

ПЕТРОГЕОХИМИЯ ДИОРИТОИДОВ ВОСТОЧНО–АРТЕМОВСКОГО МЕДНО–ПОРФИРОВОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

А. И. Грабежев, Ю. Л. Ронкин, А. В. Коровко*, Н. В. Чередниченко

Восточно-Артемовский массив кварцдиоритового состава является пока единственным на Среднем Урале наиболее крупным молибден-медно-порфировым слабо продуктивным объектом, хотя отдельные подобные мелкие участки и скарново-медно-порфировые проявления очень широко распространены в пределах Восточно-Уральской и Тагильской вулканогенных мегазон. Необходимо отметить крайне слабую изученность Среднего Урала в отношении медно-порфирового оруденения. Кроме производственных отчетов, краткая информация приводится в работах А.И. Кривцова, И.Б. Федоровой, Е.С. Контаря, В.Н. Сазонова, В.Н. Смирнова, авторов и ряда других исследователей. Некоторая систематизация этих материалов приведена в [1]. Массив находится северо-восточнее г. Артемовский, вытянут в меридиональном направлении на 10 км при ширине до 1.5 км (рис. 1). Вмещающие породы представлены D_2 осадочно-вулканогенной (базальт-андезит-дацитовый) толщей, вероятно, комагматичной гранитоидам. В региональном плане массив находится в пределах субмеридиональной полосы сильно сульфидизированных и пропилитизированных-серицитизированных пород шириной 2–7 км, почти беспрерывно протягивающейся в меридиональном направлении на 280 км (от г. Алапаевска до г. Сухой Лог и южнее). Более подробно геология района и массива изложена в [2]. На площади массива преобладают мезо-гипабиссальные среднезернисто-мелкозернистые порфировидные (до порфировых) кварцевые диориты (скв. 1013, 1003), вмещающие мелкие тела предшествующих габбро-диоритов и диоритов, и секущиеся порфировыми дайками. Встречены также микродиорит-долериты, кварц-плагиоклазовые плагиогранодиорит-порфиры и плагиогранит-порфиры. Восточная треть массива сложена гипабиссальными-субвулканическими плагиоклазами диоритовыми порфиритами (а также их эруптивными брекчиями и тектонобрекчиями), которые, скорее всего, отвечают второй, возможно послерудной фазе интрузивного магматизма (скв. 1016).

Минеральный и химический состав минимально измененных гранитоидов кварц-диоритового состава обеих фаз примерно одинаков. Содержание SiO_2 , Al_2O_3 и TiO_2 составляет соответственно

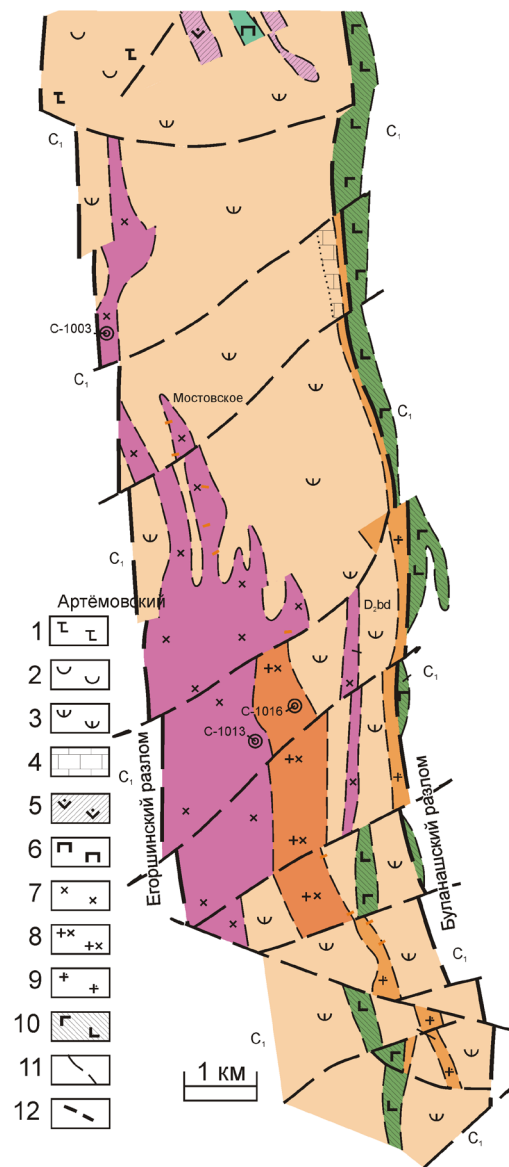


Рис. 1. Схема геологического строения центральной части Мостовского блока в районе Восточно-Артемовского массива.

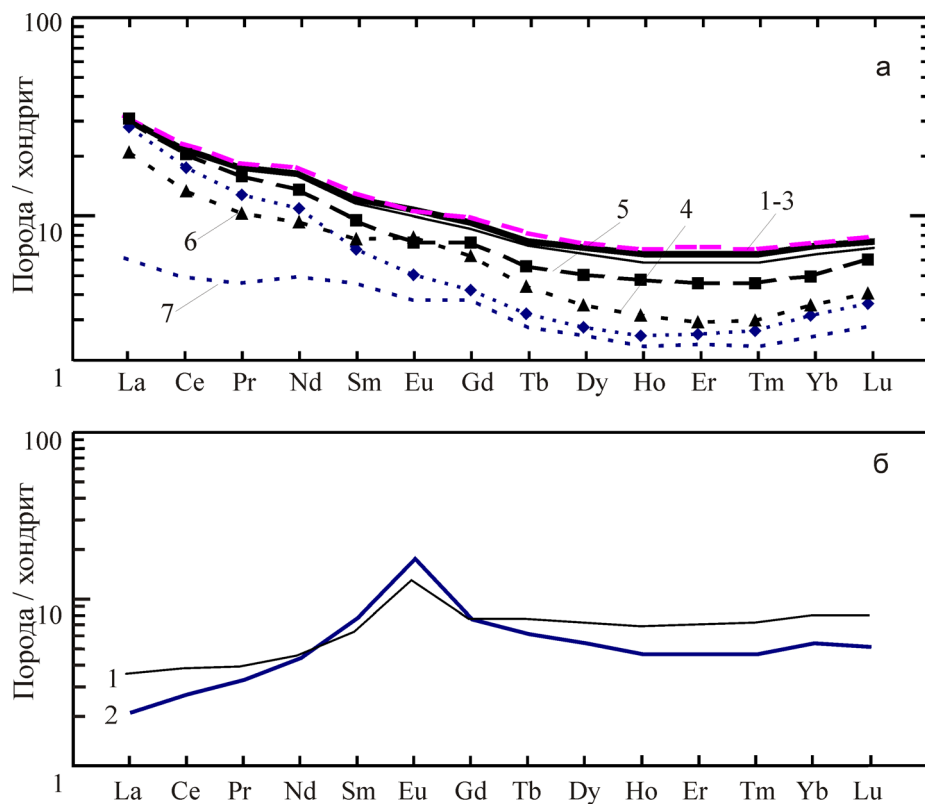
1–9 – D_2 восточноартемовская осадочно-вулканоплутоническая ассоциация: базальты (1), туфы (2), туфопесчаники и туфоалевролиты часто углеродистые и сульфидизированные (3), известняки (4), андезиты порфировые безмагнетитовые (5), клинопироксениты (6), кварцевые диориты (7), диоритовые порфириты (8), плагиогранит-порфиры (9); 10 – нижнекарбоновые породы (габбродолериты магнетитсодержащие и карбонатно-терригенная толща C_1); 11 – литологические границы; 12 – разломы.

* Среднеуральская геологоразведочная экспедиция, В. Пышма Свердловской обл.

Таблица 1. Химические составы пород Восточно-Артемовского массива по скв.1013 (1–7) и 1016 (8–11) (мас. %, Rb и Sr – г/т)

N	36 (1)	49 (2)	100 (3)	51.7 (4)	74.5 (5)	73 (6)	25.5 (7)	100 (8)	70 (9)	45 (10)	56 (11)
SiO ₂	55.86	57.90	55.76	61.79	57.85	59.74	76.62	59.02	56.80	58.93	45.00
TiO ₂	0.50	0.51	0.49	0.30	0.55	0.44	0.18	0.47	0.79	0.26	0.25
Al ₂ O ₃	16.49	16.63	17.60	15.67	17.92	17.25	8.55	15.37	17.66	8.37	8.54
Fe ₂ O ₃	3.99	4.34	1.17	0.35	1.53	2.06	4.81	5.70	8.35	5.02	7.11
FeO	1.20	1.20	1.14	0.95	0.0	1.20	1.10	–	–	–	–
MnO	0.11	0.11	0.09	0.09	0.12	0.16	0.05	0.08	0.11	0.15	0.16
MgO	2.75	3.81	1.96	2.00	2.36	2.23	0.86	2.26	2.45	2.98	4.38
CaO	4.33	2.66	4.07	4.02	2.55	4.56	0.90	4.43	2.79	9.11	13.32
Na ₂ O	4.00	4.10	3.67	5.58	2.83	2.50	0.40	2.57	0.08	0.04	0.02
K ₂ O	2.55	2.27	2.82	1.72	3.12	3.66	1.52	2.90	4.68	2.12	2.27
P ₂ O ₅	0.32	0.30	0.31	0.21	0.35	0.30	0.17	0.18	0.30	0.24	0.18
CO ₂	–	–	7.52	5.00	5.91	–	–	6.61	4.81	13.50	19.50
FeS ₂	–	–	2.88	1.90	3.53	–	–	0.08	0.08	0.08	0.22
H ₂ O	–	–	1.10	0.76	1.40	–	–	0.83	1.45	0.20	0.25
Ппп	8.60	6.30	–	–	–	7.20	5.30	–	–	–	–
Su	100.70	100.13	100.58	100.34	100.02	101.30	100.46	100.50	100.35	101.00	101.20
Rb	24	18	26	12	30	38	15	29	51	20	18
Sr	453	321	346	555	471	471	90	228	1578	219	317

Примечание. 1–3 – слабо-умеренно серицитизированные кварцевые диориты; 4 – то же, сильно альбитизированный; 5–6 – сильно серицитизированные кварцевые диориты; 7 – апоплагиогранитный серицит-кварцевый метасоматит; 8 – субвулканический кварц-диоритовый порфирит серицитизированный и сильно анкеритизированный; 9–11 – метасоматиты по нему: 9 – анкерит-хлорит-серицит-кварцевый, 10–11 – серицит-хлорит-анкерит-кварцевый. Все породы (1–7) содержат пирит и анкерит. Верхняя строчка – глубина взятия образца в метрах, в скобках – номер пробы по порядку. В ан. 8–11 Fe₂O₃ отвечает общему содержанию силикатного железа. Прочерк – компонент не определялся. Анализы выполнены в лабораториях ИГГ УрО РАН и ОАО “Уралмеханобр”.

**Рис. 2.** Спектры РЗЭ в породах (а) и в жильных анкеритах (б) из скв. 1013 Восточно-Артемовского проявления.

а – номера спектров соответствуют номерам анализов в табл. 1, где приведена характеристика пород; б – глубина отбора образцов отвечает 36 (1) и 73 (2) м.

56–59, 16–18 и 0.47–0.50 мас. % (табл. 1), а количество первичного кварца достигает 10–15 мас. %. Между содержаниями SiO_2 , с одной стороны, и TiO_2 , MnO , MgO – с другой, намечаются тенденции обратной зависимости, что может свидетельствовать о принадлежности обеих фаз к одной серии. Другие зависимости отсутствуют. Сумма РЗЭ составляет всего 32–57 г/т, $\text{La/Yb} = 8\text{--}10$, аномалия Eu отсутствует, спектры разных проб почти сливаются (табл. 2, рис. 2). Содержания Rb повышены (18–26 г/т) ввиду заметной серицитизации. Содержания других малых элементов не превышают их кларка в нижней коре ($\text{Be} = 0.9\text{--}1.1$, $\text{Nb} = 3.9\text{--}5.0$, $\text{Ta} = 0.5\text{--}0.8$, $\text{Zr} = 37\text{--}41$, $\text{Hf} = 1.1\text{--}1.3$ г/т и так далее). На дискриминационных диаграммах $\text{Ta}\text{--Yb}$, $\text{Rb}\text{--}(\text{Y+Nb})$ и других диоритоиды располагаются в островодужном секторе. На диаграмме $\text{Sr/Y}\text{--Y}$ анализы попадают в поле адакитов, а на диаграмме $\text{La/Yb}\text{--Yb}$ – в поле нормальных известково-щелочных гранитоидов (в том числе и островных дуг). По-видимому, эти диаграммы не пригодны для выделения медно-порфировых адакитов, как подчеркивалось и в недавнем обобщении. Величины $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ отношений, рассчитанные на ориентировочную (предварительную) $\text{Rb}\text{--Sr}$ -датировку (369 млн. лет), составляют 0.7038–0.7040 (3 пробы) для минимально серицитизированных кварцевых диоритов (табл. 3, 4). Значение $(\epsilon\text{Nd})^t$ составляет +6.9...+7.0, а $\delta^{18}\text{O} = +9.7\text{...}+11\text{‰}$.

По всем вышеуказанным параметрам диоритоиды Восточно-Артемовского массива и рудоносных медно-порфировых массивов Южного Урала существенно не различаются. Для последних отметим только величины $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.7040\text{--}0.7051$ и $(\epsilon\text{Nd})_i = +3\text{...}+7$. И те, и другие диоритоиды целесообразно относить к островодужному геохимическому типу с абсолютным преобладанием мантийного материала при метабазитовом нижнекоревом (верхнемантийном) источнике вещества. Массив отвечает объектам “диоритовой” модели медно-порфировой системы. $\text{U}\text{--Pb}$ -возраста цирконов (SHRIMP-II, ВСЕГЕИ) из измененных гранитоидов наиболее крупного Михеевского месторождения и Тарутинского месторождения, находящихся, как и Восточно-Артемовский массив, в восточном контакте Восточно-Уральской вулканогенной мегазоны, составляют соответственно 356 ± 6 и 362 ± 4 млн. лет. Восточно-Артемовский массив имеет аналогичное структурно-тектоническое положение, находясь только в северной части этой мегазоны.

Авторы признательны В.Г. Крживицкой и другим коллегам за помощь в работе.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект 09–05–00289) и ОНЗ-2.

Таблица 2. Содержание микроэлементов в породах, г/т

Эл-ты	36	49	100	51.7	74.5	73	25.5
Cu	837	1789	413	4182	644	1603	3261
Zn	41.4	54.6	41.9	12.0	34.3	17.5	31.2
Pb	3.5	3.6	4.8	2.7	2.6	4.8	37.7
Bi	0.27	0.93	0.04	0.17	0.29	0.68	6.80
Mo	1.67	4.00	1.14	7.08	1.02	46.81	23.95
Re	0.01	0.01	0.00	–	–	–	0.02
Sn	0.94	0.95	0.68	0.61	0.93	1.42	1.10
W	1.90	1.79	1.00	1.16	1.41	4.01	2.67
Ag	0.48	1.07	0.44	0.84	0.41	0.85	3.74
Tl	1.24	0.75	0.81	0.43	0.64	0.55	1.66
Hg	1.36	0.98	–	–	–	–	3.41
As	2.79	3.60	5.76	–	–	–	10.30
Sb	1.56	1.52	2.14	1.19	1.69	2.75	11.31
Te	0.27	0.53	0.06	0.14	0.25	0.60	1.52
Se	2.51	3.14	2.71	–	–	–	24.54
Cd	0.06	0.03	0.02	0.07	0.04	0.11	0.19
Ti	2333	2578	2280	1351	2982	2553	5385
V	198	215	191	108	316	256	78
Cr	16.5	21.0	17.0	27.9	16.3	22.9	26.6
Mn	538	544	424	549	81	1136	228
Co	23.34	14.17	12.35	5.19	11.45	18.66	4.07
Ni	15.66	14.19	8.18	8.77	11.67	9.92	5.34
Li	3.61	17.99	3.16	1.56	3.20	2.75	1.91
Be	0.86	0.90	1.07	0.73	1.05	1.13	0.41
B	21.87	19.73	42.01	–	–	–	4.11
Sc	21.26	23.07	19.18	9.82	21.98	17.03	6.14
Ga	13.8	14.8	16.3	11.1	15.8	13.6	5.4
Ge	1.43	1.63	1.65	1.21	1.44	1.54	1.41
Cs	1.22	1.07	1.26	0.69	1.39	1.48	0.54
Ba	351	372	356	285	446	536	210
Zr	41.1	44.8	36.8	38.5	37.0	35.4	14.9
Hf	1.17	1.27	1.14	1.11	1.08	1.02	0.44
Nb	3.89	4.37	4.99	2.80	3.36	3.76	1.09
Ta	0.51	0.80	0.71	0.26	0.29	0.49	0.19
Th	2.50	2.54	3.38	2.03	2.14	2.16	0.93
U	0.98	0.97	1.12	0.78	0.96	0.94	0.27
Y	9.21	9.10	8.45	5.26	8.99	5.92	2.49
La	12.209	11.551	11.174	8.95	9.792	6.598	1.620
Ce	21.274	19.445	19.744	14.618	17.111	11.22	3.262
Pr	2.395	2.214	2.244	1.628	1.992	1.300	0.445
Nd	10.639	9.733	9.570	6.675	8.272	5.753	2.330
Sm	2.350	2.213	2.108	1.367	1.906	1.550	0.690
Eu	0.685	0.724	0.655	0.391	0.557	0.595	0.209
Gd	2.217	2.172	1.984	1.172	2.009	1.725	0.742
Tb	0.315	0.303	0.279	0.163	0.278	0.219	0.092
Dy	1.903	1.913	1.707	0.956	1.728	1.219	0.547
Ho	0.382	0.383	0.342	0.192	0.364	0.242	0.107
Er	1.161	1.148	1.010	0.583	1.032	0.667	0.323
Tm	0.176	0.176	0.156	0.093	0.161	0.105	0.049
Yb	1.210	1.244	1.112	0.698	1.097	0.781	0.356
Lu	0.201	0.203	0.186	0.124	0.205	0.138	0.063
TR	57.12	53.42	52.27	37.61	46.50	32.11	10.84
La/Yb	10.1	9.3	10.0	12.8	8.9	8.4	4.6

Примечание. Характеристику пород см. в табл. 1. Прочерк – содержание элемента ниже чувствительности метода, пустая ячейка – элемент не определялся. Анализы выполнены Д.В. Киселевой и Н.В. Чердниченко методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН.

Таблица 3. Rb–Sr изотопные параметры в породах Восточно-Артемовского массива по скв. 1013

№ пп	Номер пробы	Rb, г/т	Sr, г/т	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_m$	$\pm 2\sigma$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_t$	$(\epsilon\text{Sr})_t$
1	25.5	28.9	80.6	1.04	0.01	0.709346	0.000011	0.703882	–2.6
2	36	44.9	463	0.280	0.003	0.705462	0.000010	0.703991	–1.1
3	49	40.1	320	0.362	0.004	0.705736	0.000007	0.703834	–3.3
4	100	44	344	0.370	0.004	0.705705	0.000008	0.703761	–4.3

Примечание. 1 – апоплагиогранитный серицит-кварцевый метасоматит; 2–4 – кварцевые диориты слабо-умеренно серицитизированные, хлоритизированные и карбонатизированные. Величина $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_t$ отношения и $(\epsilon\text{Sr})_t$ рассчитаны на возраст 369 млн. лет. Номер пробы соответствует глубине взятия образца (химические анализы – см. табл. 1). UR: $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} = 0.0827$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7045$.

Таблица 4. Sm–Nd изотопные параметры в породах Восточно-Артемовского массива по скв. 1013

№ пп	Номер пробы	Nd, г/т	Sm, г/т	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2\sigma$	$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_m$	$\pm 2\sigma$	$(\epsilon\text{Nd})_t$
1	25.5	2.33	0.690	0.179	0.002	0.512932	0.000004	6.6
2	36	10.6	2.35	0.134	0.001	0.512837	0.000005	6.9
3	49	9.73	2.21	0.137	0.001	0.512849	0.000005	7.0
4	100	9.57	2.11	0.133	0.001	0.512835	0.000006	6.9

Примечание. Характеристику пород см. в табл. 1 и 3. Величины $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_t$ отношения и $(\epsilon\text{Nd})_t$ рассчитаны на возраст 369 млн. лет. SHUR: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.1967$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512636$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабежев А.И., Белгородский Е.А. Продуктивные гранитоиды и метасоматиты медно-порфировых месторождений (на примере Урала). Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 199 с.
2. Коровко А.В., Грабежев А.И., Молошаг В.П. Восточно-Артемовский гранитоидный массив и его медно-порфировое оруденение (Средний Урал) // Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2006. С. 355–360.