УДК 553.086:553.3.071

А.Г.ПИЛЮГИН, *аспирант*, *andrew_pilugin@mail.ru*
В.Г.ЛАЗАРЕНКОВ, *д-р геол.-минерал. наук*, *профессор*, *lazarenkov@mail.ru*
Н.И.ВОРОНЦОВА, *канд. геол.-минерал. наук*, *доцент*, *natvoron@yandex.ru*
И.В.ТАЛОВИНА, *канд. геол.-минерал. наук*, *доцент*, *i.talovina@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», *Санкт-Петербург*
А.П.КОЗЛОВ, *д-р техн. наук*, *заместитель директора по научной работе*, *kozap@mail.ru*
Институт проблем комплексного освоения недр РАН, *Москва*
А.В.АНТОНОВ, *научный сотрудник*, *avlan.online@gmail.com*
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.Карпинского (*ВСЕГЕИ*), *Санкт-Петербург*
У.КЕМПЕ, *д-р наук*, *научный сотрудник*, *kempe@mineral.tu-frieberg.de*
Институт минералогии Фрайбергской горной академии, *Фрайберг*

A.G.PILUGIN, *post-graduate student*, *andrew_pilugin@mail.ru*
V.G.LAZARENKOV, *Dr. in geol. & min. sc.*, *professor*, *lazarenkov@mail.ru*
N.I.VORONTSOVA, *PhD in geol. & min. sc.*, *associate professor*, *natvoron@yandex.ru*
I.V.TALOVINA, *PhD in geol. & min. sc.*, *associate professor*, *i.talovina@gmail.com*
National Mineral Resources University (*Mining University*), *Saint Petersburg*
A.P.KOZLOV, *Dr. in eng. sc.*, *deputy director in the field of scientific researches*, *kozap@mail.ru*, *Institute of Comprehensive Exploration of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences*, *Moscow*
A.V.ANTONOV, *research assistant*, *avlan.online@gmail.com*
A.P.Karpinsky Russian Geological Research Institute (*VSEGEI*), *Saint Petersburg*
U. KEMPE, *Dr. sc.*, *research assistant*, *kempe@mineral.tu-frieberg.de*
TU Bergakademie Freiberg Institute of Mineralogy, *Freiberg*

ПЛАТИНОНОСНЫЕ ЖИЛЬНЫЕ ХРОМИТИТЫ СВЕТЛОБОРСКОГО КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВОГО МАССИВА, СРЕДНИЙ УРАЛ

Платинометалльное оруденение Светлоборского массива представлено двумя перспективными минеральными ассоциациями – хромит-платиновой и платиноносных дунитов. Тела платиноносных хромититов залегают в пределах полей мелко- и среднезернистых дунитов центральной части массива. Хромшпинелиды жильных платиноносных хромититов Светлоборского клинопироксенит-дунитового массива имеют ряд геохимических особенностей, таких как повышенное содержание железа и пониженное алюминия. Изменение химического состава слагающих хромититы минералов происходит в результате процессов серпентинизации вмещающих дунитов и сопровождается появлением новых минеральных фаз. Благороднометалльная минерализация представлена мелкими (до 50 мкм), преимущественно идиоморфными зернами изоферроплатины, тетраферроплатины и осмистого иридия.

***Ключевые слова*:** Светлоборский массив, Платиноносный пояс, хромитит, платина.

PLATINUM BEARING VEIN CHROMITES OF SVETLY BOR PYROXENITE-DUNITE MASSIF, CENTRAL URALS

Platinum mineralization in Svetly Bor massif is represented by two promising mineral assemblages: chromite-platinum and platinum-type dunite. Body platinum of chromites lie within the fields of small-and medium-grained dunite central part of the array. Spinel epigenetic vein plati-

num chromites of Svetly Bor clinopyroxenite-dunite massif have some geochemical features such as high iron content, low chromium and titanium. Changing the chemical composition of the constituent minerals chromites is the result of processes of serpentinization of dunites host and is accompanied by the emergence of new mineral phases. Noble metal mineralization is represented by fine of up to 50 microns, mostly idiomorphic grains isoferroplatinum, tetraferroplatinum, osmiridium.
***Key words*:** Svetly Bor massif, Platinum belt, chromitite, platinum.

Введение. Платинометалльное оруденение, ассоциирующее с хромититовыми жилами, впервые было установлено на Нижнетагильском зональном массиве, где с 1824 г. ведется добыча россыпной платины, а на рубеже XIX и XX столетий отрабатывались мелкие коренные месторождения. Оруденение получило название хромит-платинового или нижнетагильского типа. Позднее подобные жильные образования были установлены и на других массивах урало-аляскинского типа, в том числе и на Светлоборском. Схожесть геологической позиции в дунитовых ядрах массивов, морфологии тел, минерального состава и установленной платиноносности позволяет относить такие объекты не только к источникам россыпной, но и к потенциальным промышленным источникам коренной платины – обогащенным рудным столбам внутри крупнообъемных месторождений [8]. Петрография и минеральный состав жильных платиноносных хромититов Светлоборского зонального массива, а также геохимические особенности слагающих их минералов рассмотрены в данной работе. Состав минералов определялся микрорентгеноспектральным методом в лабораториях Фрайбергской горной академии (аналитик У.Кемпе) и ВСЕГЕИ (аналитик А.В.Антонов).

Концентрически-зональные ультрамафитовые массивы Платиноносного пояса Урала являются коренными источниками крупнейших в мире платиновых россыпей. За все время эксплуатации уральские россыпные месторождения дали не менее 460 т платиновых металлов и до 68 т золота. Светлоборский и Вересовоборский клинопироксенит-дунитовые, а также Качканарский габбро-клинопироксенитовый массивы послужили источниками богатейшего на Урале Исовско-Туринского россыпного района. С 1824 г. и до настоящего времени здесь было добыто, по разным оценкам, от 220 до 290 т платины и до 23 т попутного золота [12]. Оставшийся суммарный прогнозный потенциал – 4,04 т при содержаниях 0,08-0,5 г/м^3 и суммарные запасы – 3,3 т при содержаниях 0,118-3 г/м^3 оставляют его в ряду перспективных платиноносных объектов. В настоящее время россыпная платиноносность в районе представлена техногенными россыпями и мелкими обособленными россыпными месторождениями, частично отработанными.

Металлогенический потенциал массивов Платиноносного пояса Урала оценивается в 19 тыс.т [11]. Прогнозные ресурсы рудной платины в двух крупнейших и наиболее перспективных концентрически-зональных массивах – Нижнетагильском и Светлоборском до глубины 500 м составляют соответственно 2200 и 1200 т при средних содержаниях 0,16-0,45 г/т [7, 10]. В связи с открытием крупнообъемных платиноносных зон в дунитах Гальмоэнанского зонального массива на севере Камчатки и на Светлоборском массиве [20] и благодаря появлению новых технологий большеобъемного опробования [6] и обогащения платиносодержащих дунитов [17] актуальность исследований коренных источников знаменитых уральских россыпей сегодня крайне высока. В связи с этим платинометалльное оруденение Светлоборского массива представляет повышенный интерес.

Геологическое строение Светлоборского массива и его платинометалльность. Светлоборский клинопироксенит-дунитовый массив площадью 20 км^2 слагает пологие холмы Светлого Бора высотой до 404 м и находится в 3 км от пос. Косья близ г. Качканар Свердловской области на Среднем Урале. Массив относится к качканарскому интрузивному комплексу и входит в цепочку концентрически-зональных массивов Платиноносного пояса Урала (рис.1, *а*). Имеет позднеордовикский возраст и залегает

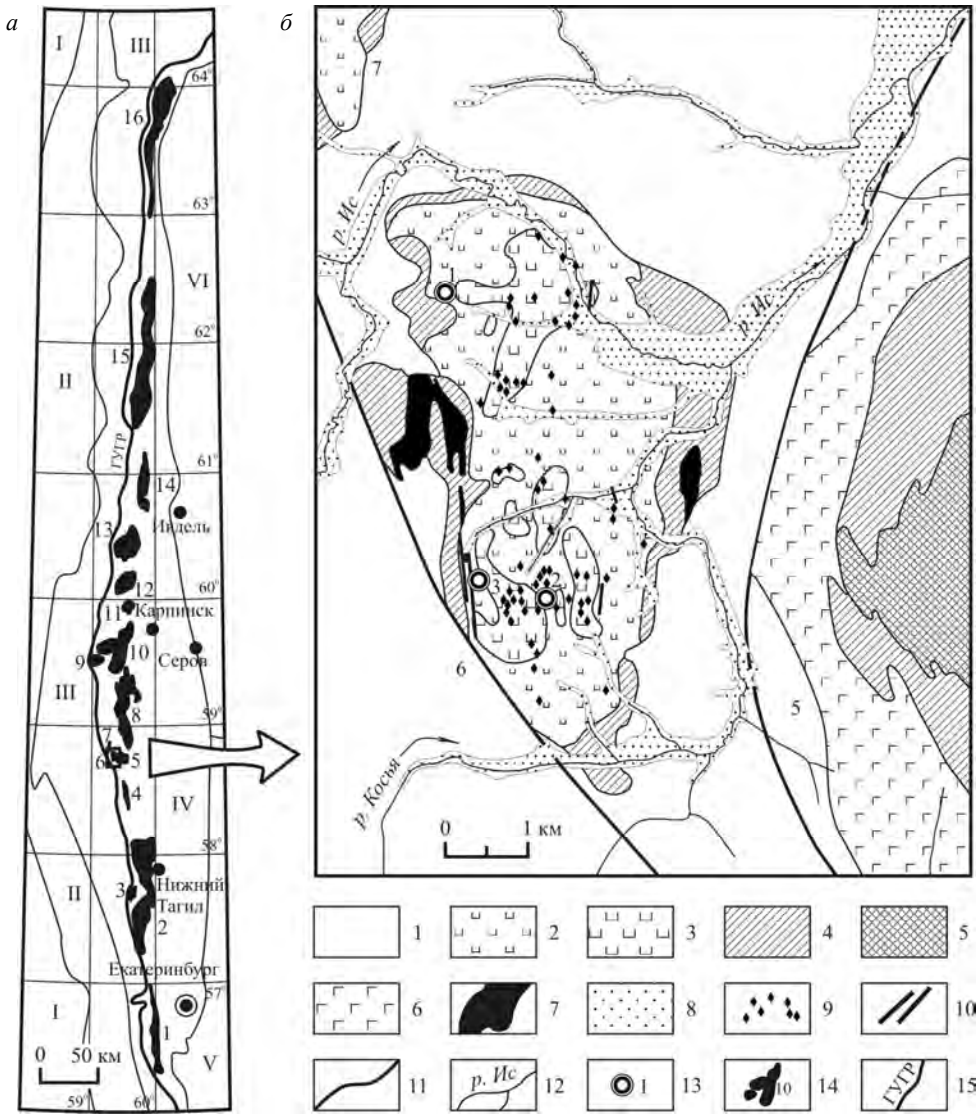


Рис.1. Положение массивов Платиноносного пояса Урала (*а*) [2, 4] и схематическая карта Светлоборского клинопироксенит-дунитового массива (*б*) [1, 3, 7, 15]

Массивы Платиноносного пояса: 1 – Ревдинский, 2 – Тагило-Баранчинский, 3 – Нижнетагильский, 4 – Арбатский, 5 – Качканарский, 6 – Светлоборский, 7 – Вересовоборский, 8 – Правдинский, 9 – Косьвинский, 10 – Кытлымский, 11 – Княспинский, 12 – Кумбинский, 13 – Денежкинский, 14 – Помурский, 15 – Чистопский, Ялпинг-Ньерский, 16 – Хорасюрский

Структурно-минерагенические мегазоны Уральской складчатой системы: I – Предуральский краевой прогиб, II – Западно-Уральская, III – Центрально-Уральская, IV – Тагило-Магнитогорская, V – Восточно-Уральская, VI – чехол Западно-Сибирской платформы

На карте массива: 1 – кытлымиты, зеленые сланцы выйской свиты среднего – верхнего ордовика; 2 – тонко- и мелкозернистые дуниты; 3 – средне- и крупнозернистые дуниты; 4 – клинопироксениты; 5 – титаномагнетитовые клинопироксениты; 6 – габбро; 7 – горнблендиты; 8 – платиноносные аллювиальные отложения; 9 – жилы хромититов; 10 – дайки иситов, горблендитов и клинопироксенитов; 11 – тектонические нарушения; 12 – гидросеть; 13 – некоторые рудопроявления платины (1 – Борт Лога № 1; 2 – Травянистый Лог; 3 – Высоцкого); 14 – массивы Платиноносного пояса Урала; 15 – Главный Уральский глубинный разлом

среди зеленых сланцев выйской свиты среднего – верхнего ордовика, превращенных в приконтактовых зонах в кытлымиты и микроамфиболиты [7]. Форма массива линзовидная, вытянутая в субмеридиональном направлении на 7,5 км при ширине 4,5 км, согласная с северо-западным простиранием вмещающих пород.

Гравиметрические данные указывают на клиновидную форму тела в разрезе, не-

глубокое залегание нижней кромки массива (0,8-2,4 км) и падение контактов на восток: западного – под углом 40°, восточного – 60° [3].

Массив состоит из дунитового ядра площадью 14 км^2 и пироксенитовой оболочки шириной от 250 м до 1,5 км (рис.1, *б*). Центральную часть дунитового ядра слагают средне- и мелкозернистые дуниты. Мелкозернистые разности образуют несколько крупных полей в северной и южной половинах массива, среднезернистые – небольшие зоны на территории этих полей, а крупнозернистые разновидности имеют довольно ограниченное распространение. Среди северного и южного поля средне- и мелкозернистых дунитов отмечаются две зоны развития жильных хромититов. Периферическая часть ядра (кольцо шириной 0,1-2 км) сложена тонкозернистыми дунитами, прорванными дайками клинопироксенитов, магнетитовых клинопироксенитов, хромдиопсидитов, флогопит-хромдиопсидовых пород, горнблендитов, горнблендит-пегматитов, апатитовых горнблендитов и иситов мощностью до 2 м. К дайкам иситов, габбро и горнблендитов приурочены зональные офит-хлоритовые и офит-антофиллитовые прожилки мощностью до 3 см. Клинопироксенитовая оболочка прослежена почти по всей периферии массива. Отмечаются мономинеральные, оливиновые, магнетитовые и флогопитовые разности. На контакте с кытлымитами и дунитами встречаются милонитизированные клинопироксениты. Горнблендиты развиты также в западной и восточной частях массива на контакте клинопироксенитов с кытлымитами и внутри клинопироксенитовой оболочки. Дунит-пегматиты в пределах массива не выявлены [7].

Платинометалльное оруденение Светлоборского массива представлено двумя продуктивными минеральными ассоциациями: хромит-платиновой, приуроченной к эпигенетическим хромititовым жилам центральной части дунитового ядра, – нижнетагильский тип, и платиноносных дунитов, приуроченной к тонкозернистым дунитам краевой части ядра, прорванных серией субпараллельных даек клинопироксенитов, горнблендитов и иситов. Среди дунитов массива выявлено несколько рудопроявлений платиновых металлов, в том числе: Борт Лога № 1 – тонкая вкрапленность платины в выветрелых дунитах с содержанием 0,4-0,7 г/т платины; Травянистый Лог – дуниты с хромititовыми шлирами, содержащие до 1,0 г/т платины [3]; рудопроявление Высоцкого – линейные минерализованные зоны тонкозернистых дунитов краевой части ядра шириной 3-12 м, с содержаниями платины от 0,2 до 22,5 г/т, контролирующиеся прорывающими их дайками клинопироксенитов, горнблендитов и иситов [15].

Хромит-платиновое оруденение массива. В Светлоборском массиве хромititовые жилы редки и имеют достаточно ограниченное распространение. Они распределены по периферии зон среднезернистых дунитов, главным образом в южной части массива. Установлено, что вмещающие хромititовые жилы дуниты имеют специфические структурные особенности. Наиболее продуктивные породные ассоциации приурочены к участкам с признаками интенсивного динамического преобразования пород [14]. Пластическая деформация дунитов сопровождалась синтектонической рекристаллизацией с образованием катакластических и милонитовых структур, в результате чего формировались порфирокластическая и мозаичная микроструктуры породы.

Выделяются два типа жильных хромититов – прожилково-вкрапленный и массивный. Все они залегают в дунитах и не выходят за пределы этих пород. А.Н.Заварицким на основе взаимоотношений хромititовых жил с вмещающими дунитами выделялись сингенетические руды, характеризующиеся постепенными переходами с дунитами, и эпигенетические – с резкими контактами [5]. В Светлоборском массиве преобладают хромититы прожилково-вкрапленного типа, участвующие в пластических деформациях дунитов (сингенетические, по А.Н.Заварицкому). Хромититы слагают тела линзовидной формы. Мощность отдельных жил составляет первые сантиметры, длина по простиранию – до первых десятков сантиметров. Хромититы могут образовывать

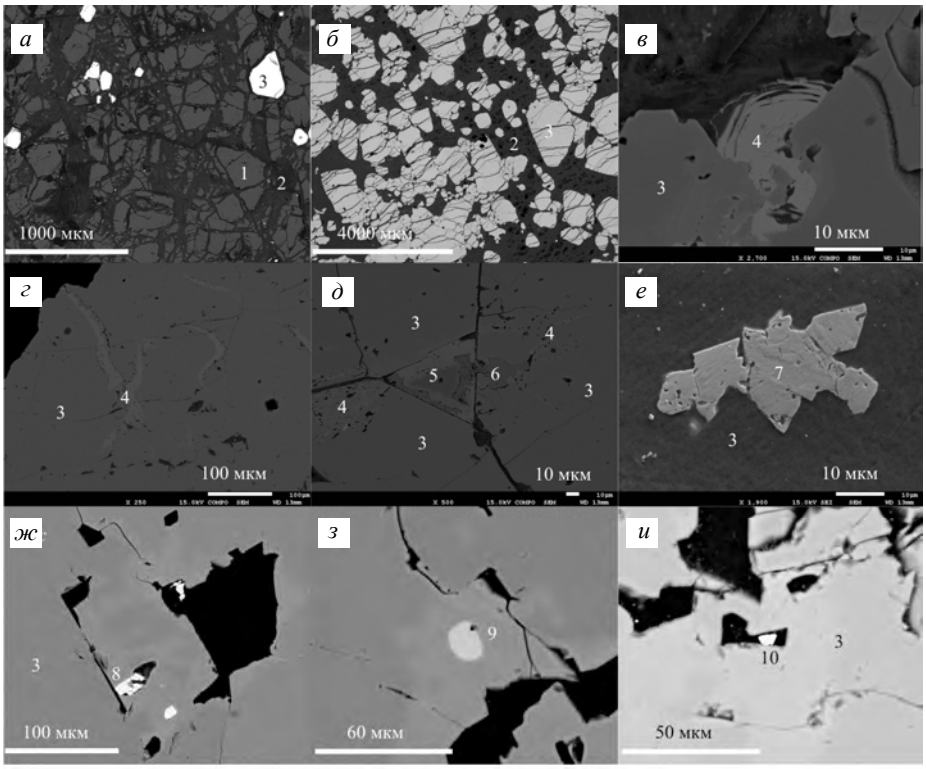


Рис.2. Микрофотографии: *а* – вкрапленный хромшпинелид 3 в серпентинизированном дуните, 1 – оливин, 2 – серпентин; *б* – густовкрапленный хромитит; *в* – зональный хроммагнетит 4 среди хромита; *г* – выделения магнетита 4 в хромшпинелиде 3; *д* – магнетит 4, ильменит 5, перовскит 6 среди зерен хромшпинелида; *е* – миллерит 7 в хромите; *ж* – пентландит 8 в хромшпинелиде; *з* – халькопирит 9 в хромшпинелиде; *и* – самородный висмут 10 в хромите

линейные струеобразные скопления в виде системы ветвящихся прожилков, мощность – до 0,5 м и длина до нескольких метров.

Массивные и густовкрапленные хромититы рассечены тонкой сетью полых или минерализованных трещин, ориентированных преимущественно перпендикулярно к контактам прожилков. Эти трещины заполнены белым землистым хризотилом, офитом (агрегат хризотила и антигорита [7]), хлоритом и карбонатами. В центральных частях массивных жил отмечается пористость.

Среди прожилково-вкрапленных выделяются бедно-, средне- и густовкрапленные (рис.2, *б*) хромититы. Вмещающий хромититы сильно серпентинизированный дунит часто содержит вкрапленные зерна хромшпинелида (рис.2, *а*).

Вкрапленный хромшпинелид боковых частей массивных прожилков ориентирован согласно с простиранием тел хромититов и имеет трещиноватость, направленную по нормали к удлинению линзовидной жилы. Магнетит в виде шлейфовой вкрапленности слагает цепочки зерен в центральных частях серпентиновых прожилков, а также частично замещает зерна хромшпинелида изнутри по микротрещинам (рис.2, *в*, *г*, *д*). Зерна ильменита неоднородны, внешняя его часть богаче TiO_2. Перовскит (рис.2, *д*) кристаллизуется после хромита и ильменита, но до магнетита, замещающего хромшпинелид.

Среди сульфидов выявлены миллерит (рис.2, *е*), пентландит (рис.2, *ж*), халькопирит, галенит (рис.2, *з*), а также самородный висмут и самородное железо.

Микрорентгеноспектральным методом были проанализированы хромшпинелиды массивных хромититовых жил и прожилков Светлоборского массива, а также определены их средние составы. Вариации составов хромитов приведены в табл.1.

Из табл.1 следует, что составы прожилково-вкрапленных хромититов по сравнению с массивными жильными несколько беднее Mg, Al и Ti и богаче железом. Это связано с их большей подверженностью влиянию процесса наложенной серпентинизации.

Таблица 1

Массовое содержание хромшпинелидов хромititовых жил Светлоборского массива, %

Содержание	MgO	Al_2O_3	TiO_2	Cr_2O_3	MnO_2	FeO
Общее по хромititам (57 анализов)						
Минимальное	5,38	1,12	–	40,30	–	20,92
Максимальное	10,51	11,21	1,16	55,26	0,91	41,84
Среднее	12,96	6,39	0,62	50,87	0,45	29,28
Массивный жильный хромитит (44 анализа)						
Минимальное	7,84	1,12	–	40,30	–	20,92
Максимальное	12,96	11,21	1,16	55,26	0,69	35,59
Среднее	11,08	6,69	0,68	50,80	0,42	28,62
Прожилково-вкрапленный хромитит (13 анализов)						
Минимальное	5,38	3,92	–	44,56	–	24,45
Максимальное	10,95	6,36	0,63	54,70	0,91	41,84
Среднее	8,58	5,40	0,42	51,11	0,55	31,51

Примечание. Анализы выполнены микрорентгеноспектральным методом на растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6400 во Фрайбергской горной академии (аналитик У.Кемпе) и во ВСЕГЕИ на сканирующем электронном микроскопе CamScan MX2500 (аналитик А.В.Антонов).

Бурый цвет обрамляющих хромititовые прожилки серпентинизированных дунитов, как видно под микроскопом, связан с бурой окрашенностью серпентина оксидами железа, которая исчезает по мере удаления от контакта с хромitовым прожилком.

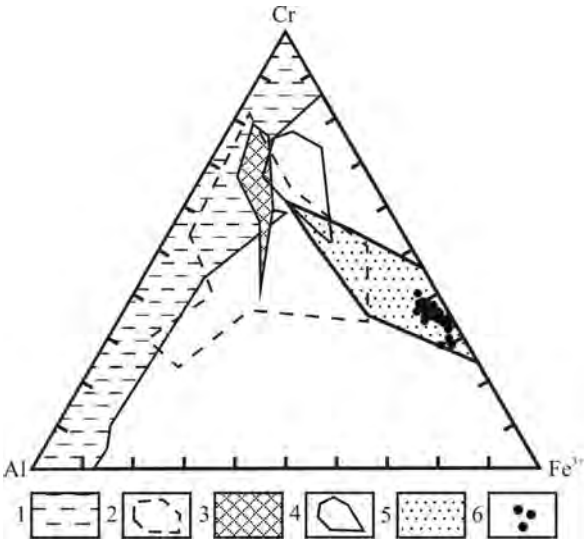


Рис.3. Состав хромшпинелидов на диаграмме Cr-Al-Fe^{3+}

1 – поле состава хромшпинелидов подиформных хромititов офиолитовых массивов [21]; 2 – поле стратиформных хромititов расслоенных массивов [21]; 3 – поле состава хромшпинелидов коматиитов [21]; 4 – поле состава хромшпинелидов Нижнетагильского зонального массива [19]; 5 – поле состава хромшпинелидов Светлоборского зонального массива [19]; 6 – составы проанализированных хромшпинелидов Светлоборского массива

Химический состав хромшпинелидов эпигенетических хромititовых жил Светлоборского массива отвечает составу хромititов зональных массивов уралоаляскинского типа, характеризующихся пониженным содержанием Al (рис.3).

Хромшпинелиды Светлоборского массива чуть менее хромистые, чем хромиты Нижнетагильского массива [16]. В целом же их составы соответствуют «низам» поля хромititов Светлоборского массива, выделенного Т.Оже [19]. Обращает на себя внимание также низкое содержание Ti в некоторых пробах, не характерное для хромшпинелидов из платиноносных хромititовых жил родственного Нижнетагильского массива, пониженная глиноземистость и повышенное содержание Fe^{3+}. Низкое содержание Al в целом характерно для эпигенетических хромит-платиновых руд Нижнетагильского типа.

По отношениям Al_2O_3/FeO и Cr_2O_3/FeO хромшпинелиды Светлоборского массива соответствуют в целом полю хромititов Нижнетагильского массива [18]; по соотношениям Cr/(Cr+Al) и Mg/(Mg+Fe^{2+}) составы светлоборских хромititов выходят из поля ординарных нижнетагильских и соответствуют в первом приближении переходной разновидности между пегматитовым и хромит-платиновым типами руд [13].

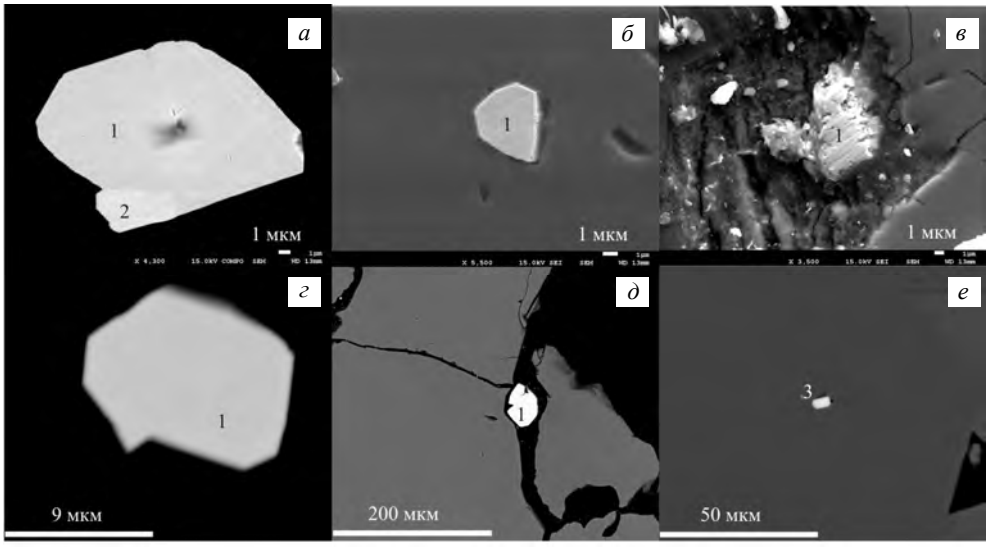


Рис.4. Микрофотографии: *а* – родистая изоферроплатина 1 и осмистый иридий 2; *б* – зерно изоферроплатины 1 в хромшпинелиде; *в* – зерна изоферроплатины 1 в пористом хромитите; *г* – изоферроплатина 1; *д* – зерно тетраферроплатины 1 в трещине в хромите; *е* – зерно никель-иридистого феррокупродсита 3 в хромите

Таблица 2

Массовое содержание минералов платиновой группы жильных хромититов Светлоборского массива, %

Минерал	S	Fe	Ni	Cu	Ru	Rh	Os	Ir	Pt
Родистая изоферроплатина	–	9,19	–	–	–	0,82	–	–	89,99
	–	8,93	–	–	–	0,95	–	–	90,10
	–	8,66	–	–	–	0,98	–	–	90,35
Изоферроплатина	–	8,88	–	–	–	–	–	–	90,11
	–	9,61	–	–	–	–	–	–	90,39
Тетраферроплатина	–	22,76	–	–	–	–	–	–	77,24
	–	21,89	–	–	–	–	–	–	78,11
	–	21,55	–	–	–	–	–	–	78,45
	–	20,50	–	–	–	–	–	–	79,50
	–	17,34	–	–	–	–	–	–	82,66
	–	21,73	–	–	–	–	–	–	78,27
Осмистый иридий	–	-	–	–	3,47	1,34	29,32	51,15	14,72
	–	-	–	–	2,75	1,83	34,44	47,60	13,38
Неназванные фазы промежуточного состава между ферро- и купродситом	29,93	6,97	0,20	8,81	–	42,06	–	12,02	–
	30,37	6,64	0,83	8,59	–	41,97	–	11,61	–
	29,85	8,39	9,51	8,61	–	33,55	–	10,08	–
	30,08	7,56	–	8,35	–	42,69	–	11,31	–

Примечание. Анализы выполнены микрорентгеноспектральным методом на растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6400 во Фрайбергской горной академии (аналитик У.Кемпе) и во ВСЕГЕИ на сканирующем электронном микроскопе CamScan MX2500 (аналитик А.В.Антонов).

Расчет коэффициентов корреляции для хромшпинелидов выявил наличие отрицательной корреляционной зависимости между MgO и FeO (−0,82). Для прожилкового хромита наблюдаются также сильная положительная зависимость между содержаниями Cr_2O_3 и MgO (0,91), более сильная отрицательная между MgO и FeO (−0,95), а также между FeO и Cr_2O_3 (−0,94). В целом корреляционные зависимости между компонентами в хромитах из массивных жильных хромититов выражены слабее, чем из прожилковых.

Минералы платиновой группы представлены изоферроплатиной, родистой изоферроплатиной, тетраферроплатиной и осмистым иридием (невьянскитом), кроме того, выявлена неназванная фаза промежуточного состава между ферро- и купродситом с иридием и никелем (рис.4). Их химический состав представлен в табл.2.

Наиболее крупные зерна изоферроплатины приурочены к микротрещинам, порам и межзерновому пространству зерен хромита, иногда окаймляясь серпентиновой рубашкой. Изоферроплатина хромититовых жил из наиболее серпентинизированных дунитов характеризуется повышенным содержанием родия, а осмирид – платины, а также рутения и родия. Зерна минералов платиновой группы, главным образом, идиоморфны и не превышают 50 мкм. Осмистый иридий образует собственные зерна, а также выделения в изоферроплатине. Состав минералов платиновой группы не совсем типичен. Так, главнейшим платиновым металлом в осмириде (невьянските) помимо иридия и осмия обычно является рутений, а не платина, а важнейшей примесью в изоферроплатине – иридий и осмий, а не родий [9].

Выводы

1. В сравнении с жильными хромититами Нижнетагильского массива, геохимическими особенностями хромшпинелидов проанализированных платиноносных хромититов Светлоборского массива является повышенное содержание железа и пониженное алюминия.

2. Помимо хроммагнетита и магнетита в качестве акцессорных минералов выявлены титановые фазы – ильменит и перовскит, сульфиды – миллерит, пентландит, халькопирит, галенит, а также самородные железо и висмут. Низкие, по сравнению с хромититами Нижнетагильского массива, содержания Ti в хромите в некоторых пробах объясняются наличием новообразованных фаз ильменита и перовскита. Наличие сульфидов среди минералов хромитита может указывать на присутствие серы в рудообразующем флюиде.

3. Среди минералов платиновой группы выявлены многочисленные, преимущественно мелкие (до 50 мкм) зерна изоферроплатины, родистой изоферроплатины, тетраферроплатины, осмистого иридия, а также фазы промежуточного состава между ферро- и купродситом с никелем и иридием. Зерна образуют мелкие, главным образом идиоморфные выделения в хромите. Среди платиновых металлов преобладает собственно платина, а также иридий и родий.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. № П-737 и при поддержке грантов Германской службы академических обменов DAAD по программе «Михаил Ломоносов» 2010 г. № A/10/72922 совместно с грантом Министерства образования и науки РФ «Развитие потенциала высшей школы (2009-2011)» на 2011 г. № РНП 2.2.2.3.15075.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Высоцкий Н.К.* Месторождения платины Исовского и Нижне-Тагильского районов на Урале // Тр. Геол. Комитета. Нов. сер. СПб, 1913. Вып.62. 694 с.

2. Геология и полезные ископаемые России: В 6 т. Т.1. Запад России и Урал. Кн.2. Урал / Ред. О.А.Кондиайн. Соредакторы А.А.Беляев, А.Н.Мельгунов, Н.А.Румянцева / ВСЕГЕИ. СПб, 2011. 584 с.

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Издание второе. Серия Среднеуральская. Лист O-40-XII (Качканар): Объяснительная записка / Л.И.Десятниченко, И.Ф.Фадеичева, В.В. Парфенов и др; ВСЕГЕИ. СПб, 2005.

4. *Ефимов А.А.* Итоги столетнего изучения Платиноносного пояса Урала // Литосфера. 2010. № 5. С.134-153.

5. *Заварицкий А.Н.* Коренные месторождения платины на Урале // Материалы по общей и прикладной геологии. Л., 1928. Вып.108. 51 с.

6. *Зайцев В.П.* Изучение и оценка коренного платинового оруденения в зональных гипербазитовых массивах с использованием крупнообъемного валового опробования // Горный вестник Камчатки. 2011. № 16. С.57-66.

7. *Иванов О.К.* Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург: Издво Уральского ун-та, 1997. 488 с.

8. Крупно-объемные рудные месторождения платины в зональных базит-ультрабазитовых комплексах урало-аляскинского типа и перспективы их освоения / А.П.Козлов, В.А.Чантурия, Е.Г.Сидоров, Н.Д.Толстых, Ю.М.Телегин // Геология рудных месторождений. 2011. Т.53. № 5. С.419-437.

9. *Лазаренков В.Г.* Месторождения платиновых металлов / В.Г.Лазаренков, С.В.Петров, И.В.Таловина. СПб: Недра, 2002. 298 с.

10. *Лазаренков В.Г.* Новая оценка перспектив промышленной платиноносности зональных ультрамафитовых массивов Платиноносного пояса Урала / В.Г.Лазаренков, О.К.Иванов, И.Н.Скоробогатов // Платина России. М.: Геоинформмарк, 1994. С.103-108.

11. Платина России: состояние и перспективы / Д.А.Додин, Т.С.Додина, К.К.Золоев, В.А.Коротеев, Н.М.Чернышев // Литосфера. 2010. № 1. С.3-36.

12. *Разин Л.В.* Промышленно-перспективный минерально-сырьевой потенциал Уральского Платиноносного пояса. М.: Университетская книга, 2008. 172 с.

13. Структурно-вещественная эволюция комплексов Платиноносного пояса Урала при формировании хромит-платиновых месторождений уральского типа. Часть 1 / Ю.А.Волченко, К.С.Иванов, В.А.Коротеев, Т.Оже // Литосфера. 2007. № 4. С.73-101.

14. *Телегин П.В.* Петрографические критерии локализации хром-платинового оруденения одного из массивов Платиноносного пояса Урала / П.В.Телегин, Т.В.Телегина // Материалы горнопромышленной декады. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2005. С.73-74.

15. *Телегин Ю.М.* Геологические особенности рудопроявлений платины Светлоборского и Каменушинского массивов Платиноносного пояса Урала / Ю.М.Телегин, Т.В.Телегина, Н.Д.Толстых // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Екатеринбург: Изд-во ИГиГ УрО РАН. 2009. Т.2. С.212-215.

16. Хром-платиновое оруденение Нижнетагильского типа на Урале: структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса / Е.В.Пушкарев, Е.В.Аникина, Дж.Гарути, Ф.Заккарини // Литология. 2007. № 3. С.28-65.

17. *Чантурия В.А.* Дунитовые руды – новый вид платиносодержащего сырья / В.А.Чантурия, А.П.Козлов, Н.Д.Толстых // Горный вестник Камчатки. 2011. № 16. С.66-75.

18. *Шмелев В.Р.* Нижнетагильский дунит-клинопироксенитовый массив и его платиновые месторождения / В.Р.Шмелев, Е.В.Пушкарев, Е.В.Аникина // Магматизм и метаморфизм в истории Земли: Тезисы докладов XI Всероссийского петрографического совещания. Т.1. Екатеринбург: Изд-во ИГиГ УрО РАН. 2010. С.38-58.

19. Primary platinum mineralization in the Nizhny Tagil and Kachkanar ultramafic complexes, Urals, Russia: A genetic model for PGE concentration in chromite-rich zones / T.Auge, A.Genna, O.Legendre, K.S.Ivanov, Yu.A.Volchenko // Economic Geology. 2005. V.100. P.707-732.

20. *Tolstykh N.D.* Platinum mineralization of Svetloborsky and Kamenushinsky massifs (Urals Platinum Belt) / N.D.Tolstykh, Yu.M.Telegin, A.P.Kozlov // Russian Geology and Geophisics. 2011. V.52. P.603-619.

21. *Zhou M.* Morphology and composition of chromite in comatiites from the Belingve Greenstone Belt, Zimbabwe / M.Zhou, R.Kerrich // Canadian Mineralogists. 1992. V.30. P.303-317.

REFERENCES

1. *Vysotsky N.K.* Platinum deposit of the Is and Nizhni Tagil areas in Urals // Proceedings of the Geological Committee. New series. Saint Petersburg. 1913. Iss.62. 694 p.

2. Geology and mineral resources of Russia: in 6 v. V.1. West of Russia and Urals. V.2. Urals / Ed. O.K.Kondiain. Co-ed.: A.A.Belyaev, A.N.Melgunov, N.A.Rumyantsev / VSEGEI. Saint Petersburg, 2011. 584 p.

3. State geological map of Russian Federation. Scale of 1:200000. Second edition. Series of Central Urals. Sheet O-40-XII (Kachkanar): Explanatory note / L.I.Desyatnichenko, I.F.Fadeicheva, V.V.Parfenov et al; VSEGEI. Saint Petersburg, 2005.

4. *Efimov A.A.* Results of centenary investigation of the Ural Platinum Belt // Lithosphere. 2010. N 5. P.134-153.

5. *Zavaritski A.N.* Primary deposits of platinum in Urals // Materials on general and applied geology. Leningrad, 1928. N 108. 51 p.

6. *Zaitsev V.P.* Research and evaluation of primary platinum mineralization in zoned ultramafic massifs with large volume bulk sampling // Mining journal of Kamchatka. 2011. N 16. P.57-66.

7. *Ivanov O.K.* Concentrically zoned pyroxenite-dunite massifs in Urals. Ekaterinburg: Ural university, 1997. 488 p.

8. *Kozlov A.P.*, *Chanturiya V.A.*, *Sidorov E.G.*, *Tolstykh N.D.*, *Telegin Yu.M.* Large volume platinum ore deposits in zonal mafic-ultramafic complexes of the Ural-Alaskan type and the outlook for their development // Geology of ore deposits. 2011. V.53. N 5. P.419-437.

9. *Lazarenkov V.G.*, *Petrov S.V.*, *Talovina I.V.* Platinum metal deposits. Saint Petersburg: Nedra, 2002. 298 p.

10. *Lazarenkov V.G.*, *Ivanov O.K.*, *Scorobogatov I.N.* A new assessment prospects of industrial platinum potential of zoned ultramafic massifs of the Ural Platinum Belt // Platinum of Russia. Moscow: Geoinformmark, 1994. P.103-108.

11. *Dodin D.A.*, *Dodina T.S.*, *Zoloev K.K.*, *Koroteev V.A.*, *Chernyshev N.M.* Platinum of Russia: state and prospects // Lithosphere. 2010. N 1. P.3-36.

12. *Razin L.V.* Industrial perspective mineral resource potential of the Ural Platinum Belt. Moscow: University book, 2008. 172 p.

13. *Volchenko Yu.A.*, *Ivanov K.S.*, *Koroteev V.A.*, *Auge T.* Structural and material revolution of complexes of the Ural Platinum Belt in the formation of chromite-platinum deposits of the Ural type. Part 1 // Lithosphere. 2007. N.4. P.73-101.

14. *Telegin P.V.*, *Telegina T.V.* Petrographic criterion of localization chromium-platinum mineralization of one of massif of the Ural Platinum Belt // Proceedings of the mining decades. Ekaterinburg: USMU. 2005. P.73-74.

15. *Telegin Yu.M.*, *Telegina T.V.*, *Tolstykh N.D.* Geological features of platinum ore occurrences Svetloborsky and Kamenushinsky massifs of the Ural Platinum Belt // Ultramafic-mafic complexes folded regions and related deposits. Ekaterinburg: IGiG of the Ural Branch of the RAN. 2009. V.2. P.212-215.

16. *Pushkarev E.V.*, *Anikina E.V.*, *Garuti G.*, *Zakkarini F.* Cromium-platinum mineralization of the Nizhni Tagil type in Urals: structural and compositional characterization and genesis // Lithosphere. 2007. N 3. P. 28-65.

17. *Chanturia V.A.*, *Kozlov A.P.*, *Tolstykh N.D.* Dunite ore – a new kind of platinum resources // Mining journal of Kamchatka. 2011. N 16. P.66-75.

18. *Shmelev V.P.*, *Pushkarev E.V.*, *Anikina E.V.* Nizhny Tagil dunite-clinopyroxenite massif and its platinum deposits // Magmatism and metamorphism in the history of the Earth. Theses of reports of the XI All-Russia petrology meeting. V.1. Ekaterinburg: IGiG of the Ural Branch of the RAN. 2010. P.38-58.

19. *Auge T.*, *Genna A.*, *Legendre O.*, *Ivanov K.S.*, *Volchenko Yu.A.* Primary platinum mineralization in the Nizhny Tagil and Kachkanar ultramafic complexes, Urals, Russia: A genetic model for PGE concentration in chromite-rich zones // Economic Geology. 2005. V.100. P.707-732.

20. *Tolstykh N.D.*, *Telegin Yu.M.*, *Kozlov A.P.* Platinum mineralization of Svetloborsky and Kamenushinsky massifs (Urals Platinum Belt) // Russian Geology and Geophisics. 2011. V.52. P.603-619.

21. *Zhou M.*, *Kerrich R.* Morphology and composition of chromite in comatiites from the Belingve Greenstone Belt, Zimbabwe // Canadian Mineralogists. 1992. V.30. P.303-317.