИЭМ) РАН (г. Черноголовка). Для этого из отобранных образцов пород с рудной минерализацией были изготовлены плоскопараллельные аншлифы толщиной 3...4 мм по рекомендуемым методикам [7, 8]. Перед проведением анализов на исследуемые поверхности предварительно напыляли слой углерода толщиной 30 нм. Последующие расчеты химических составов проводились по программе INCA-Issue 18b и по дополнительным программам, разработанным в ИЭМ РАН.

Рудная минерализация

Изучение рудной минерализации проводилось в неизмененных и слабо серпентинизированных дунитах и гарцбургитах. Проведенные исследования по химическому составу позволяют объединить рудные минералы в два основных типа минерализации: хромшпинелиевую и сульфидную, рис. 1.

Хромшпинелиды являются основными рудными минералами, отмечаются в виде частой равномерной вкрапленности (до 20 %) самостоятельных зерен с размером 0,1...0,3 мм (отдельные зерна

до 1 мм) в основной массе породы. В мелких массах в верховьях р. Борын, Адралка, Мал. Кулижа – отмечены мелкие рудные тела хромититов с вкрапленной и густовкрапленной структурами. Они сложены субизометричными, неправильными по форме зернами хромшпинелидов размером 1,0...2,5 мм, количество которых составляет до 60...70 %. Зерна часто дезинтегрированы на отдельные более мелкие индивиды, промежутки между ними выполнены мелкочешуйчатыми бесцветными агрегатами хлорита, рис. 2.

Зерна хромшпинелидов во вкрапленных рудных сегрегациях отличаются высокой степенью идиоморфизма, встречаются также округлые индивиды, редко с выраженными гранями, рис. 1. Зерна обычно катаклазированы в процессе деформирования рудных тел. Отмечается нахождение хромшпинелидов в тесном срастании с силикатными минералами, с образованием своеобразных графических структур. В отдельных зернах хромшпинелидов выявляются мельчайшие (20...30 мкм) включения пентландита, рис. 1.

Согласно классификации Н.В. Павлова [9], в дунитах и гарцбургитах идарского комплекса выделены следующие разновидности хромшпинелидов: субферриалюмохромиты, субалюмоферрихромиты, феррихромиты и хроммагнетиты, а также в каймах замещения встречаются магнетиты, рис. 3.

Выделенные разновидности чаще выявляются в составе концентрически зональных зерен и редко образуют самостоятельные метакристаллы, рис. 1. Зональность двухфазная, реже трехфазная и характеризуется от центра зерна к его периферии следующей последовательностью: субферриалюмохромит–субалюмоферрихромит–хроммагнетит (трехфазная), феррихромит–магнетит (двухфазная). В химическом отношении в этом направлении происходит уменьшение магнезиальности, глиноземистости, содержания хрома, цинка, при этом наблюдается увеличение железистости, степени окисления железа, хромистости и содержания титана, ванадия, рис. 4, табл. 1.

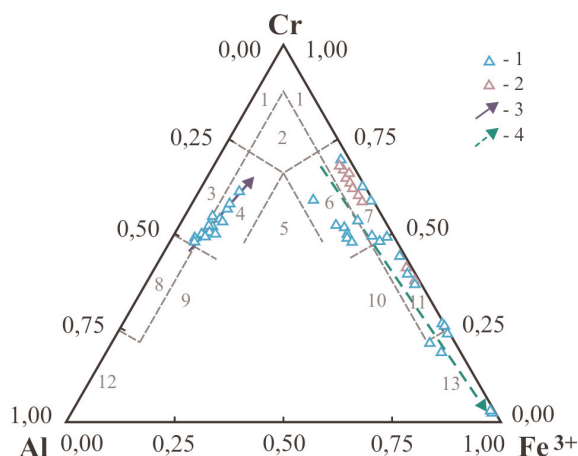


Рис. 3. Составы шпинелидов из ультрамафитов идарского комплекса на классификационной диаграмме Н.В. Павлова [9]: 1) хромит; 2) субферрихромит; 3) алюмохромит; 4) субферриалюмохромит; 5) ферриалюмохромит; 6) субалюмоферрихромит; 7) феррихромит; 8) хромпикотит; 9) субферрихромпикотит; 10) субалюмохроммагнетит; 11) хроммагнетит; 12) пикотит; 13) магнетит. Породы комплекса: 1 – дуниты; 2 – гарцбургиты. Тренды изменчивости состава шпинелей: 3 – глубинной магматической дифференциации; 4 – метаморфического преобразования в коровых условиях

Наибольшие содержания никеля устанавливаются в хроммагнетитах, а содержания цинка в субферриалюмохромитах. В феррихромитах из дунитов отмечаются наиболее высокие содержания хрома (до 48 %), табл. 1.

Сульфидная минерализация крайне редка и представлена пентландитом, хизлевудитом и миллеритом.

Пентландит образует обособленные мелкие зерна прямоугольной, округлой формы размером до 0,15 мм по границам зерен оливина и мельчайшие (до 30 мкм), чаще треугольные выделения внутри зерен хромшпинелидов, рис. 1. В самостоятельных зернах наблюдается весьма отчетливая октаэдрическая спайность, по системе (111). Цвет

минерала бело-желтый, отражательная способность высокая. Химический состав пентландита близок стехиометрической формуле и одинаков как в самостоятельных зернах, так и во включениях, табл. 2.

По периферии зерен пентландита и по трещинкам отмечается развитие каемок гематита, рис. 1.

Хизлевудит формирует самостоятельные желтовато-кремовые в отраженном свете зерна округлой, неправильной формы размером до 0,7 мм, обычно в ассоциации с миллеритом и нередко по периферии замещается последним. В химическом составе постоянно отмечается примесь железа (0,23...1,08 %), табл. 2.

Миллерит наблюдается в виде зернистых агрегативных выделений размером до 0,05 мм в ассоциации с пентландитом и хизлевудитом, нередко в составе гематитовой массы, рис. 1. Выделения характеризуются неправильной формой, латунно-желтым цветом в отраженном свете и невысоким рельефом. Химический состав минерала отличается от его стехиометрической формулы повышенным содержанием никеля при пониженном содержании серы, отмечается также примесь железа, табл. 2.

Обсуждение результатов и выводы

В дунитах и гарцбургитах идарского комплекса установлены два типа рудной минерализации: хромшпинелиевая и сульфидная. Анализ химических составов шпинелидов позволяет выделить два тренда их эволюции. Первоначальный тренд составов характеризуется уменьшением гиноземистости и магнезиальности с возрастанием хромистости, рис. 3, и определяется преобразованием хромшпинелидов в мантийных условиях [10–12]. Данному тренду отвечают субферриалюмохромиты в дунитах. Более поздний тренд, связанный с уменьшением Al, Mg, Cr и возрастанием Fe^{3+} , обусловлен процессами корового метаморфизма [10–12], проявившегося в интенсивном равномерном уменьшении хрома и полном выносе подвижных компо-

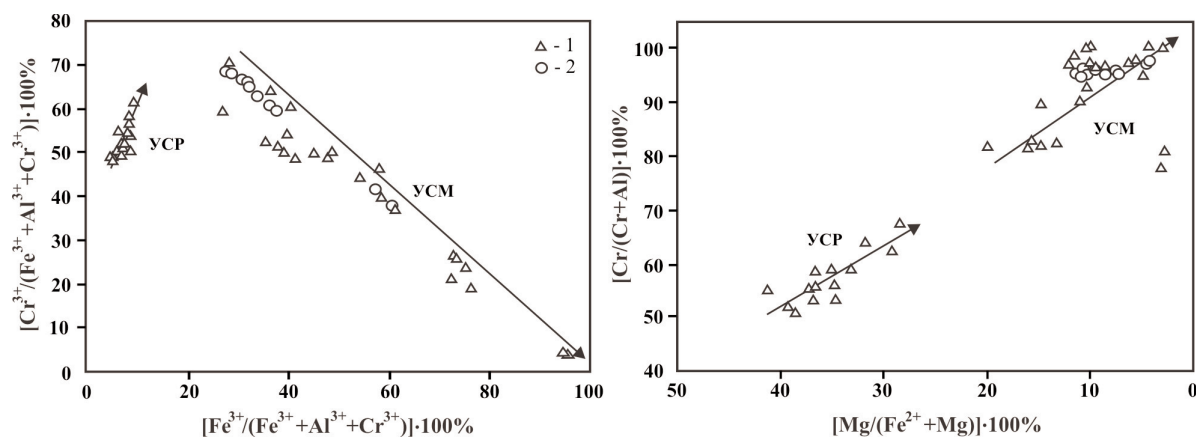


Рис. 4. Бинарные диаграммы для хромшпинелей из дунитов (1) и гарцбургитов (2) идарского комплекса: UCP – увеличение степени рестирования; UCM – увеличение степени метаморфизма

Таблица 1. Химический состав хромшпинелей в породах идарского комплекса, мас. %

Порода	Образец	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO _{tot}	CoO	NiO	ZnO	Fe ³⁺ #	Cr#	Mg#
Субферриалюмохромит														
Дуниты	5173-1	8,26	21,69	0,08	0,44	39,56	0,86	27,30	0,33	0,13	0,61	8,53	55,06	41,27
	5173-2	6,92	19,60	–	0,42	41,77	0,57	29,04	0,17	0,05	0,98	8,43	58,84	35,11
	5173-3	7,40	21,35	–	0,48	40,46	0,53	27,75	0,33	0,12	0,93	6,85	55,99	36,69
	5173-4	7,37	20,21	–	0,35	42,35	0,42	27,22	0,44	0,10	0,74	6,17	58,43	36,67
	5173-5	6,47	19,42	0,04	0,37	41,93	0,82	28,94	0,23	0,02	0,77	7,79	59,15	33,14
	5173-7	7,50	22,86	–	0,62	38,83	0,36	27,89	0,32	0,17	0,89	6,59	53,29	36,71
	5173-1-3	5,74	17,72	–	0,29	42,95	0,47	30,72	0,37	0,14	0,79	8,25	61,93	29,16
	5173-1-4	6,16	17,03	–	0,17	44,54	0,67	29,53	0,48	0,03	0,94	8,26	63,69	31,72
	5173-1-6	7,15	22,63	–	0,39	39,26	0,44	28,37	0,36	0,03	0,54	5,95	53,76	34,66
	5173-1-7	5,39	14,81	0,04	0,39	45,96	0,82	30,67	0,15	–	1,15	9,11	67,55	28,33
	5173-3-2	7,64	22,09	–	0,49	40,21	0,21	28,19	0,11	0,04	0,73	7,02	54,99	37,25
	5173-3-5	6,88	21,13	–	0,54	40,75	0,73	28,35	0,08	0,04	1,00	7,28	56,40	34,70
	5197-1-1	7,84	24,42	–	0,35	38,84	0,43	25,18	0,22	0,06	2,22	4,87	51,62	39,28
	Среднее (13)	6,98	20,38	–	0,41	41,34	0,56	28,40	0,28	0,08	0,95	7,31	57,75	34,98
Субальюмоферрихромит														
Дуниты	5173-6	2,87	5,05	–	0,40	36,62	0,81	53,15	0,34	–	0,29	37,88	82,92	15,61
	5173-1-5	2,66	5,20	0,27	0,54	35,45	0,62	53,65	0,68	0,39	0,05	39,05	82,07	14,73
	5173-3-3	3,70	6,46	0,10	0,21	42,33	0,49	44,46	0,27	0,29	0,62	26,84	81,42	19,99
	5173-3-4	2,88	5,67	0,03	0,51	37,53	0,72	51,01	0,65	0,37	0,32	35,46	81,63	15,98
	5197-1-3	2,41	4,88	0,29	0,40	34,03	0,88	55,74	0,33	0,11	0,41	41,38	82,38	13,20
	Среднее (5)	2,90	5,45	0,17	0,41	37,19	0,70	51,60	0,46	0,29	0,34	36,12	82,08	15,90
Феррихромит														
Гарцбургиты	18488-3-1	2,09	1,29	0,94	0,48	44,48	0,62	48,51	0,54	0,18	0,53	30,73	95,84	11,29
	18488-4-1	1,39	1,26	1,66	0,27	38,81	0,96	54,12	0,18	0,05	0,38	38,01	95,44	7,58
	18488-1-1	1,75	1,14	1,17	0,10	44,11	0,96	49,29	0,29	0,15	0,58	31,28	96,25	9,47
	18488-1-2	1,97	1,33	1,06	0,28	43,28	1,06	49,67	0,38	–	0,76	32,49	95,63	10,71
	18488-2-1	1,89	1,54	0,60	0,60	46,05	0,60	47,35	–	0,17	0,49	28,44	95,31	10,36
	18488-4-1	1,62	1,59	0,95	0,11	46,03	0,37	48,14	0,19	0,02	0,40	27,75	95,07	8,60
	18488-4-2	1,37	1,26	1,56	0,43	39,64	0,49	53,22	0,69	0,22	0,73	36,44	95,44	7,36
	18488-5-1	1,76	1,49	1,26	0,37	41,75	0,92	51,17	0,46	0,20	0,08	34,00	95,01	9,54
	Среднее (8)	1,73	1,36	1,15	0,33	43,02	0,75	50,19	0,39	0,14	0,49	32,39	95,50	9,36
Дуниты	2010-3-2	1,85	–	0,61	0,30	43,64	1,11	52,28	0,21	–	–	36,25	100	10,30
	2010-3-3	1,80	–	0,51	0,39	41,14	0,80	54,94	0,41	–	–	40,06	100	10,04
	23/1-2-3	2,04	0,81	0,87	0,13	48,16	0,93	45,98	0,37	0,42	0,22	27,56	97,57	11,45
	Среднее (3)	1,90	–	0,66	0,27	44,31	0,95	51,07	0,33	–	–	34,62	99,19	10,60
«Поздний» феррихромит														
Дуниты	5197-7	1,76	0,66	0,21	0,38	30,86	0,57	63,89	0,22	0,57	0,73	54,34	96,96	10,03
	5197-8	2,18	0,65	0,39	0,47	34,21	0,63	59,81	0,68	0,18	0,39	48,84	97,19	12,16
	5197-1-4	1,85	1,67	–	0,61	33,71	0,91	59,93	0,24	0,37	0,27	47,83	93,10	10,34
	5197-1-7	1,98	2,49	0,14	0,38	34,56	0,82	58,28	0,41	0,18	0,40	45,12	90,37	11,00
	5173-1-8	2,64	2,84	0,16	0,72	37,74	0,64	53,19	0,74	0,34	0,30	39,83	89,99	14,83
	Среднее (5)	2,08	1,66	0,22	0,51	34,22	0,71	59,02	0,46	0,33	0,42	47,19	93,52	11,67
Хроммагнетит														
Гарцбургиты	18488-3-2	0,87	0,49	1,28	0,87	27,12	0,53	67,53	0,31	0,20	0,50	57,41	97,33	4,64
	18488-5-2	0,76	0,41	1,51	0,51	24,99	0,87	69,34	0,33	0,59	0,25	61,13	97,68	4,18
	Среднее (2)	0,82	0,45	1,39	0,69	26,05	0,70	68,43	0,32	0,39	0,37	59,27	97,50	4,41
Дуниты	5197-1	1,77	0,75	2,09	0,09	26,05	0,79	67,25	0,44	0,27	0,42	58,63	95,90	9,30
	5197-2	1,50	0,73	2,21	0,29	24,01	0,93	69,08	0,11	0,45	0,05	61,46	95,58	7,89
	Среднее (2)	1,64	0,74	2,15	0,19	25,03	0,86	68,17	0,28	0,36	0,23	60,04	95,74	8,59

Окончание табл. 1

Порода	Образец	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO _{tot}	CoO	NiO	ZnO	Fe ³⁺ #	Cr#	Mg#
«Поздний» хроммагнетит														
Дуниты	5173-3-1	0,54	2,08	–	0,16	13,38	0,32	82,41	0,49	0,43	–	76,37	81,10	2,88
	5173-1-2	0,57	2,85	–	0,49	14,81	0,26	79,46	0,46	0,49	–	72,55	77,69	3,10
	5197-3	1,07	0,25	1,40	0,30	17,08	0,37	78,47	0,40	0,11	–	73,73	97,77	5,56
	5197-4	0,94	0,48	1,50	0,41	15,64	0,43	79,10	0,33	0,58	–	75,32	95,58	4,91
	5197-6	1,19	0,31	1,76	0,48	17,36	0,55	76,82	0,26	0,31	0,50	72,84	97,27	6,30
	Среднее (5)	0,86	1,20	1,55	0,37	15,65	0,39	79,25	0,39	0,38	–	74,16	89,88	4,55
Магнетит														
Дуниты	2010-3-1	0,57	–	–	–	2,79	0,34	96,30	–	–	–	96,07	100	3,07
	2010-3-4	0,81	–	0,10	0,11	2,79	0,26	95,93	–	–	–	96,05	100	4,34
	Среднее (2)	0,69	–	–	–	2,79	0,30	96,12	–	–	–	96,06	100	3,71

Примечание: Здесь и далее определение химического состава осуществлялось на электронном сканирующем микроскопе «Tescan Vega II XMU», оборудованном энергодисперсионным спектрометром (с полупроводниковым Si (Li) детектором INCA x-sight) INCA Energy 450 и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700 в ИЭМ РАН (г. Черногловка) оператором А.Н. Некрасовым. Химические составы приведены к 100 %. Fe³⁺# – степень окисления железа, $Fe^{3+}\# = [Fe^{3+} / (Fe^{3+} + Cr + Al)] \cdot 100$ %; Cr# – хромистость, $Cr\# = [Cr / (Cr + Al)] \cdot 100$ %; Mg# – магнезиальность, $Mg\# = [Mg / (Mg + Fe^{2+})] \cdot 100$ %.

нентов (Al и Mg) из шпинелей в силикатные минералы (хлорит, серпентин). В образцах это подтверждается наличием «свежей» хлоритовой рубашки вокруг зерен шпинелей. При высоких степенях метаморфического преобразования из шпинелидов практически полностью выносятся хром.

Таблица 2. Химический состав сульфидных минералов в ультрамафитах идарского комплекса, вес. %

Минерал	Образец	S	Fe	Ni	Co	Сумма
Пентландит	Включения в зернах шпинелидов					
	23/1-2-1	32,96	33,22	31,78	1,45	99,42
	23/1-2-2	32,71	33,77	31,93	1,15	99,56
	23/1-2-4	33,47	32,54	32,73	1,07	99,82
	Среднее (3)	33,05	33,18	32,15	1,23	99,60
	Самостоятельные обособленные зерна					
	23/1-1-1	33,00	32,62	32,11	1,56	99,29
	23/1-1-2	33,50	32,37	32,12	1,63	99,63
	23/1-3-с1	32,68	32,04	32,49	2,37	99,58
	23/1-3-1	34,14	33,05	31,56	1,26	100,01
	Среднее (4)	33,33	32,52	32,07	1,70	99,63
Хизлевудит	2010-1-1	27,86	1,08	71,02	0,04	100,00
	2010-1-(1)	27,92	1,08	71,15	0,04	100,19
	2010-1-3	27,18	0,23	71,92	–	99,33
	2010-1-4	27,54	0,35	72,12	–	100,01
	Среднее (4)	27,62	0,69	71,55	0,04	99,88
Миллерит	2010-2-2	31,91	1,97	65,76	0,03	99,67

Наличие в дунитах субферриалюмохромитов, отличающихся относительно низкой хромистостью и повышенной магнезиальностью, табл. 1, очевидно, свидетельствует об умеренной степени их деплетированности. На рис. 3, 4 выявленный тренд эволюции хромшпинелей в мантийных условиях отражает степень рестирования вмещающих его ультрамафитов. Увеличение степени рестирования сопровождается возрастанием хромистости

и железистости при уменьшении магнезиальности, что также характерно для мантийных реститогенных ультрамафитов [13] и служит дополнительным свидетельством реститовой природы пород идарского комплекса.

Сульфидная минерализация представлена крайне редкими акцессорными выделениями «первично мантийного» пентландита и поздними (эпигенетическими) выделениями хизлевудита и миллерита.

Пентландит, очевидно, является наиболее ранним и высокотемпературным образованием и, судя по тесной ассоциации с первичными мантийными хромшпинелями, образовывался в заключительную стадию их кристаллизации.

Хизлевудит встречается чаще в серпентинизированных ультрамафитах в виде самостоятельных мелких зерен, нередко приуроченных к жилкам серпентина и, вероятно, является гидротермальным низкотемпературным образованием. При этом магматическое его происхождение, несмотря на нередкую ассоциацию с пентландитом, не допускается.

Миллерит зернистого облика встречается в метасоматически измененных ультрамафитах. Он, очевидно, образуется по пентландиту и хизлевудиту в условиях низкотемпературного гидротермального процесса, сопровождаемого привнесом серы.

Хизлевудит и миллерит характеризуются пространственной сближенностью с хромшпинелями, относящимися к коровому метаморфическому тренду.

Таким образом, в реститовых ультрамафитах выявляется эволюционная направленность в изменении химического состава хромшпинелидов и ассоциирующих с ними сульфидов, которая определяется условиями их деплетирования в верхней мантии и последующими метаморфогенными преобразованиями при перемещении и консолидации в земной коре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов Юга Сибири / под ред. В.И. Богнибова, А.П. Кривенко, А.Э. Исоха и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 1995. — 151 с.
2. Кислов Е.В., Конников Э.Г. Рифейская эпоха платинометалло-медно-никелевого рудообразования // Проблемы геологии и геохимии юга Сибири: Матер. Междунар. науч. конф. — Томск, 2000. — С. 67–72.
3. Корнев Т.Я., Еханин А.Г., Князев В.Н., Шарифулин С.К. Железисто-каменные пояса юго-западного обрамления Сибирской платформы и их металлогения. — Красноярск: КНИИГиМС, 2004. — 176 с.
4. Чернышов А.И., Ножкин А.Д., Мишенина М.А. Петрохимическая типизация ультрамафитов Канского блока (Восточный Саян) // Геохимия. — 2010. — № 2. — С. 1–25.
5. Колман Р.Г. Офиолиты. — М.: Мир, 1979. — 261 с.
6. Гончаренко А.И., Чернышов А.И. Деформационная структура и петрология нефритоносных гипербазитов. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. — 200 с.
7. Reed S.J.B. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology. — N.Y.: Cambridge University Press, 2005. — 189 p.
8. Taylor C.M., Radtke A.S. Preparation and polishing of ores and mill products for microscopic examination and electron microprobe analysis // Econ. Geol. — 1965. — № 65. — P. 1306–1319.
9. Павлов Н.В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов // Труды Геологического института РАН. — 1949. — Вып. 103. — 91 с.
10. Перевозчиков Б.В., Плотников А.В., Макиев Т.Т. Природа вариаций состава рудной и аксессуарной хромшпинели ультрабазитового массива Сыум-Кеу (Полярный Урал) // Известия вузов. Геология и разведка. — 2007. — № 4. — С. 32–39.
11. Плотников А.В. Анализ перспектив хромитовосности массива Сыум-Кеу (Полярный Урал): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Пермь, 2009. — 21 с.
12. Юричев А.Н. Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых массивов талажинского и кулибинского комплексов Восточного Саяна: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Томск, 2011. — 22 с.
13. Dick H.J.B., Bullen T. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas // Contrib. Mineral. Petrol. — 1984. — V. 84. — P. 54–76.

Поступила 30.01.2012 г.