

УДК 552.321.6+553.46

Д. Е. Савельев, И. Я. Илалтдинов, Е. А. Бажин

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ВКРАПЛЕННЫХ ХРОМОВЫХ РУД САКСЕЙСКОГО УЧАСТКА (МАССИВ СРЕДНИЙ КРАКА, ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Аннотация. Рассмотрено геологическое строение месторождений и проявлений вкрапленных хромовых руд в западной части массива Средний Крака. Получены новые данные о гравитационном обогащении вкрапленных хромовых руд Саксейского участка. Установлено, что из руд данного участка может быть получен кондиционный хромитовый концентрат (более 40% Cr_2O_3) при использовании в качестве основного процесса обогащения мелких фракций на винтовых шлюзах.

Ключевые слова: хромовые руды, ультрамафиты, хромшпинелиды, обогащение, офиолиты, Крака.

Потребность в хромитовом сырье в России на протяжении последних 20 лет покрывается в основном за счет импорта [Машковцев, 2007; Карпузов и др., 2008] и поэтому поиск новых источников хромовых руд является весьма актуальным. В последние годы были поставлены на баланс руды трех месторождений — Аганозерского (Карелия), Сопчезерского (Кольский полуостров) и Центрального (Полярный Урал). Первые два месторождения, так же как и разрабатываемое Сарановское (Пермский край), относятся к стратиформным (в расчлененных комплексах), а последнее — к подиформным (в офиолитах).

Из перечисленных объектов массивные хромовые руды преобладают только на Сарановском месторождении, но относятся к высокоглиноземистому типу. На трех других месторождениях руды по составу хромшпинелида высокохромистые (металлургический тип), но значительно варьируют по сортовому составу, который определяется плотностью вкрапленности рудного минерала. В целом на месторождениях преобладают средневкрапленные руды, требующие обогащения [Гришин и др., 2004; Реестр ..., 2000].

Следует отметить, что и для мировой практики в целом характерно снижение кондиций хромовых руд, которое связано с истощением богатых месторождений, а также с переходом к извлечению запасов с больших глубин. В связи с этой тенденцией большое значение приобретают исследования по обогащению низкоградных хромовых руд, увеличению извлекаемости полезных компонентов из хвос-

тов обогащения и отвалов, а также по комплексному использованию руд [Murthy et al., 2011]. В российских условиях наиболее важными сегодня являются вопросы обогатимости вкрапленных хромовых руд металлургического типа и их комплексного использования. При условии получения положительного экономического эффекта от обогащения низкоградных хромовых руд, считающихся сегодня забалансовыми, можно будет в достаточно короткий срок осуществить прирост запасов хромитового сырья, являющегося стратегическим.

Например, в пределах Южного Урала несколько массивов являются перспективными на хромовые руды вкрапленного типа с содержанием Cr_2O_3 от 5 до 25% и могут рассматриваться как дополнительный источник хромитового сырья [Савельев, Сначев, 2012]. Для практического использования указанных объектов есть следующие предпосылки: 1) месторождения вкрапленных руд южноуральских массивов имеют высокохромистый состав рудообразующего шпинелида, 2) хромититы образуют протяженные зоны в отличие от мелких месторождений, сложенных массивными рудами.

Одной из наиболее перспективных площадей массивов Крака является Саксей-Ключевская, расположенная в юго-западной части Среднего Крака (рис. 1). Саксейский участок занимает центральное положение на данной площади. Изучение его хромитонности началось в 1930-е годы и связано с именами С.Ф. Тиховидова (1932 г.), П.Г. Фарфонтьева (1937 г.). В это время были открыты небольшие месторождения Правый и Левый Саксей и ряд рудопроявлений. Позднее данный участок вошел составной частью в площадь поисковых работ на вкрапленные руды, которые проведены в 1970-е годы Е.А. Шумихиным с соавторами [1979 г.].

© Д. Е. Савельев, 2014

© И. Я. Илалтдинов, 2014

© Е. А. Бажин, 2014

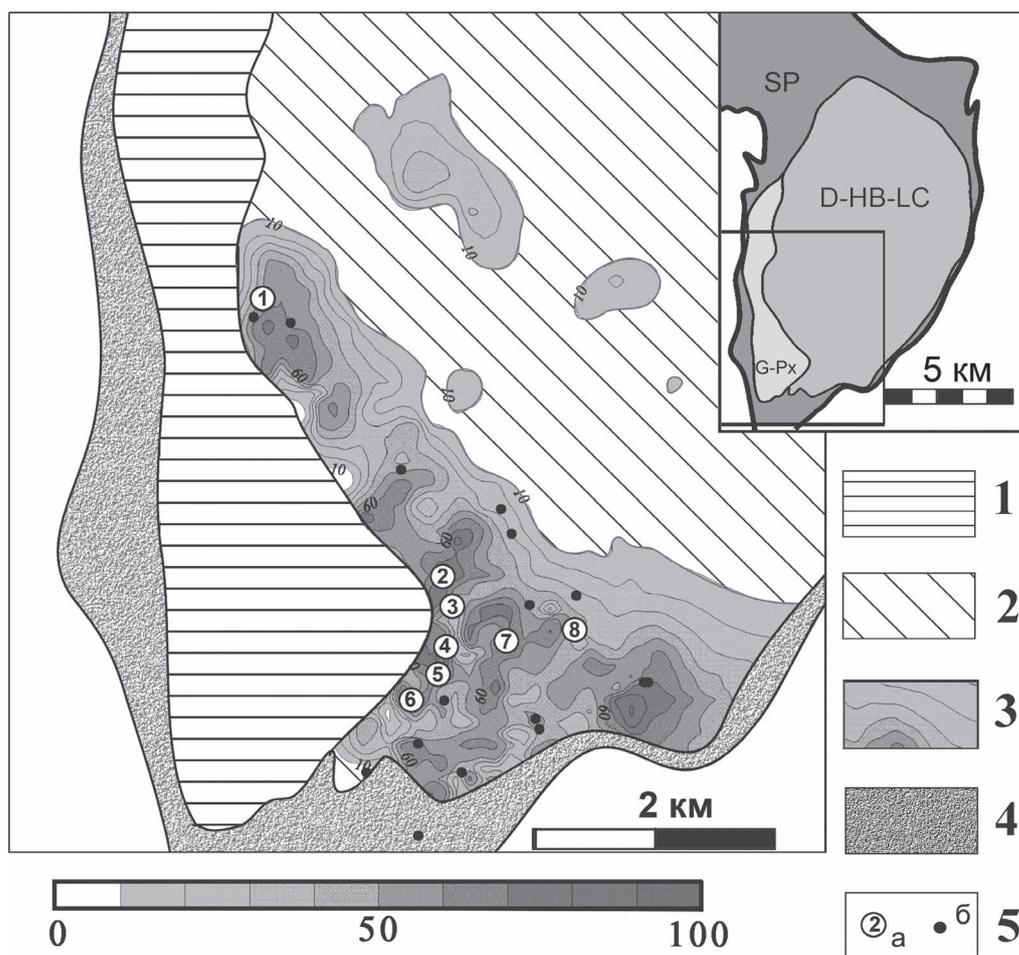


Рис. 1. Карта дунитовой составляющей для юго-западной части массива Средний Крак (Саксей-Ключевская площадь). По данным [Савельев и др., 2002, 2008]

Условные обозначения: 1 — габброиды, клинопироксениты и верлиты; 2 — преимущественно шпинелевые перидотиты (лерцолиты и гарцбургиты); 3 — дунит-гарцбургитовый комплекс с различными значениями дунитовой составляющей (шкала под схемой отражает относительное количество в разрезе дунитов, в %); 4 — рассланцованные серпентиниты; 5 — рудопроявления (а), мелкие проявления и точки минерализации (б); 6 — положение Саксей-Ключевской площади. Номера в кружках — хромитопроявления: 1 — Ключевское, 2 — «№ 423», 3 — «№ 938», 4 — Правый Саксей, 5 — «№ 1108», 6 — Акбура, 7 — Левый Саксей, 8 — Шатран, на врезке: D-HB-LC — дунит-гарцбургит-лерцолитовая часть разреза («реститовый комплекс»); G-Px — габбро, пироксениты, верлиты («габброидный комплекс»); SP — серпентиниты краевой зоны.

Основным методом этих исследований являлась проходка шурфов по сети 100×500 м с опробованием их забоев на Cr_2O_3 , по результатам которого было проведено оконтуривание рудных тел, некоторые из них были изучены на глубину скважинами. Всего на Саксейском участке пробурено 3 скважины глубиной от 58 до 354 м, и все они расположены в восточной части участка, в пределах рудных тел Лево-Саксейского месторождения.

На сегодняшний день геологическое строение и хромитонность Саксейского участка имеют две различные трактовки. По материалам работ 1930-х годов и проведенных нами поисковых работ в 2000–2002 гг., в его пределах можно выделить несколько небольших рудопроявлений и месторождений

вкрапленных хромовых руд: Правый Саксей, Левый Саксей, точки «№ 1108», «№ 912», «№ 938», «№ 423» и др. По данным Е.А. Шумихина и др. (1979 г.), весь участок представляет собой единое Саксейское рудопроявление (рис. 2), представленное несколькими рудными телами, которые разделены разломами. Всего выделяется 4 рудных тела протяженностью от 150 м до 480 м с содержанием Cr_2O_3 7,3–12,02% при мощности от 3 до 13,5 м. Ресурсы рудопроявления составляют 1,9 млн тонн при среднемневзвешенном содержании Cr_2O_3 8,9%, однако в отчете не указана их категоричность.

В результате проведенных в 2000–2002 гг. поисковых работ для данной территории нами была составлена карта дунитовой составляющей (рис. 1).

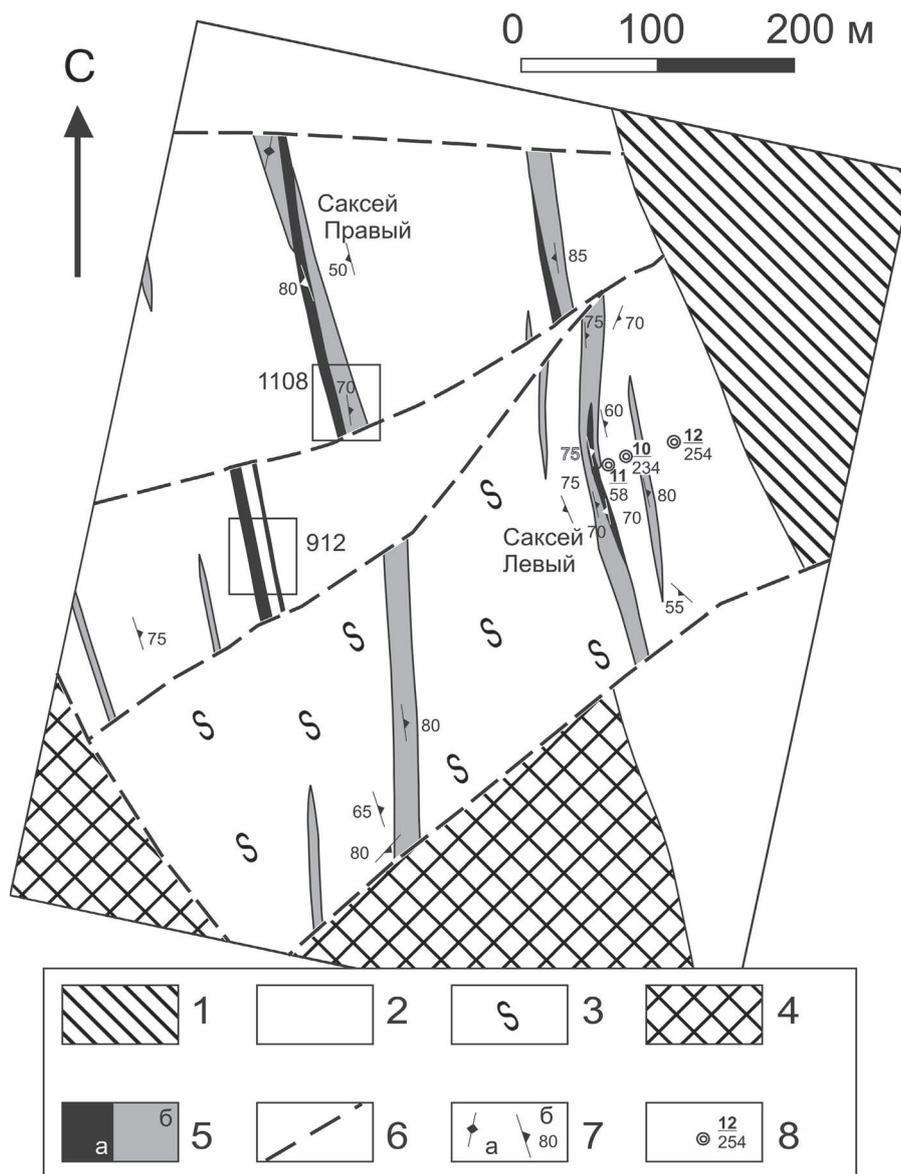


Рис. 2. Геологическое строение Саксейского рудопоявления. По Е.А. Шумихину и др. [1979 г.], с упрощениями

Условные обозначения: 1 — чередование гарцбургитов и дунитов; 2 — дуниты серпентинизированные; 3 — аподунитовые серпентиниты («петельчатые»); 4 — серпентиниты краевой зоны (хризотиловые); 5 — тела редковкрапленных хромовых руд (а) и зоны хромитовой минерализации в дунитах (б); 6 — разрывные нарушения; 7 — элементы залегания хромшпинелидовой полосчатости (а — вертикальное, б — наклонное); 8 — скважины, в числителе — номер, в знаменателе — глубина в метрах.

Выявлено несколько зон с высокими ее значениями (более 80%), вытянутых в северо-западном направлении: Правосаксейская, Шатранская, Левосаксейская и Камышакская. Внутри большей части из них известны месторождения и рудопоявления, но в некоторых из вновь выявленных аномалий дунитовой составляющей хромитовые объекты пока неизвестны. Эти участки, на наш взгляд, являются перспективными для постановки поисковых работ. На простирании Правосаксейской зоны оконтурен с поверхности ряд новых проявлений хромитов. В их строении обычно принимают участие до 6-ти

маломощных рудных тел с содержанием Cr_2O_3 20–40%, разделенных безрудными дунитами и зонами редкого вкрапленника. Простирание рудных тел меридиональное, падение субвертикальное, как во вмещающих дунитах, так и во вкрапленных хромовых рудах обнаруживаются признаки высокотемпературного пластического течения, структуры рудоносной зоны и вмещающих пород конкордантны [Савельев, 2013а].

Месторождение Правый Саксей расположено в 3 км на северо-восток от д. Хамитово на правом борту долины руч. Саксей (рис. 3). Открыто оно

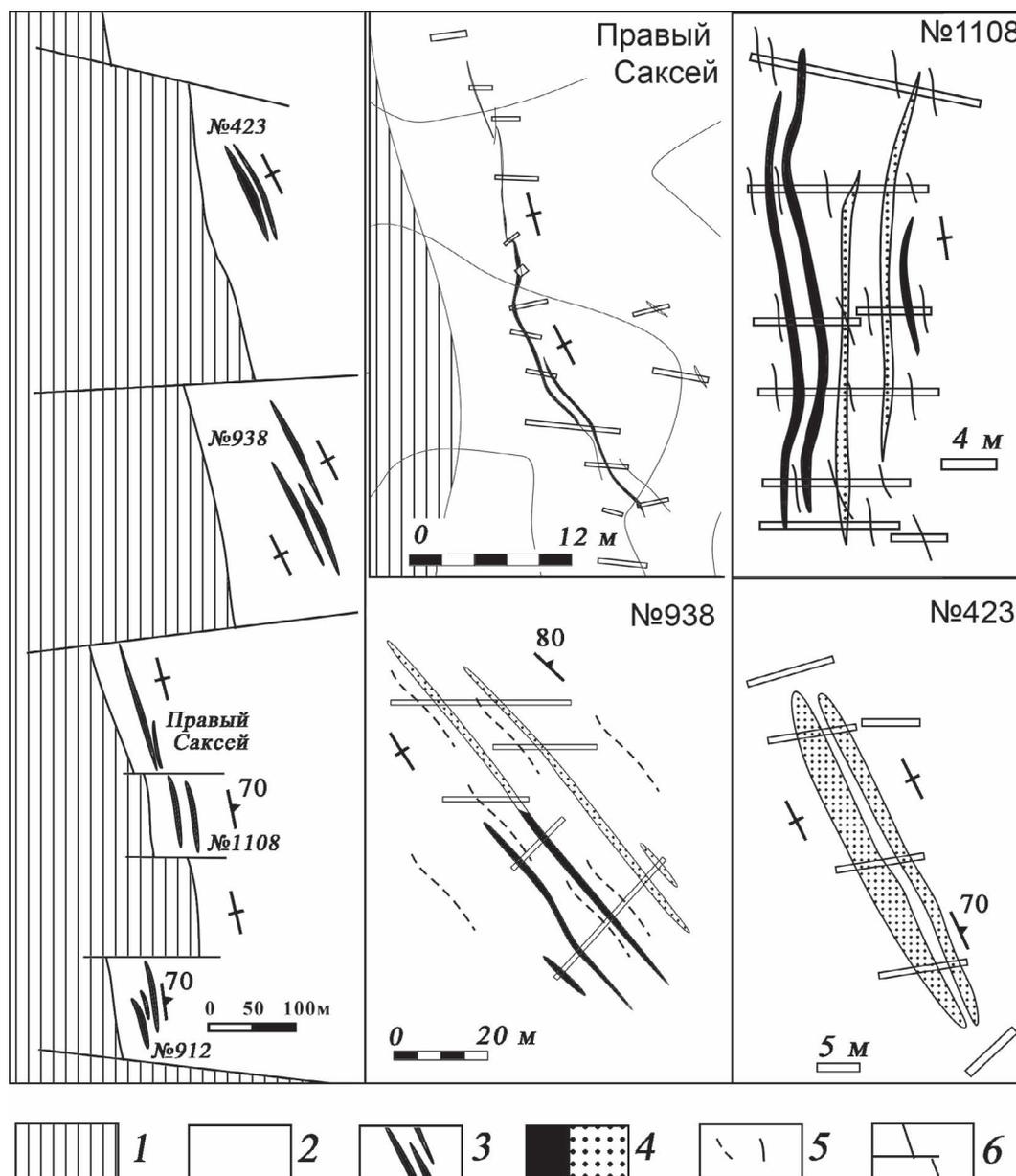


Рис. 3. Схема геологического строения Правосаксейское рудной зоны и отдельных рудопроявлений. По данным работ [Савельев и др., 2002, 2008; Савельева, 2007]

Условные обозначения: 1 — породы полосчатого комплекса; 2 — дуниты; 3, 4 — хромитовые тела в мелком (3) и крупном (4) масштабе (4а — густовкрапленные, 4б — средне- и бедновкрапленные); 5 — жильные тела пироксенитов и верлитов; 6 — разрывные нарушения.

партией С.Ф. Тиховидова в 1931 г., оруденение было прослежено на расстояние более 100 м двадцатью канавами и шурфом. В некоторых выработках вкрапленные руды образуют жилу мощностью до 1 м, сопровождающуюся одним-двумя параллельными рудными прожилками, в других рудное тело представлено серией мелких жилок мощностью всего в несколько сантиметров. На глубину рудное тело прослежено шурфом до 11 м, видимая мощность рудного тела изменяется от 0,35 до 1,2 м (аз.

пад. 70°, $\angle 70-80^\circ$). В зоне оруденения канавами вскрыты многочисленные прожилки крупнозернистого пироксенита, достигающие мощности до 25 см [Фарафонтъев, 1937 г.]. Руда большей частью представлена густым полосчатым мелкозернистым вкрапленником, в котором выделяются полосы серпентинизированного дунита с редкой вкрапленностью хромита (ленточно-полосчатая текстура).

Рудопроявление «№ 1108» расположено в 200 м юго-восточнее месторождения Правый Саксей

(рис. 3) и представляет собой смещенный по сдвигу блок одной и той же хромитоносной зоны. Вмещающими породами здесь также являются дуниты, в которых наблюдаются многочисленные маломощные (0,0п–0,3 м) жилы клинопироксенитов, причем очень часто рудные тела находятся в тесной пространственной связи с ними. Хромовые руды со средним содержанием Cr_2O_3 от 15 до 35% образуют от трех до шести параллельных тел мощностью от 0,3 м до 1,5 м. Они характеризуются субмеридиональным простиранием и почти вертикальным падением. Наиболее распространены полосчатые густо- и средневкрапленные руды мелкозернистой структуры. Реже отмечаются равномерновкрапленные руды (10–20% Cr_2O_3) и почти массивные хромиты (около 40% Cr_2O_3). В межрудном пространстве широко распространены оруденелые дуниты и бедновкрапленные руды (<10% Cr_2O_3). Кроме того, часто в безрудных интервалах наблюдаются маломощные скопления густовкрапленного хромита. По простиранию оруденение прослежено на расстояние 80–90 м.

Рудопроявление «№ 423» находится на северо-восточном склоне отм. 765,1 м, в 100–150 м выше седловины. Оруденение здесь приурочено к дунитам (рис. 3), хромитовые руды образуют два параллельных рудных тела, имеющих субмеридиональное простирание. Наиболее крупным является западное рудное тело, средняя мощность которого составляет около 6 м, восточное тело имеет мощность примерно 1 м. Протяженность рудных тел составляет не менее 40–45 м. Руда представлена мелкозернистым типом, с постепенными переходами от бедного к среднему и густому вкрапленнику. Переходы от вмещающих дунитов к руде постепенные.

Рудопроявление «№ 938» находится между рудопроявлением «№ 423» и месторождением Правый Саксей, на восточном склоне того же хребта и приурочено также к Правосаксейской зоне (рис. 3). В разрезе преобладают дуниты, слагающие от 70 до 85% площади. Заметную роль в геологическом строении участка играют также клинопироксениты и серпентиниты. В 150–200 м западнее проявления (в вершинной части хребта) начинаются выходы пород полосчатого комплекса. На проявлении пройдено пять канав, которые вскрыли несколько маломощных рудных тел, сложенных хромитами с содержанием от 10 до 40% Cr_2O_3 . Простирание рудных тел северо-западное $310\text{--}330^\circ$, падение близко к вертикальному. Мощность жил богатых руд, вскрытых канавами, не превышает 0,3 м. В то же время, с северо-запада на юго-восток наблюдается тенденция к увеличению мощности рудных тел и их количества. В к-5 (самой южной) встречено уже 5 рудных тел мощностью 0,5–1 м. Внутри каждого из них есть участки

мощностью 0,1–0,3 м с содержанием Cr_2O_3 15–40%, остальное — бедный вкрапленник (5–10%).

Рудопроявление «№ 912» расположено юго-юго-восточнее месторождения Правый Саксей, в 1 км от него, на восточном склоне хребта с отметками 626,0 м и 765,1 м (рис. 4). Оруденение приурочено также к дунитам Правосаксейской полосы. В отличие от описанных выше проявлений, на площади данного объекта наиболее широко развиты пироксенитовые жилы, переходящие местами в крупные тела, особенно в южной его части (рис. 4). Пироксениты являются более поздними по отношению к хромитовым телам: часто наблюдается пересечение и дробление ими хромитов. Канавы, пройденные на рудопроявлении, вскрыли 3 тела относительно богатой руды (25–35% Cr_2O_3) мощностью от 0,3 до 0,6 м и широкую зону бедного вкрапленника. Текстуры руд пятнистые, вкрапленные, структура мелкозернистая.

Внутри Левосаксейской рудной полосы известно одноименное месторождение (Левый Саксей), расположенное на левом берегу руч. Саксей. Открыто оно партией С.Ф. Тиховидова в 1931 г. Месторождение было разведано двенадцатью канавами, вскрывшими широкую зону редкого вкрапленника в серпентинизированном дуните на протяжении более 90 м (рис. 4). Максимальная ширина зоны 20 м. Северная часть месторождения представлена единичной жилой мелкозернистого хромитита, иногда переходящего в неравномерный крупнозернистый вкрапленник. Остальная часть месторождения представляет собой полосу оруденения переменной мощности, сложенную мелко- и среднезернистым вкрапленником, собранным в тонкие струйки, прожилки и цепочки, сливающиеся и расходящиеся по падению и простиранию.

На рис. 5 представлены зарисовки с фотографий штуфов и обнажений хромитовых руд Саксейского участка. В большинстве случаев в образцах отмечается сочетание полос мелкозернистой структуры и различной густоты вкрапленности с безрудными дунитами. При этом участки более густовкрапленных руд образуют линзо- и шлировидные обособления, вытянутые согласно с направлением полосчатости. Реже отмечается усложнение структурного рисунка, когда наряду с линзами густовкрапленного хромита, ориентированными вдоль полосчатости, появляются секущие полосчатость обособления. Во многих обнажениях наблюдается пересечение рудной полосчатости более поздними жилами клинопироксенитов, или единичными, или образующими субортогональную сеть. Жилы пересекают хромитовые полосы под острым углом (от 10 до 30°). По-видимому, они представляют собой раскристаллизовавшийся расплав, «отжатый»

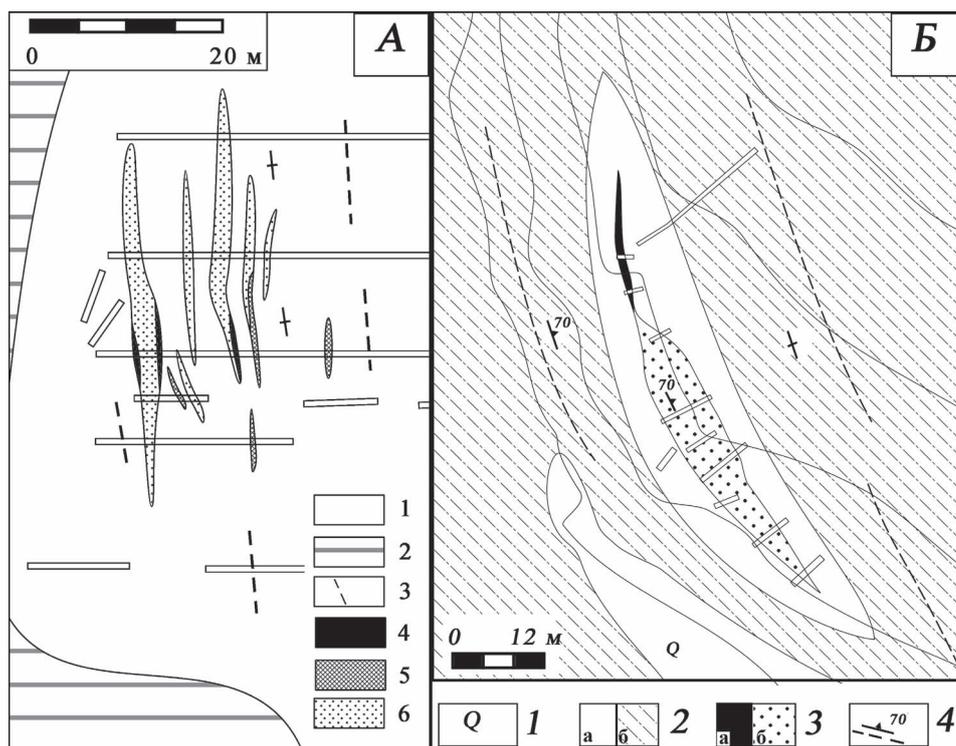


Рис. 4. Геологическая схема строения рудопоявления «№ 912» (А) и Левый Саксей (Б)

Условные обозначения: А: 1 — дуниты, 2 — породы полосчатого комплекса, 3 — пироксенитовые и верлитовые жилы, 4 — густовкрапленные хромитовые руды (>30% Cr₂O₃), 5 — средневкрапленные хромитовые руды (25–30% Cr₂O₃), 6 — бедновкрапленные хромитовые руды (15–25% Cr₂O₃); Б: 1 — аллювиальные отложения, 2 — дуниты (а), дунит-гарцбургиты (б), 3 — рудные тела: а — средневкрапленные, б — редковкрапленные, 4 — залегание первичной полосчатости.

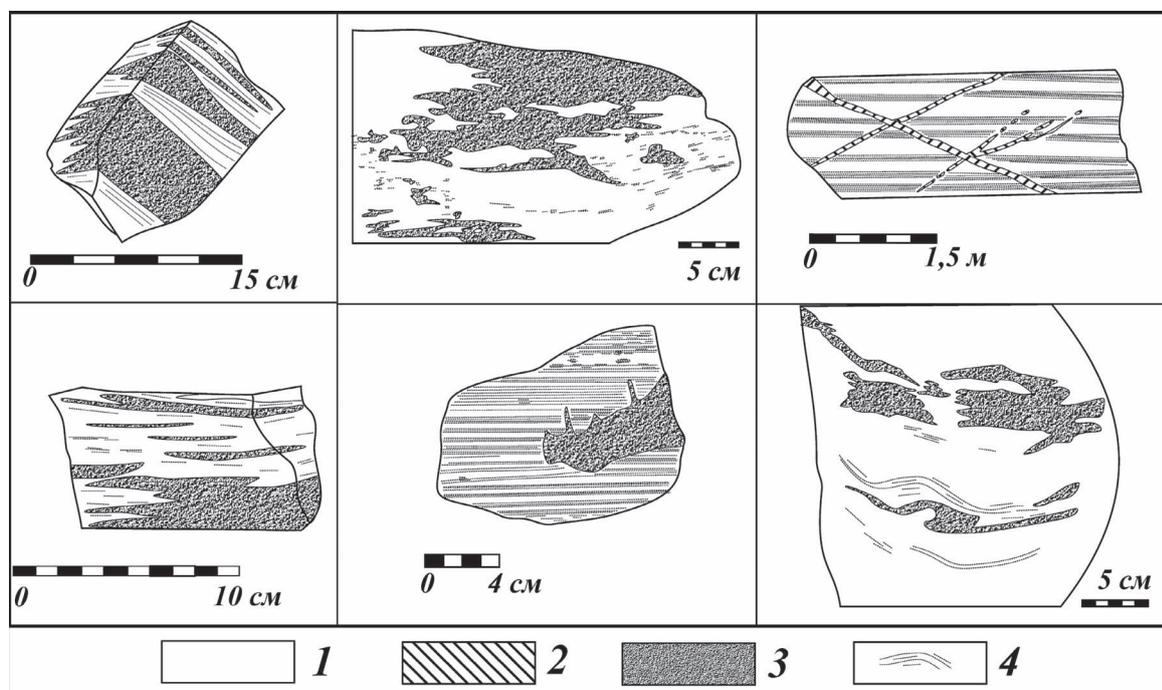


Рис. 5. Строение рудных тел месторождения Правый Саксей на макроуровне

Условные обозначения: 1 — дуниты, 2 — клинопироксениты, 3–4 — хромитовые руды (3 — средне- и густовкрапленные, 4 — редковкрапленные).

из рестита (дунита) при образовании в последнем сколовых трещин при сжатии. В рудных полосах, сложенных густовкрапленным хромитом также наблюдается образование ослабленных зон по механизму «трещин отрыва», которые заполняются дунитом, являющимся более пластичным материалом по сравнению с рудными прожилками.

Как известно, основными отличительными особенностями состава рудообразующих хромшпинелидов подформных месторождений хромовых руд в офиолитовых комплексах являются значительные вариации отношения $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, низкое и постоянное содержание TiO_2 и незначительные ва-

риации отношения MgO/FeO [Thayer, 1964; Dickey, 1976; Leblanc, Violette, 1983]. В отличие от большей части офиолитовых массивов мира, рудообразующие хромшпинелиды массивов Крака характеризуются довольно выдержанным содержанием Cr_2O_3 (48–62%), хотя в аксессуарных шпинелидах лерцоцитов и гарцбургитов массива данный показатель изменяется в значительном диапазоне [Савельев, 2013б]. В рудных телах Саксейского участка вариации содержаний Cr_2O_3 незначительны — от 53,6 до 60,7% (табл. 1). В этот же диапазон значений попадают и составы аксессуарных шпинелидов из дунитов месторождений Правый и Левый Саксей.

Таблица 1

Химический состав хромшпинелидов из хромовых руд и вмещающих дунитов Саксейского участка

№ п/п	Al_2O_3	Cr_2O_3	MgO	ΣFeO	TiO_2	MnO
1	8,08	56,97	10,84	23,27	0,17	0,38
2	8,46	56,73	10,68	23,38	0,25	0,31
3	11,65	54,58	10,96	21,96	0,21	0,38
4	11,24	55,56	11,03	21,34	0,25	0,35
5	8,69	54,96	10,61	24,81	0,27	0,39
6	8,85	55,60	10,46	24,21	0,29	0,37
7	9,73	56,61	10,13	22,76	0,21	0,30
8	9,87	56,22	10,60	22,54	0,21	0,41
9	10,27	56,71	13,17	19,40	0,23	0,14
10	10,05	56,75	12,77	19,64	0,22	0,48
11	10,48	56,10	13,16	19,57	0,19	0,30
12	10,70	58,93	12,72	17,26	0,18	0,21
13	10,52	59,32	12,51	17,29	0,21	0,15
14	9,81	60,13	12,66	17,02	0,19	0,19
15	10,15	60,68	12,24	16,53	0,22	0,17
16	9,46	57,98	12,36	19,75	0,22	0,23
17	8,94	58,45	12,27	19,99	0,18	0,17
18	9,30	58,50	12,08	19,73	0,19	0,21
19	9,01	58,80	12,43	19,42	0,19	0,15
20	8,53	57,51	10,64	22,96	0,15	0,22
21	9,39	57,05	9,87	23,34	0,16	0,20
22	9,85	57,03	10,18	22,50	0,23	0,21
23	10,04	56,50	10,67	22,34	0,21	0,23
24	10,00	56,54	11,12	21,89	0,21	0,23
25	10,02	56,51	10,99	22,09	0,20	0,20
26	9,64	56,46	10,91	22,56	0,19	0,25
27	9,53	59,42	11,23	19,49	0,20	0,13
28	8,52	58,44	10,68	22,00	0,19	0,17
29	10,27	53,67	10,76	24,64	0,35	0,31
30	10,33	54,34	10,11	24,61	0,30	0,30
31	9,01	59,03	11,39	20,08	0,23	0,26

Примечание: 1–28 — данные микронзондового анализа, 29–31 — данные атомно-абсорбционного и силикатного анализа монофракций; 1–6 — дуниты, 1–2 — Левый Саксей, 3–6 — Правый Саксей, 7–31 — хромититы, 7–8 — Левый Саксей, 9–26 — Правый Саксей, 27–29 — рудопроявление «№ 1108», 30 — рудопроявление «№ 938», 31 — рудопроявление «№ 912».

Для всех изученных хромшпинелидов характерно низкое содержание глинозема (<12%) и повышенная концентрация общего железа. Пересчет полученных данных на формульные единицы показывает, что это увеличение происходит за счет возрастания в минералах количества трехвалентного железа [Савельев и др., 2008], что является характерной особенностью месторождений, залегающих в так называемых краевых дунитах, в непосредственной близости от границы с породами габброидного комплекса, которые в англоязычной литературе принято именовать «кумулятами» [Leblanc, Violette, 1983 и др.].

По остальным показателям изученные хромшпинелиды соответствуют таковым «типичных подиформных» месторождений. Метаморфизм в рудообразующих хромшпинелидах практически не проявлен, а повышенное содержание трехвалентного железа не связано с появлением вторичного магнетита. Это также подтверждается петельчатой (α -лизардитовой) серпентинизацией вмещающих дунитов, которая носила низкотемпературный квазистатический характер и не сопровождалась образованием пылевидного магнетита.

Таким образом, хромовые руды Саксейского участка на всей его площади характеризуются металлургическим типом слагающего их хромшпинелида, мелкозернистой структурой и преобладанием полосчатой текстуры, которая обусловлена частым чередованием прослоев руд различного состава — от густовкрапленной до редковкрапленной. Мощность полос колеблется от долей сантиметра до 0,5 м. Отдельные рудные сегрегации характеризуются незначительной протяженностью как по простиранию, так и по падению (50–100 м). В то же время, такими рудными обособлениями насыщены протяженные рудоносные зоны (от сотен метров до километра).

Преимущественным распространением пользуются средне- и редковкрапленные хромититы. Мощность дунитовых полос между рудными прослоями соизмерима с мощностью последних, а иногда выше. В этих условиях разработка месторождения неизбежно приведет к разубоживанию, и поэтому важное значение приобретает возможность механизированной сортировки сырой руды.

Работы в этом направлении проводились в пределах Апшакской площади (массив Южный Крака), где месторождения характеризуются близкими качественно-количественными параметрами [Савельев и др., 2008]. На Ашкарской ДОФ силами ООО «ГДК Хром» проводилась предварительная крупнокусковая рентгено-радиометрическая сепарация фракции –50 мм, что позволило получать крупнокусковой концентрат (>30% Cr_2O_3) и/или промежу-

точный продукт (10–30% Cr_2O_3) в зависимости от содержания на выходе оксида хрома (Т.Ф. Меньшикова, устное сообщение). Принципиально важным результатом этих работ следует считать возможность проводить сортировку добытой горной массы с предельно низкими порогами содержания Cr_2O_3 , вплоть до 7%, так как при этом практически все минерализованные куски остаются в промпродукте, а среднее содержание оксида хрома в нем составляет 10–15% (Т.Ф. Меньшикова, устное сообщение).

Базируясь на этих результатах, мы поставили задачу получения в пределах Саксейского участка тонкого хромитового концентрата из вкрапленных хромовых руд с различными содержаниями полезного компонента (от 6 до 30%). С этой целью нами было проведено обогащение двух проб, отобранных на месторождениях Правый и Левый Саксей.

В 2002–2003 гг. на Саксейском участке проводился отбор технологических проб, в результате чего в пределах Левосаксейской рудной зоны был заложен карьер, в северной стенке которого вскрыты прожилково-вкрапленные хромовые руды. Из этой стенки нами была взята представительная проба СК-1870 для обогащения на винтовом шлюзе. На месторождении Правый Саксей в это же время была сделана расчистка, в полотно которой также было вскрыто основное рудное тело, из которого была взята проба СК-1860. Хромовые руды обеих проб представлены мелкозернистыми полосчатыми, средне- и редковкрапленными типами с редкими шлировидными выделениями густовкрапленных хромититов.

Для обогащения проб были применены два варианта. Первоначально из каждой исходной пробы были отобраны две навески обломков горной породы массой около одного килограмма, которые были подвергнуты дроблению на щековой дробилке ШД-6 до крупности 1 мм. Всего было получено четыре пробы дробленого материала для дальнейшего анализа в соответствии с выбранным вариантом пробоподготовки.

Пробоподготовка включала следующие этапы:

1. Обогащение дробленого материала проб на винтовом шлюзе с получением концентрата.
2. Сушка и взвешивание концентрата винтового шлюза.
3. Полуколичественный минералогический анализ концентрата винтового шлюза.
4. Квартование концентратов винтового шлюза и отбор навески массой 2 г.
5. Истирание навески концентрата на планетарной мономельнице «Пульверизетте 6».
6. Изготовление таблеток из исходного вещества с подложкой на борной кислоте на лабораторном гидравлическом прессе ПЛГ-20.

7. Анализ состава вещества на рентгенофлюоресцентном спектрометре марки S8 Tiger (ПГНИУ, Пермь) и VRA-30 (ИГ УНЦ РАН, Уфа).

8. Определение содержаний в пробах Cr_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , MnO атомно-абсорбционным методом анализа (ИГ УНЦ РАН, Уфа).

9. Определение содержаний в пробах петрогенных оксидов (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , P_2O_5) методами «мокрой химии» (ИГ УНЦ РАН, Уфа).

В исходных пробах при первоначальном варианте обогащения (пробы СК-1860-01 и СК-1870-01) содержания полезного компонента составляли в среднем соответственно 13,0% и 12,6% Cr_2O_3 (табл. 2). Проведенные исследования концентратов

винтового шлюза показали, что содержание хромшпинелидов в них составляет 65–70%, что свидетельствует об их достаточно высокой концентрации в конечном продукте в результате гравитационного обогащения (табл. 3). Выход концентрата винтового шлюза от исходной навески пробы варьирует от 12 до 15% (табл. 2), а содержание Cr_2O_3 в концентратах увеличивается в среднем до 38,0% (проба СК-1870-01) и 40,2% (проба СК-1860-01).

При минералогическом изучении различных фракций перед обогащением на винтовом шлюзе было отмечено, что наибольшее количество хромшпинелидов попадает в классы –0,5 мм и поэтому второй вариант обогащения включал в себя те же

Таблица 2

Результаты обогащения проб на винтовом шлюзе

Номер пробы	Выход концентрата, вес. %	Содержание Cr_2O_3 исходное, вес. %	Содержание Cr_2O_3 в концентрате, вес. %	Извлечение Cr_2O_3
СК 1860-01	14,7	$\frac{11,0-15,0}{13,0}$	$\frac{37,94-42,52}{40,2}$	45,5%
СК 1870-01	12	$\frac{11,42-13,91}{12,6}$	$\frac{36,4-39,53}{38,0}$	36,2%
СК 1860-02	не опр.	$\frac{21,52-31,34}{26,4}$	$\frac{46,36-49,06}{47,7}$	не определялось
СК-1870-02	не опр.	$\frac{6,94-7,26}{7,2}$	$\frac{41,12-43,57}{42,4}$	не определялось

Таблица 3

Минеральный состав концентрата винтового шлюза, %

Минерал	Номер пробы	
	СК 1870-01	СК 1860-01
Хромшпинелид	65	70
Оливин	25	23
Пироксены	7	5
Магнетит	1	0,5
Апатит	1	0,5
Ильменит	0,5	0,5
Сростки хромшпинелидов с оливином	0,5	0,5

операции плюс отсев фракций +0,5 мм и обогащение только более мелкозернистых фракций. Как можно видеть из табл. 2, различие в составах исходных проб во втором варианте было более заметно: проба СК-1860-02 значительно богаче, содержание в ней Cr_2O_3 составило в среднем 26,4%, а проба СК-1870-02 беднее хромом (7,2% Cr_2O_3). Тем не менее в концентрате винтового шлюза эти различия несколько сгладивлены. Обе пробы оказались хорошо обогащаемы, концентрация Cr_2O_3 составила соответственно 47,7% и 42,4%.

Таким образом, проведенные исследования позволили получить впервые после работ Е.А. Шумихина и др. [1979 г.] данные о гравитационном обогащении вкрапленных хромовых руд Саксейского участка массива Средний Крака. Хотя полученные результаты носят предварительный характер, уже сейчас можно утверждать, что из руд данного участка может быть получен кондиционный хромитовый концентрат при использовании в качестве основного процесса обогащение мелких фракций на винтовых шлюзах.

Работа выполнена при поддержке гранта «РФФИ – Поволжье» № 14-05-97001.

Литература:

Гришин Н.Н., Ракаев А.И., Белогурова О.А., Морозова Т.А. Первичная переработка хромитовых руд и рудо-подготовка отходов для производства огнеупорных материалов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2004. – № 4. – С. 98–106.

Карпузов А.Ф., Лебедев А.В., Житников В.А., Коровкин В.А. Минерально-сырьевая база твердых полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2008. – № 4. – С. 66–80.

Машковцев Г.А. Современное состояние минерально-сырьевой базы отечественной металлургии // Минер-

ральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2007. – № 5. – С. 16–25.

Реестр хромитовых месторождений в альпинотипных гипербазитах Урала / Под ред. Б.В. Первозчикова. – Пермь, 2000. – 474 с.

Савельев Д.Е. Соотношение структур рудоносной дунит-хромититовой ассоциации и перидотитов в офиолитах (на примере массивов Крака) // Литосфера. – 2013а. – № 2. – С. 76–91.

Савельев Д.Е. Состав аксессуарных хромшпинелидов из ультрабазитов Южного Урала как отражение геодинамической обстановки формирования массивов // Вестник Пермского университета. Сер. Геология. – 2013б. – Вып. 1. – С. 17–25.

Савельев Д.Е., Сначёв В.И., Савельева Е.Н. Хромиконосность южной части массива Средний Крака (Ю. Урал) // Металлогения древних и современных океанов – 2002. Формирование и освоение месторождений в офиолитовых зонах: Мат-лы / 8-я науч. студ. школа. – Миасс, 2002. – С. 112–117.

Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромиконосность

габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. – 320 с.

Савельев Д.Е., Сначев В.И. Бедновкрапленные хромовые руды Южного Урала и перспективы их практического использования // Руды и металлы. – 2012. – № 2. – С. 36–40.

Савельева Е.Н. Хромиконосность габбро-гипербазитовых массивов Крака: Дис... канд. геол.-мин. наук. – М., 2007. – 156 с.

Dickey J.S. A hypothesis of origin for podiform chromite deposits // Chromium: its physicochemical behavior and petrologic significance. – Elsevier, 1976. – P.1061–1074.

Leblanc M., Violette J.-F. Distribution of aluminium-rich and chromium-rich chromite pods in ophiolite peridotites // Economic Geology. – 1983. – V. 78. – P. 293–301.

Murthy Y.R., Tripathy S.K., Kumar C.R. Chrome ore beneficiation challenges and opportunities – A review // Minerals Engineering. – 2011. – V. 24. – P. 375–380.

Thayer T.P. Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-Soridag District, Turkey // Econ. Geol. – 1964. – V. 59. – P. 1497–1524.

Сведения об авторах:

Савельев Дмитрий Евгеньевич, Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН), г. Уфа. E-mail: sav171@mail.ru.

Илалтдинов Ильдар Ягфарович, Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), Пермь. E-mail: ildar.ilaltdinov@psu.ru.

Бажин Евгений Александрович, Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (ИГ УНЦ РАН), г. Уфа. E-mail: bazhin_evgeniy@mail.ru.

PROSPECTS OF MINING OF THE DISSEMINATED CHROME ORES FROM SACKSEY AREA (SREDNY-KRAKA MASSIF, THE SOUTHERN URALS)

D. E. Saveliev, I. Ya. Ilaltdinov, E. A. Bazhin

Saveliev Dmitry Evgenievich, Institute of geology of the Ufimian scientific centre (IG USC RAS), Ufa, Russia. E-mail: sav171@mail.ru.

Ilaltdinov Ildar Yagfarovich, Perm State National Research University (PSNRU), Perm, Russia. E-mail: ildar.ilaltdinov@psu.ru.

Bazhin Evgeniy Alexandrovich, Institute of geology of the Ufimian scientific centre (IG USC RAS), Ufa, Russia. E-mail: bazhin_evgeniy@mail.ru.

Abstract. A geological setting of disseminated chrome ore deposits and occurrences in the western part Middle Kraka massif is described. New data are discussed on the gravity beneficiation of disseminated chrome ores from Saksey area. It is shown that these chrome ore are going to give a high-grade chrome concentrate (>40% Cr₂O₃) if a beneficiation of the chromite fine fractions by spiral separators as a main processing method is used.

Keywords: chrome ore, ultramafic rock, chrome spinel, beneficiation, ophiolite, Kraka.