

ИСТОЧНИКИ ХРОМШПИНЕЛИДА В РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ УЧАСТКА “АЛАБАШКА” МУРЗИНСКО-АДУЙСКОГО ГРАНИТОГНЕЙСОВОГО БЛОКА (В СВЯЗИ С НАХОДКАМИ МИНЕРАЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ)

© 2014 г. А. Ю. Кисин, В. В. Мурзин

ВВЕДЕНИЕ

При поисковых работах на благородный корунд на участке “Алабашка” (Мурзинско-Адуйский гранитогнейсовый блок, Ср. Урал), проведенных ЗАО “Терра-97” в 1997–1999 гг., в пробах из нескольких шурфов, пройденных в Нижнеалабашском логу, были встречены повышенные концентрации самородного золота и минералов платиновой группы (МПГ), с которыми ассоциируют зерна хромшпинелида. Шурфами вскрыты аллювиально-делювиальные плохо сортированные ложковые отложения и коры выветривания подстилающих пород, представленных кварц-биотитовыми сланцами, амфиболитами, гнейсами, гранитами, пегматитами, биотитовыми слюдитами и другими образованиями. В некоторых пробах золото резко преобладает над МПГ, в других, наоборот, МПГ резко преобладало над золотом. Поскольку площадь сложена преимущественно гранитогнейсами (рис. 1), то закономерно встает вопрос об источниках этих минералов, прежде всего МПГ.

Снос с запада или востока – первое, что приходит в голову при рассмотрении данного вопроса. Но смущает то, что за пределами данного лога, в контурах поискового участка, МПГ не обнаружены. Отметим также очень слабое развитие аллювиальных отложений на исследуемой площади. Как правило, метаморфическая толща здесь перекрыта лишь маломощным (до 3 м, реже более) чехлом четвертичных суглинков, в основании которых иногда встречаются песчано-гравийные отложения с редкой мелкой кварцевой галькой. Дешифрированием космоснимков признаки палеорусел древних рек на участке и прилегающей площади не установлены. Даже низкие и заболоченные участки площади на космоснимках выглядят как изолированные мелкие ванны. В то же время из геологических карт данной площади известно, что в составе метаморфической толщи имеются небольшие серпентинитовые массивы (см. рис. 1), которые теоретически могли послужить здесь источником МПГ. Такие тела находятся в верховьях р. Алабашки и Нижнеалабашского лога. В 10–12 км к востоку находится Алапаевский массив альпинотипных серпенти-

нитов, а в 7–8 км к западу известны небольшие тела серпентинитов, являющихся северным продолжением Первомайского массива. Все это послужило основанием для проведения исследований хромшпинелидов с участка “Алабашка” в целях выяснения возможного источника МПГ.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ УЧАСТКА

Исследуемый участок расположен в западной части Мурзинско-Адуйского антиклинория, в 10 км к ССВ от дер. Мурзинка, на правом берегу р. Алабашка, на месте б. дер. Нижняя Алабашка и широко известен миароловыми пегматитами с драгоценными камнями (с морионом, бериллом и топазом), образующих так называемое Алабашское пегматитовое поле. Участок сложен гнейсами, гнейсогранитами, кварц-биотитовыми сланцами, амфиболитами, кварцитами и мраморами, часто с крупнокристаллическим графитом. Метаморфическая толща сильно рассланцована, а мраморы кливажированы (аз. прост. кливажа около 330° при субвертикальном или крутом (80°) восточном падении). Породы метаморфизованы в условиях амфиболитовой фации, а местами, возможно, и в гранулитовой. Широко распространены дайки гранитов и пегматитов, приуроченные к трещинам скальвания: аз. прост. 340–345°, угол падения 50°СВ. Интенсивно проявлены диафторические и гидротермальные процессы.

Разрывная тектоника на участке изучена слабо, ввиду его плохой обнаженности. Отмечается система резко выраженных в рельефе прямолинейных логов, в том числе Нижнеалабашского, с азимутом простирания около 60°. Данный лог, вероятно, фиксирует разлом сколового характера, о чем свидетельствуют находки крупных кусков кварца с зеркалами скольжения и друз горного хрусталя. Несомненно порода на противоположных бортах лога указывает на правый сдвиг.

В плотике лога отмечены коры выветривания, вероятно, линейные, мощностью не менее 25 м (глубина поискового бурения). Только нижняя часть лога, 300–350 м от устья, заполнена аллювиально-делювиальными отложениями, а вы-

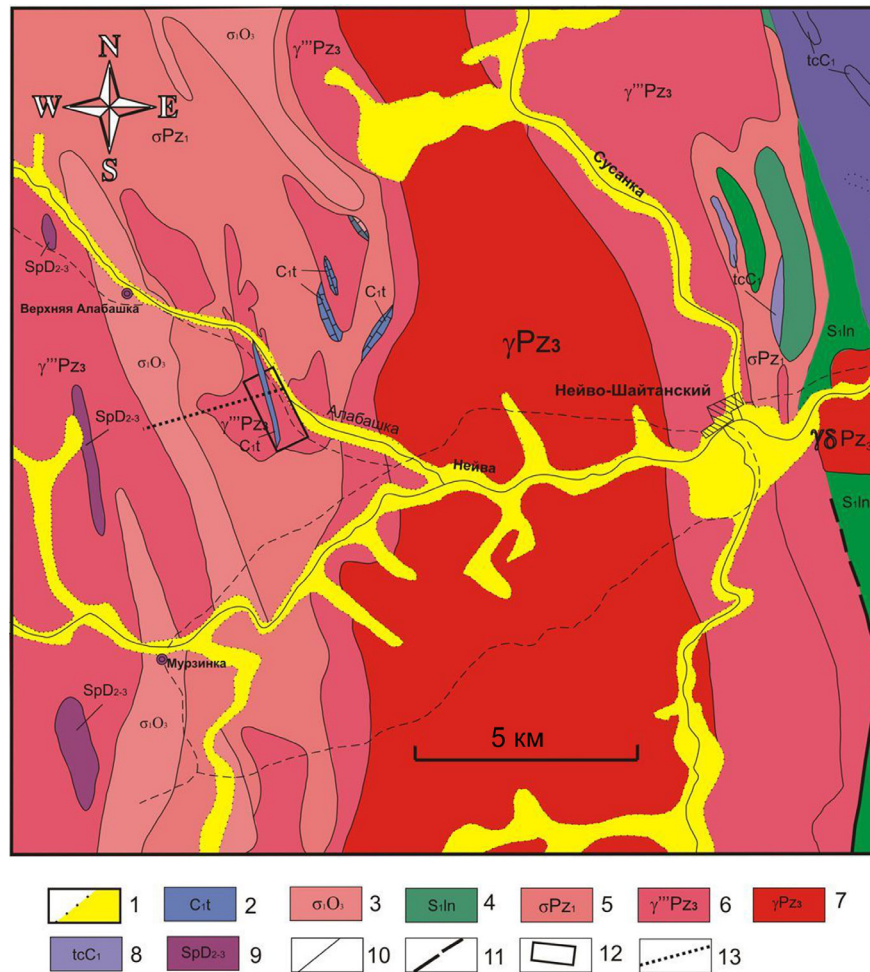


Рис. 1. Схематическая геологическая карта участка “Алабашка” и его окрестностей (по А.В. Коровко, с упрощениями и дополнениями).

1 – четвертичные отложения; 2 – мраморы, силикатные мраморы; 3 – гнейсы амфиболовые; 4 – сланцы кремнистые, углисто-кремнистые, кварциты, зеленые сланцы; 5 – гнейсы биотитовые; 6 – гранитогнейсы; 7 – граниты биотитовые, мусковитовые, двуслюдяные; 8 – талькиты; 9 – серпентиниты; 10 – геологические границы; 11 – крупные тектонические нарушения; 12 – участок поисковых работ на благородный корунд; 13 – Нижнеалабашский лог.

ше они наблюдаются лишь фрагментарно. Мощность аллювиально-делювиальных отложений в районе находок золота и МПГ вместе со вскрышей составляет 1.5–2.0 м. Гравийно-галечный материал несортированный, слабоокатанный, представлен преимущественно кварцем и калиевым полевым шпатом. Тяжелая фракция шлихов состоит из магнетита, монацита, циркона, ильменита, рутила, сфена, корунда, гранатов (в том числе уваровита и уваровит-гроссулярового ряда из минерализованных зон в мраморах и амфиболитах), амфиболов, диопсида и хромшпинелидов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нашем распоряжении имелась тяжелая немагнитная фракция – 1мм проб из трех шурфов, из которых выделено по несколько десятков зерен хром-

шпинелидов. Часть зерен хромшпинелидов была извлечена из шлиховых проб со скважин шнекового бурения (интервалы 4.5 и 7.8–8.1 м), сильнообогащенных актинолитом. Затем они изучались под бинокулярным стереомикроскопом МБС-10 в целях первичной сортировки и типизации зерен по цвету, морфологии поверхности, кристаллографическим признакам. После этого из каждой группы отбирались зерна для дальнейших исследований на микроанализаторе САМЕСА SX 100 ЦКП “Геоаналитик” ИГГ УрО РАН (оператор Д.А. Замятин).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Хромшпинелиды составляют от 5–10 до 40% от объема немагнитной фракции с плотностью более 2.88 г/см³. Основная их масса представлена хоро-

Таблица 1. Химический состав типовых зерен хромшпинелида Алабашского участка (мас. %)

Образец	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	ZnO	Σ	FeOcalc	Fe ₂ O ₃ calc	Fe/Fe+Mg	Cr/Cr+Al
Sh-4_1	0.22	55.46	0.13	12.01	20.66	0.27	8.54	0.23	97.53	19.85	0.90	56.5	75.6
Sh-4_2	0.07	44.84	0.15	20.00	25.50	0.42	6.87	0.76	98.61	23.26	2.48	65.9	60.1
Sh-4_3	0.06	43.41	0.15	20.70	25.43	0.35	7.23	0.72	98.05	22.75	2.98	64.4	58.4
Sh-4_4	0.51	51.21	0.04	6.75	30.99	0.34	6.53	0.09	96.46	22.22	9.74	67.3	83.6
Sh-4_5	0.20	37.93	0.18	15.44	34.32	0.31	8.71	0.24	97.32	20.24	15.64	60.2	62.2
Sh-4_6	0.09	44.28	0.15	21.54	24.88	0.36	7.48	0.72	99.49	22.97	2.13	63.6	58.0
Sh-4_7	0.07	45.67	0.02	20.21	25.45	0.35	7.07	0.72	99.56	23.40	2.28	65.4	60.2
Sh-4_8	0.04	44.12	0.26	21.68	24.56	0.39	7.49	0.72	99.25	22.82	1.93	63.4	57.7
Sh-4_9	0.05	45.35	0.20	20.27	24.48	0.35	7.42	0.67	98.79	22.65	2.03	63.5	60.0
Sh-4_10	0.11	48.18	0.19	18.18	23.01	0.44	8.39	0.47	98.98	21.04	2.19	58.8	64.0
Sh-4_11	0.11	56.52	0.20	10.46	24.18	0.47	6.75	0.39	99.09	22.41	1.96	65.3	78.4
Sh-4_12	0.13	54.98	0.19	12.60	23.66	0.40	7.06	0.40	99.41	22.45	1.34	64.2	74.5
Sh-4_13	0.22	59.31	0.01	9.16	17.05	0.18	12.85	0.01	98.78	13.55	3.89	38.3	81.3
Sh-4_14	0.13	47.89	0.08	18.88	23.34	0.43	8.44	0.61	99.80	21.24	2.33	59.0	63.0
Sh-4_15c	0.10	47.80	0.22	17.87	23.22	0.46	8.30	0.50	98.47	20.92	2.55	59.0	64.2
Sh-4_15k	0.12	55.74	0.20	11.53	24.14	0.45	7.04	0.47	99.69	22.29	2.05	64.3	76.4
Sh-4_16	0.27	53.10	0.13	8.65	29.13	0.34	6.48	0.09	98.18	22.89	6.93	67.7	80.5
Sh-4_17	0.19	52.62	0.28	14.21	22.61	0.27	8.11	0.44	98.73	21.03	1.75	59.4	71.3
Sh-4_18	0.15	56.71	0.12	10.09	25.04	0.34	6.17	0.77	99.38	23.16	2.09	68.1	79.0
Sh-4_19	0.08	46.00	0.24	21.36	20.27	0.18	10.08	0.42	98.64	19.11	1.28	51.7	59.1
Sh-4_20	0.38	52.84	0.03	9.01	25.50	0.31	10.50	0.09	98.65	17.11	9.32	50.2	79.7
Sh-4_21	0.00	54.08	0.18	14.54	20.47	0.27	9.29	0.25	99.08	19.39	1.20	54.2	71.4
Sh-4_22	0.08	56.32	0.28	10.82	23.96	0.32	6.47	0.54	98.80	22.78	1.31	66.5	77.7
Sh-4_23	0.20	56.35	0.25	9.66	26.32	0.38	5.51	0.76	99.43	24.14	2.42	71.3	79.6
Sh-4_24	0.05	62.38	0.24	6.29	19.94	0.32	8.86	0.18	98.25	18.55	1.55	54.3	86.9
Sh-4_25	0.15	54.71	0.20	11.37	23.40	0.30	7.44	0.48	98.07	21.30	2.33	62.0	76.3
Sh-4_26	0.15	51.72	0.16	14.46	23.26	0.25	7.85	0.44	98.29	21.32	2.16	60.7	70.6
Sh-4_27	0.15	57.38	0.26	10.04	23.02	0.35	7.40	0.37	98.98	21.49	1.70	62.1	79.3
Sh-4_28	0.05	45.45	0.21	21.23	21.69	0.20	9.23	0.60	98.66	20.20	1.66	55.4	58.9
Sh-4_29	0.21	52.88	0.07	11.52	22.53	0.28	10.53	0.12	98.15	17.09	6.05	49.3	75.5
Sh-4_30	0.18	56.76	0.31	9.77	24.75	0.30	6.25	0.56	98.87	23.08	1.85	67.6	79.6
Sh-4_31	0.16	55.83	0.24	10.35	25.82	0.33	5.78	0.60	99.11	23.89	2.15	70.1	78.3
Sh-4_32	0.10	54.37	0.22	11.14	25.14	0.32	6.38	0.71	98.38	22.72	2.69	67.1	76.6
Sh-4_33	0.13	55.15	0.17	12.44	22.35	0.27	7.94	0.37	98.83	21.05	1.45	60.0	74.8
Sh-4_34	0.19	55.09	0.39	10.95	24.91	0.31	6.36	0.59	98.79	23.05	2.07	67.2	77.1
Sh-4_35	0.16	55.22	0.28	10.20	24.85	0.31	6.24	0.57	97.84	22.80	2.28	67.5	78.4
Sh-1_1	0.12	59.65	0.05	8.39	20.55	0.24	10.62	0.10	99.72	16.91	4.05	48.3	82.7
Sh-1_3	0.37	51.45	0.03	9.00	27.94	0.35	9.89	0.12	99.15	18.15	10.88	53.5	79.3
Sh-1_4	0.01	46.44	0.30	16.23	24.46	0.30	9.94	0.16	97.84	18.41	6.72	52.8	65.7
Sh-1_5	0.06	62.96	0.21	6.11	21.38	0.28	8.22	0.17	99.39	19.92	1.62	57.9	87.4
Sh-1_7	0.07	45.53	0.21	19.62	22.22	0.35	10.25	0.25	98.49	18.56	4.07	51.4	60.9
Sh-1_8	0.18	49.62	0.19	10.66	31.57	0.30	6.33	0.30	99.15	23.54	8.92	69.2	75.7
Sh-1_9	0.06	55.14	0.12	11.63	27.95	0.94	2.26	0.77	98.85	28.49	–	87.4	76.1
Sh-1_10	0.05	63.23	0.19	5.06	22.40	0.34	7.57	0.13	98.97	20.59	2.01	60.8	89.3
Sh-1_11	0.05	50.34	0.22	11.22	29.74	0.44	6.82	0.41	99.23	22.54	8.01	66.6	75.1
Sh-1_12	0.12	60.88	0.08	8.98	18.33	0.27	10.25	0.20	99.10	17.20	1.25	48.7	82.0
Sh-1_14	0.06	65.48	0.16	5.22	19.13	0.23	7.69	0.20	98.17	20.18	–	58.3	89.4
Sh-1_15	0.13	55.48	0.01	9.10	29.08	0.46	4.02	0.73	99.01	26.09	3.32	78.9	80.3
Sh-1_16	0.39	53.62	0.06	7.62	28.08	0.39	8.77	0.17	99.10	19.54	9.49	57.7	82.5
Sh-1_17	0.24	49.32	0.21	16.45	20.88	0.22	11.14	0.06	98.51	17.16	4.13	47.3	66.8
Sh-1_18	0.05	66.21	0.26	3.82	20.96	0.30	7.40	0.14	99.14	20.71	0.28	61.0	92.1
Sh-1_19	0.02	49.96	0.24	19.39	17.66	0.18	11.69	0.17	99.32	16.73	1.03	44.7	63.3
Sh-1_20	0.14	60.71	0.04	8.78	14.73	0.13	14.08	0.04	98.64	11.51	3.58	32.7	82.3
Sh-1_21	0.00	37.86	0.14	21.85	27.76	0.26	10.08	0.24	98.19	19.20	9.51	54.2	53.7
Sh-1_22	0.05	55.12	0.13	14.31	17.59	0.20	11.06	0.14	98.61	16.70	0.99	46.0	72.1
Sh-1_23	0.36	53.82	0.00	7.45	25.34	0.34	10.29	0.04	97.63	16.86	9.43	50.4	82.9
Sh-1_24	0.38	52.66	0.00	7.49	28.44	0.45	8.80	0.02	98.23	19.28	10.18	57.5	82.5
Sh-1_26	0.04	53.02	0.25	16.28	18.07	0.26	11.20	0.11	99.23	16.96	1.23	46.1	68.6
Sh-1_27	0.00	65.96	0.18	3.97	21.10	0.33	7.31	0.24	99.10	20.69	0.45	61.4	91.8

Таблица 1. Окончание

Образец	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	ZnO	Σ	FeOcalc	Fe ₂ O ₃ calc	Fe/Fe+Mg	Cr/Cr+Al
Sh-1_28	0.24	53.41	0.05	10.82	26.46	0.40	6.90	0.28	98.57	22.40	4.51	65.3	76.8
Sh-1_29	0.14	57.91	0.15	11.03	18.93	0.26	10.69	0.09	99.20	17.03	2.12	47.6	77.9
Sh-1_30	0.39	51.97	0.00	9.06	26.48	0.40	9.78	0.22	98.30	17.91	9.53	53.1	79.4
Sh-1_31	0.21	47.56	0.18	13.71	28.22	0.30	7.80	0.12	98.09	21.60	7.35	62.3	69.9
Sh-1_32	0.49	51.84	0.67	10.30	31.97	0.55	0.90	1.99	98.70	30.02	2.17	94.9	77.1
Sh-1_33	0.46	48.22	0.04	7.19	33.37	0.41	7.91	0.18	97.78	20.48	14.33	62.3	81.8
Sh-1_34	0.33	55.50	0.09	8.15	24.92	0.37	9.75	0.06	99.16	18.18	7.49	52.9	82.0
Sh-1_35	0.01	67.59	0.21	3.02	20.02	0.31	7.92	0.22	99.31	19.72	0.33	58.3	93.8
Sh-1_36	0.08	61.71	0.12	7.92	18.14	0.26	10.27	0.16	98.66	16.88	1.40	48.3	83.9
Sh-1_37	0.05	50.77	1.61	12.80	25.61	0.37	2.01	5.56	98.77	25.21	0.44	87.3	72.7
Sh-1_38	0.33	52.20	0.00	7.47	27.63	0.36	9.35	0.08	97.42	18.17	10.52	54.8	82.4
Sh-1_39	0.44	51.55	0.00	8.16	28.52	0.38	8.84	0.21	98.11	19.23	10.33	57.3	80.9
Sh-1_40	0.43	48.66	0.00	8.21	31.39	0.44	8.53	0.16	97.83	19.64	13.05	59.4	79.9

Примечание. Обр. Sh-4 – из смещенных кор выветривания амфиболитов, обр. Sh-1 – из аллювиально-делювиальных ложковых отложений. Курсивом выделены определения со значениями концентрации элемента ниже 2σ (среднеквадратичной ошибки анализа).

шо окатанными кристаллами и обломками. Около 8–10% кристаллов показывают только незначительный механический износ ребер и вершин, а 3–5% кристаллов не имеют признаков механического износа и имеют блестящие грани. На окатанных зернах хромшпинелидов иногда наблюдается тонкая магнетитовая каемка (возможно, что большинство зерен с магнетитовой каймой были удалены в магнитную фракцию). Цвет черный, иногда слегка коричневатый, излом раковистый, блеск смоляной. Доля неокатанных кристаллов из скважин выше, чем из шурфов.

Химический состав типовых зерен хромшпинелида приведен в табл. 1. Установлено, что значимые различия состава зерен в зависимости от морфологии и степени окатанности отсутствуют. Анализ положения точек химического состава хромшпинелида на диаграмме Т. Ирвайна “Fe²⁺/Fe²⁺+Mg – Cr/Cr+Al” [11] указывает на соответствие большей части зерен акцессорной хромшпинели из дунитов дунит-гарцбургитовых массивов Урала (рис. 2). Несколько меньшее число зерен образуют группы, отвечающие составу рудных (на рис. 2 левее поля акцессорной хромшпинели) и метаморфических хромшпинелей (правее поля акцессорной хромшпинели). Составы поля метаморфического хромшпинелида при этом могут отражать как промежуточные продукты преобразования его зерен из исходных ультрамафитов при метаморфизме (многократно описанный в литературе процесс “магнетитизации”), так и новообразованный хромшпинелид при метаморфизме и метасоматозе [8, 9]. Характерный признак метаморфического хромшпинелида – повышенное содержание примесей цинка и/или марганца [3, 4, 6]. В хромшпинелиде Алабашского лога содержание цинка постепенно увеличивается в направлении от рудного к акцессорному и далее метаморфическому, достигая в отдельных зернах 5.56 мас. %

ZnO (см. рис. 2). Данное наблюдение подтверждает индикаторное значение этой примеси для установления метаморфической природы хромшпинели. Отсутствие даже в наиболее богатых цинком зернах хромшпинели признаков замещения их магнетитом может указывать на их метасоматическое происхождение. Возможно, что в связи с этим некоторые богатые цинком зерна хромшпинелида характеризуются также наиболее высоким содержанием ванадия (до 1.61 мас. % V₂O₃) (см. табл. 1, зерна Sh-1_32 и Sh-1_37).

Сопоставление химического состава зерен хромшпинелидов Алабашского участка и Алапаевского массива показывает тождественность лишь небольшой части изученных нами зерен (см. рис. 2, поля II, III и VI). Эти зерна отвечают составу акцессорной хромшпинели как западного блока Алапаевского массива, сложенного породами “островодужной хромитит-дунит-гарцбургитовой серии”, так и восточного блока, сложенного “надсубдукционными недефференцированными гарцбургитами” [7]. В то же время большая часть зерен хромшпинелидов Алабашского участка имеет более высокохромистый состав, аналоги которых в Алапаевском массиве пока не зафиксированы. Эти зерна также характеризуются наиболее низким содержанием цинка: к ним относятся практически все анализы с ZnO менее 0.1 мас. %. К близким аналогам высокохромистых хромшпинелей Алабашского участка можно отнести рудные хромшпинелиды латераль-секреционного, ортомагматического и особенно метасоматического генетических типов Кемпирсайского рудного поля на Южном Урале (см. рис. 2). На Среднем Урале высокохромистые рудные хромшпинелиды зафиксированы в Первомайском и Верх-Нейвинском массивах [7]. Именно с высокохромистыми хромшпинелидами хромититов офиолитовых комплексов ассоциируют МПГ [1, 2, 5, 12] или находящимися в сростках с МПГ в россыпях [10].

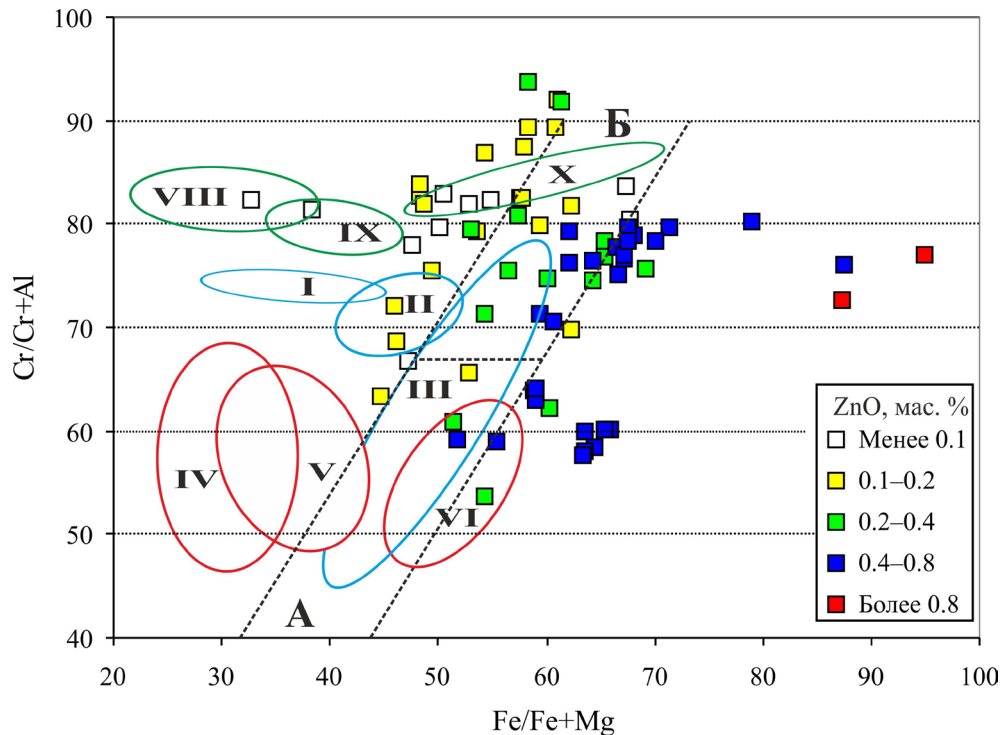


Рис. 2. Состав хромшпинелида с разным содержанием ZnO из отложений Алабашского лога на диаграмме “железистость $Fe^{2+}/Fe^{2+}+Mg$ – хромистость $Cr/Cr+Al$ ”.

На диаграмму нанесены поля акцессорного хромшпинелида из гарцбургитов (А) и дунитов (Б) из офиолитовых гипербазитов Урала [9], западного (I–III) и восточного (IV–VI) блоков Алапаевского массива [7], рудных хромшпинелидов латерально-секрционного (IX), ортомагматического (YIII) и метасоматического (X) генетических типов Кемпирсайского рудного поля [8]. Поля II, III и VI – состав акцессорного хромшпинелида, I, IV, V, VIII–X – рудного.

К сожалению, мы пока не располагаем данными по составу хромшпинелида из серпентинитовых тел внутренних участков Мурзинско-Адуйского блока. Можно ожидать, что данные мелкие массивы серпентинитов являются фрагментами Первомайского массива и хромшпинелиды в них высокохромистые. Исходя из того, что хромшпинелид устойчив к физико-химическому выветриванию и является обычным минералом россыпей, можно предположить, что основная масса окатанных и полуокатанных зерен этого минерала перенесена на исследуемую площадь с запада. В отношении неокатанных кристаллов этого сказать нельзя, и надо искать местный источник. Ближайший серпентинитовый массив расположен всего в 4 км к западу от участка, в поле гнейсов. Но локальность находок МПГ (только в устье лога) дает основание предполагать наличие серпентинитов и непосредственно на участке поисковых работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Принципиальных различий в составе окатанных и неокатанных хромшпинелидов не выявлено. Среди них преобладают акцессорные хромшпинелиды дунитов дунит-гарцбургитовых

массивов Урала, затем следуют рудные и метаморфические.

2. По химическому составу изученные хромшпинелиды имеют близкие аналоги среди акцессорной разновидности этого минерала из ультрабазитов Алапаевского массива. Рудные высокохромистые хромшпинелиды в большей степени близки хромшпинелидам смежных с запада площадей, в которых локализуется Первомайский массив.

3. Предполагается, что основная часть окатанной и полуокатанной хромшпинелида участка “Алабашка” снесена водными потоками с запада. Не исключается наличие местных источников – мелких тел серпентинитов в составе метаморфической толщи. Этим можно было бы объяснить локальность нахождения МПГ, чуждых для гранито-гнейсовых массивов.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-И-5-2068.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистлер В.В., Волченко Ю.А., Крячко В.В. и др. Минералы платиновых металлов в хромититах Кемпир-

- сайского массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1989. № 11. С. 113–117.
2. *Дмитренко Г.Г.* Минералы платиновой группы альпинотипных ультрамафитов. Магадан, 1994. 134 с.
 3. *Мурзин В.В., Варламов Д.А., Ронкин Ю.Л., Шанина С.Н.* Происхождение золотоносных родингитов Карабашского массива альпинотипных гипербазитов на Южном Урале // Геология рудных месторождений. 2013. Т. 55, № 4. С. 320–341.
 4. *Мурзин В.В., Варламов Д.А., Шанина С.Н.* Новые данные о золото-антигоритовой формации Урала // Докл. АН. 2007. Т. 417, № 6. С. 810–813.
 5. *Рудашевский Н.С., Мочалов А.Г.* Состав включений хромшпинелидов в зернах платиноидов из пород ультрамафических формаций // Геология и геофизика. 1985. № 8. С. 56–70.
 6. *Спиридонов Э.М., Плетнев П.А.* Месторождение медистого золота Золотая Гора (о золото-родингитовой формации). М.: Науч. мир, 2002. 220 с.
 7. *Чащухин И.С., Вотяков С.Л.* Ультрамафиты Алапаевского массива (Средний Урал): петрология, геохимия, хромитонность // Литосфера. 2012. № 4. С. 140–157.
 8. *Чащухин И.С., Вотяков С.Л., Щапова Ю.В.* Кристаллохимия хромшпинели и оксибарометрия ультрамафитов складчатых областей. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. 310 с.
 9. *Чащухин И.С., Мамина В.М., Сурганов А.В. и др.* Закономерности состава аксессуарной и рудообразующей хромшпинели в ультрамафитах Первомайского массива // Ежегодник-2003. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2004. С. 206–217.
 10. *Cabri L.J., Harris D.C., Weiser T.W.* Mineralogy and distribution of platinum-group mineral (PGM) placer deposits of the world // Expl. Mining Geol. 1996. V. 5. P. 73–167.
 11. *Irvine T.N.* Chromian spinel as a petrogetic indicator. Pt 2 // Can. J. Earth Sci. 1967. V. 4. P. 71–103.
 12. *Melcher F., Grum W., Simon G., Thalhammer T.V., Stumpfl E.F.* Petrogenesis of the ophiolitic giant chromite deposits of Kempirsai, Kazakhstan: a study of solid and fluid inclusions in chromite // J. Petrol. 1997. V. 38. P. 1419–1458.