

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАЛА И ТУРГАЯ

З. И. Полтавец, Г. С. Нечкин

Скарново-магнетитовые месторождения Урала и Тургая образуют четко обособленные геоструктурно-металлогенические провинции, сформированные в разные металлогенические эпохи и характеризующиеся каждая своими общегеологическими и петро-геохимическими особенностями. Несмотря на достаточно хорошую изученность геологических закономерностей и условий их образования, палеогеодинамические обстановки формирования этих месторождений все еще остаются дискуссионными; чаще всего формирование скарновых месторождений железа и меди связывают с островодужной обстановкой, активной континентальной палеоокраины или континентальной рифтогенной. С целью получения новых дополнительных аргументов, подтверждающих ту или иную точку зрения, и выявления геохимической специфики магматизма провинций методом ICP-MS был исследован вещественный состав магматических комплексов, продуктивных на скарново-магнетитовое оруденение.

Объектами исследования послужили на Урале месторождения: Гороблагодатское, Естюнинское и Вадимо-Александровское, в Тургае – месторождения: Качарское, Соколовское, Куржункульское, Талкульское и Бенкалинское.

Первые два размещаются в Покровско-Гороблагодатской железорудной зоне – одной из самых протяженных на Урале (прослеживается более чем на 1000 км). С запада она ограничена массивами Платиноносного пояса, с востока ее отделяет от более молодых девонских структурно-фациальных зон Туринский надвиг. Это один из районов наиболее активной и длительной магматической деятельности на Урале. Рудовмещающие магматические комплексы в структурном отношении представляют собой группу сближенных вулканоплутонических структур (ВПС), сложенных следующими вулканогенными формациями с соответствующими интрузивными аналогами: андезитовой (непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой), андезит-базальтовой (именновский комплекс) силурийского возраста и базальт-трахитовой пржедолия-жедина.

Вадимо-Александровское месторождение располагается в Масловско-Ауэрбаховской железорудной зоне вблизи Ауэрбаховского массива и связано с базальт-андезитовой формацией среднедевонского возраста, которая характеризуется нормаль-

ной и повышенной щелочностью (вплоть до субщелочных) и имеет в качестве комагматов субвулканические и интрузивные породы габбро-диорит-гранитовой формации.

Ранее Ю.А. Полтавцом было показано [3], что по многим петрогенным компонентам (отчетливо выраженному преобладанию в них натрия над калием, повышенному содержанию глинозема (17–20%) и пониженным содержаниям титана, хрома и никеля) продуктивные комплексы Покровско-Гороблагодатской и Масловско-Ауэрбаховской зон вполне сопоставляются с вулканитами известково-щелочного ряда энсиалических островных дуг. Островодужная природа рудоносных формаций Покровско-Гороблагодатской железорудной зоны неоднократно отмечалась и в работах Р.Г. Язевой, М.С. Рапопорта и многих других исследователей.

Формирование тургайских скарново-магнетитовых месторождений также связано с известково-щелочным магматизмом, интенсивно проявившимся в средневизейско-серпуховское время.

Месторождения приурочены к кольцевым вулканоплутоническим структурам, образующим протяженный вулканоплутонический пояс в Валерьяновской структурно-фациальной зоне (ВПП). Порода продуктивного магматического комплекса Валерьяновского ВПП представлены преимущественно осадочно-вулканогенной андезит-базальтовой формацией. В целом, вулканогенная составляющая пояса относится в широком понимании к андезитовой формации и представлена широким по кремнеземистости и щелочности спектром пород: от базальтов и трахибазальтов до трахиандезитов, дацитов и кварцсодержащих порфиров. Плутоногенная составляющая Валерьяновского ВПП представлена габбро-диорит-гранодиоритовой формацией, выделенной под названием соколовско-сарбайского интрузивного комплекса, массивы которого неравномерно распределены и составляют небольшие по размерам (от 10 до 150 км²) слабо дифференцированные тела от габбро до диоритов. Не смотря на достаточно длительный период исследования геологического развития Валерьяновской зоны, вопрос о геодинамической обстановке формирования ВВП по-прежнему остается предметом дискуссии и сводится, в основном, к трем точкам зрения: к островодужной обстановке [3], режиму активной континентальной окраины [5] и континентальному рифтогенезу [4].

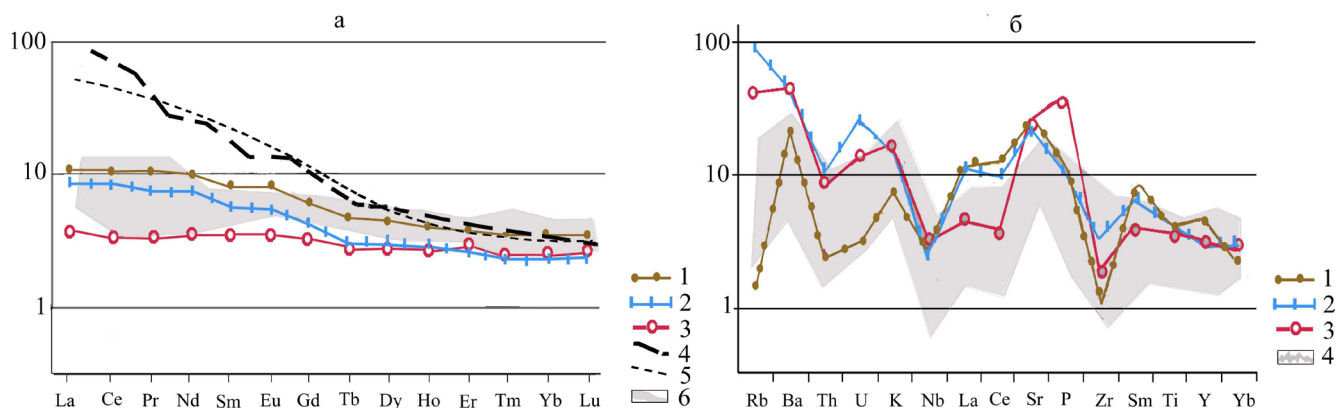


Рис. 1. Спектры распределения РЗЭ (а) и рассеянных элементов (б) в породах Уральских месторождений. а: 1 – габбро Естунинского месторождения; 2 – габбро Гороблагодатского месторождения; 3 – габбро Вадимо-Александровского месторождения; 4 – базальты континентальных рифтов; 5 – базальты океанических островов; 6 – расплавные включения основного состава в породах островных дуг, а также в базальтах южной части Курильской гряды; б: 1–3 то же, что и на рис. 1а; 4 – современные базальты островных дуг.

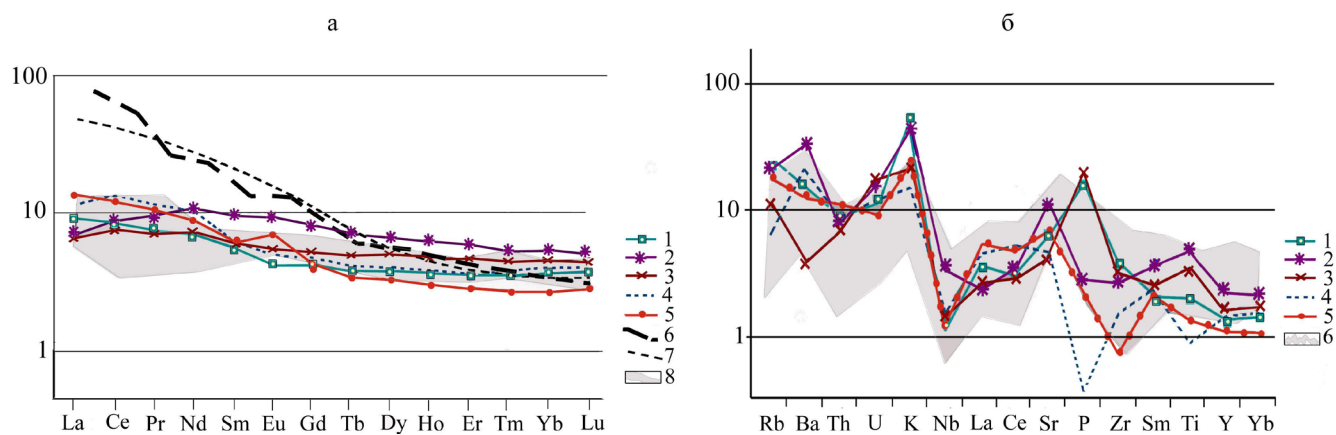


Рис. 2. Спектры распределения РЗЭ (а) и рассеянных элементов (б) в породах Тургайских месторождений. а: 1 – порфирит Качарского месторождения; 2 – порфирит Соколовского месторождения; 3 – порфирит Талкульского месторождения; 4 – диорит-порфирит Куржункульского месторождения; 5 – диорит Бенкалинского месторождения; 6 – базальты континентальных рифтов; 7 – базальты океанических островов; 8 – расплавные включения основного состава в породах островных дуг, а также в базальтах южной части Курильской гряды; б: 1–5 – то же, что и на рис. 2а; 6 – современные базальты островных дуг.

Как известно, одним из индикаторов принадлежности магматических пород к обстановкам их формирования является характер распределения рассеянных и редкоземельных элементов, а также несовместимых высокозарядных элементов (Th, Ta, Nb, Zr, Hf) и элементов с крупным ионным радиусом (Rb, Ba, Sr и др.)

Спайдер-диаграммы (рис. 1 и 2) отражают геохимические особенности магматитов исследуемых месторождений в отношении поведения рассеянных и редкоземельных элементов. На них дано нормированное к составу примитивной мантии [7] распределение РЗЭ и рассеянных элементов в габброидах и порфиритах рассматриваемых месторождений в сравнении с базальтами южной части Курильской островной гряды [1], современных базальтов островных дуг [6] и океанических островов (ОИВ), которые по составу РЗЭ наиболее близ-

ки к базальтам континентальных рифтов [2]. Нисходящий характер трендов РЗЭ в исследуемых породах (рис. 1а, 2а), повышенные значения в них отношений La/Yb , варьирующихся от 2.9 до 7.4, совмещение трендов с областью островодужных базальтов (а не с базальтами континентальных рифтов) указывают на надсубдукционную природу магматитов. В пользу островодужного характера распределения рассеянных элементов и РЗЭ свидетельствуют также и четко проявленные максимумы крупноионных элементов: Rb, Ba, Sr (рис. 1б, 2б), и отрицательные аномалии высокозарядных элементов: Th, Nb, Zr. Подобное распределение указывает на то, что породы являются производными магм, выплавленных на относительно глубоких уровнях из надсубдукционного мантийного клина и подверженных на путях движения к поверхности фракционированию с обогащением (возможно

Таблица 1. Содержание РЗЭ и рассеянных элементов в породах скарново-магнетитовых месторождений Урала и Тургая

	1	2	3	4	5	6	7	8
Li	10.44	20.43	5.25	34.26	48.15	32.35	20.44	18.82
Be	0.25	0.58	0.64	0.49	0.74	0.39	0.42	0.69
Sc	60.17	46.67	44.87	23.83	26.12	23.12	11.17	13.75
Ti	4027.05	4252.60	4398.41	6071.13	12273.25	10104.08	2522.83	3897.86
V	305.31	368.79	274.38	617.13	410.67	374.94	57.08	203.99
Cr	153.95	116.29	152.99	63.22	83.28	43.07	43.43	57.43
Mn	1143.07	1318.71	1451.71	2873.70	1778.24	1437.27	3221.11	29202.83
Co	43.52	38.28	37.89	25.74	28.03	23.33	31.11	15.33
Ni	53.43	41.95	21.82	18.95	31.06	8.84	6.09	7.79
Cu	235.76	125.96	135.25	48.55	425.97	48.56	196.29	3316.69
Zn	61.68	95.66	93.91	96.67	64.27	34.83	74.18	83.11
Ga	17.49	18.30	21.48	15.16	14.19	14.11	10.34	15.61
Ge	1.66	1.56	1.66	0.83	0.94	0.79	0.94	1.00
Rb	23.20	54.55	0.75	44.22	35.77	20.08	10.96	31.06
Sr	440.73	413.58	439.85	360.94	637.25	217.07	251.46	368.05
Y	10.41	10.39	16.06	14.47	23.16	17.99	15.40	11.27
Zr	15.63	27.15	8.73	97.59	68.88	84.13	38.13	18.06
Nb	1.89	1.46	1.59	1.95	6.44	2.26	2.54	2.20
Mo	0.34	0.64	0.42	0.63	0.54	0.69	0.21	1.21
Ag	0.08	0.08	0.07	0.16	0.38	0.16	0.21	0.49
Cd	0.12	0.09	0.12	0.03	0.35	0.03	0.06	0.04
Sn	0.46	1.39	0.58	0.94	1.03	0.88	2.36	1.01
Sb	0.78	0.25	0.03	0.75	0.76	1.08	3.71	1.58
Te	0.02	0.02	0.00	0.06	0.01	0.04	0.11	0.10
Cs	0.70	1.25	0.04	3.39	11.47	1.61	0.46	1.88
Ba	231.02	193.85	99.06	248.37	529.79	64.83	338.59	199.68
La	2.38	5.48	6.47	6.01	4.38	4.31	7.47	8.66
Ce	5.48	14.40	17.43	13.92	14.72	12.39	22.44	20.54
Pr	0.82	1.93	2.52	1.88	2.44	1.78	2.91	2.59
Nd	4.44	9.04	12.44	8.66	13.26	8.91	12.67	11.09
Sm	1.41	2.23	3.13	2.22	3.94	2.51	2.61	2.50
Eu	0.55	0.80	1.21	0.64	1.45	0.84	0.76	1.08
Gd	1.76	2.22	3.22	2.26	4.40	2.83	2.54	2.30
Tb	0.28	0.31	0.46	0.38	0.70	0.49	0.40	0.34
Dy	1.93	1.97	2.93	2.58	4.44	3.35	2.67	2.18
Ho	0.41	0.40	0.59	0.54	0.92	0.69	0.56	0.44
Er	1.19	1.12	1.68	1.58	2.55	2.02	1.62	1.20
Tm	0.16	0.16	0.24	0.24	0.36	0.30	0.26	0.18
Yb	1.07	1.04	1.55	1.63	2.36	1.97	1.76	1.18
Lu	0.16	0.16	0.23	0.26	0.34	0.29	0.27	0.18
Hf	0.51	0.82	0.35	1.68	1.90	1.69	1.00	0.65
Ta	0.17		0.38	0.14	0.41	0.14	0.17	0.17
W	0.54		0.15	0.29	0.54	0.41	0.59	1.07
Tl	0.13	0.16	0.05	0.12	0.20	0.10	0.07	0.24
Pb	3.26	3.90	2.11	5.93	5.31	0.86	1.00	5.89
Bi	0.03	0.05	0.00	0.10	0.03	0.08	0.23	0.11
Th	0.62	0.64	0.16	1.92	1.65	1.31	1.68	2.16
U	0.23	0.46	0.05	0.58	0.83	0.90	0.67	0.53

Примечание. 1 – габбро, Вадимо-Александровское месторождение (м-е); 2 – габбро, Гороблагодатское м-е; 3 – габбро, Естюнинское м-е; 4 – порфирит, Качарское м-е; 5 – порфирит, Соколовское м-е; 6 – порфирит, Талкульское м-е; 7 – диорит-порфирит, Куржункульское м-е; 8 – диорит осветленный, Бенкалинское м-е. Анализы сделаны методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН.

и метасоматическим) литофильными элементами, например К.

Сопоставление диаграмм показывает, что в целом поведение рассеянных элементов и РЗЭ в магматитах скарново-магнетитовых месторождений

Урала и Тургая мало чем различается. Так, в уральской группе тренды магматитов Гороблагодатского и Естюнинского месторождений, относящихся к единой ВПС (Тагильской), сильно сближены и по конфигурации хорошо согласуются. По сравнению

с ними тренд пород Вадимо-Александровского месторождения, приуроченного к Турьинской ВПС, располагается на диаграмме ниже, что указывает на некоторую обедненность последних легкими и частично средними лантаноидами.

В группе Тургайских месторождений распределение РЗЭ в породах аналогично уральскому. Спектры элементов располагаются в поле составов островных дуг, повторяя те же максимумы и отрицательные аномалии.

Анализ полученных данных ICP-MS метода показал, что содержания редких, рассеянных и редкоземельных элементов в магматических породах рассматриваемых месторождений низки, многие из них близки к кларковым значениям (см. табл. 1), но слабо выраженная геохимическая специфика регионов все-таки существует. Так, Уральские месторождения более Тургайских обогащены Co, Ni, Cu, Zn, а Тургайские – Li, Ti, Mn, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Ce, Dy, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Pb, Th, U.

В результате выполненных исследований установлено, что распределение РЗЭ и рассеянных элементов в основных магматитах ряда скарно-магнетитовых месторождений Урала и Тургая достаточно хорошо сопоставляется с составом базальтов островных дуг. Четко выраженного различия в металлогенической специализации продуктивных на скарново-магнетитовое оруденение магматических комплексов силурийской, девонской и нижнекаменноугольной эпох не выявлено. Но при этом следует отметить, что уральским рудным полям свойственна металлогения с более ярко выраженным фемическим профилем.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 09–05–12035-офи_м и Программы № 2 фун-

даментальных исследований РАН, финансируемой УрО РАН и гранта РФФИ 09–05–12035-офи_м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартынов Ю.А., Дриль С.И., Чащин А.А., и др. Геохимия базальтов островов Кунашир и Итуруп – роль несубдукционных факторов в магмогенезисе Курильской островной дуги // Геохимия. 2005. № 4. С. 369–383.
2. Наумов В.Б., Коваленко В.И., Дорофеева В.А., Ярмолюк В.В. Средние содержания петрогенных, летучих и редких элементов в магматических расплавах различных геодинамических обстановок // Геохимия. 2004. № 10. С. 1113–1124.
3. Полтавец Ю.А., Полтавец З.И. Геодинамические обстановки формирования вулканоплутонических ассоциаций со скарновым железным и медным оруденением // Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. С. 176–183.
4. Самаркин Г.И., Самаркина Е.А. Влияние мантийного плюма на формирование каменноугольных рифтогенных структур восточного склона Урала, их возрастная миграция с запада на восток, особенности состава базальтоидных серий // Уральский геологический журнал. 2006. № 1 (49). С. 9–45.
5. Язева Р.Г., Пучков В.Н., Бочкарев В.В. Реликты активной континентальной окраины в структурах Урала // Геотектоника. 1989. № 3. С. 76–85.
6. Holm P.E. The geochemical fingerprints of different tectonomagmatic environments using hydromagmatophile element abundances of tholeiitic basalts and basaltic andesites // Chem. Geology. 1985. V. 51. P. 303–323.
7. McDonough W.F., Sun S.-s. The composition of the Earth // Chem. Geology. 1995. V. 120. P. 223–253.