

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПЕТРОГЕОХИМИИ ВУЛКАНИТОВ РЕКИ ИРБИТ (ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН СРЕДНЕГО УРАЛА)

Е. Н. Волчек

Вулканические образования, получившие развитие в районе р. Ирбит (среднеуральская часть Восточной вулканогенной полосы), включены в состав бекленищевского базальт-андезит-дацит-риолитового комплекса (С<sub>1</sub>bk). Комплекс сложен главным образом лавовыми фациями андезибазальтов, андезитов и базальтов, а также туфами и туффитами различного, в том числе, смешанного состава, туфоконгломератами, туфопесчаниками, туфоалевролитами и туфоалевропелитами [3]. Субвулканические образования комплекса представлены дайками и небольшими массивами долеритов и габбродолеритов. Выходы вулканогенных пород комплекса фиксируются, кроме Ирбита, еще и в разрезах по рекам Исеть, Каменка, Камышенка, Нейва, Кунара. Ранее эти образования относились к андезитовой формации раннего карбона [1].

Вулканогенные породы, вскрывающиеся в долине реки Ирбит, представлены порфировыми и афировыми базальтовыми эффузивами и долеритами субвулканической фации. Поверхности по-

токов афировых лав, состоящие из мелкообломочной брекчии, перекрываются слоями туфов, в которых кроме материала базальтового состава содержится примесь чужеродных обломков. Лавы местами имеют шаровую отдельность. Шары с плотной центральной частью диаметром 1–1.5 м и миндалекаменной периферической зоной шириной до 0.5 м [1]. Миндалекаменная текстура в базальтах наблюдается достаточно отчетливо. Породы имеют серый, красновато-бурый цвет, частью гематитизированы.

Долериты образуют силловые залежи с секущими апофизами в верхнедевонских известняках и туфогенно-осадочных отложениях. Толщи туфов, туфитов и ракушечных известняков подстилают вулканы базальтового состава, что дало основание возраст эффузивов и секущих диабазов определить как ранний карбон [1]. Наиболее крупное субвулканическое тело метагаббродолеритов (рис. 1) обнажается на левом берегу реки близ села Писанское. Центральная часть тела сложена крупно- и ги-



Рис. 1. Выходы крупнозернистых габбродолеритов (р. Ирбит).

**Таблица 1.** Содержание петрогенных компонентов (мас. %) в вулканитах р. Ирбит

Компонент	№ обр.							
	Ир07/24	Ир07/17	Ир07/27	Ир07/29	Ир07/36	Ир07/37	Ир07/40	Ир07/42
SiO <sub>2</sub>	48.3	46.17	46.81	43.62	49.4	50.27	45	44.3
TiO <sub>2</sub>	1.34	2.409	2.316	1.738	2.476	2.013	2.681	2.291
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.82	14.06	13.69	15.46	13.3	15.6	13.44	13.51
Fe <sub>общ</sub>	11.52	15.74	15.46	14.87	13.65	14.64	15.76	15.47
MnO	0.194	0.196	0.209	0.158	0.183	0.228	0.239	0.182
MgO	6.53	5.89	6.08	9.12	4.73	4.27	6.43	6.35
CaO	8.97	7.92	6.01	7.58	8.68	4.35	6.82	8.77
Na <sub>2</sub> O	2.5	2.2	2.8	1.9	4.3	4.5	2.1	1.8
K <sub>2</sub> O	0.32	1.57	0.68	0.51	0.1	0.34	0.51	1.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.35	0.52	0.6	0.36	1.26	0.95	0.58	0.57
ППП	2.8	2.8	3.9	3.8	1.6	1.9	5.2	5.0
Сумма	99.65	99.57	98.64	99.14	99.71	99.08	98.83	99.74

Примечание. Ир07/24 – миндалекаменный базальт; Ир07/17, Ир07/27, Ир07/29, Ир07/40, Ир07/42 – долерит; Ир07/36, Ир07/37 – крупнозернистый габбродолерит.

гантозернистыми разностями, которые к краевой части сменяются мелкозернистыми сильно эпидотизированными и окварцованными породами.

Макроскопически метагаббродолериты представляют собой темно серые и зеленовато-серые породы с буроватой корочкой выветривания, обладающие массивной средне-, крупнозернистой текстурой. Основная масса метагаббродолеритов сложена беспорядочно расположенными лейстами плагиоклаза (40–50%), промежутки между которыми заполнены мелкими кристаллами пироксена, магнетита, хлоритовым мезостазиом с примесью эпидота. Структура основной массы офитовая. Плагиоклаз в той или иной степени альбитизирован. Вторичные минералы, кроме хлорита и альбита, представлены кальцитом, эпидотом, серицитом и гематитом в различных количествах.

Комплексы осадочных образований в береговых обнажениях р. Ирбита представлены верхнедевонскими и каменноугольными толщами. Около западного конца села Одино, несколько восточнее села Писанского, в виде скалы, известной под названием Писаного Камня, обнажаются серые массивные известняки, возраст которых по уточненным данным соответствует верхней части доманикового горизонта [4]. Налгающие на них грязно-зеленые песчаники и сланцы слагают мощную сложно дислоцированную толщу, относящуюся частью к фаменскому, а частью к турнейскому ярусу [2]. Породы протягиваются по долине реки, главным образом по ее правому склону, до восточного конца села Одино. Дальше к востоку, по правому склону долины до устья небольшого ручья, впадающего с севера в р. Ирбит, обнажаются разнообразные обломочные породы, тождественные породам угленосной толщи Каменского района [2]. В долине этого ручья темные плотные известняки предположительно визейского возраста [2], образующие невысокие скалы, по тектоническому разрыву сменяются к востоку вулканитами основного состава.

Пик исследований вулканитов раннего карбона на Среднем Урале пришелся на 70-е годы прошлого века [1], поэтому данные о вещественном составе пород ограничивались общей петрохимией. В настоящее время содержания редких и редкоземельных элементов в вулканитах реки Ирбит определены методом ICP-MS. Данные по окислам получены рентгеноспектральным флуоресцентным методом на СРМ-18 и на EDX-900HS (Na<sub>2</sub>O). Все аналитические исследования были выполнены в лаборатории ФХМИ ИГТ УрО РАН.

Среди особенностей вещественного состава следует отметить, что все изученные образцы характеризуются повышенными содержаниями TiO<sub>2</sub> (1.3–2.7%), общего железа, алюминия (табл. 1). Суммарная щелочность пород колеблется в пределах 2.4–4.8%, при этом содержание калия варьирует в пределах от 0.1% до 1.57%. Низкое содержание калия отмечается для базальтов и крупнозернистых габбродолеритов, причем базальты характеризуются и невысокой общей щелочностью. По соотношениям TiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O все породы сопоставимы с вулканитами океанических островов и внутриплитных областей, по соотношению TiO<sub>2</sub> – FeO\*/MgO – с базальтами океанических островов.

Данные по РЗЭ (табл. 2) показывают, что исследуемые образцы характеризуются невысокими содержаниями редкоземельных элементов и слабым их фракционированием (La/Yb = 3.9–7.9). Минимально отношение La/Yb для мелкозернистых долеритов, а максимальное значение этого отношения имеют базальты. Форма графика распределения редких земель в базальтах р. Ирбит похожа на график для базальтов р. Камышенка, которые также включены в состав бекленищевского комплекса раннего карбона. Тренды практически дублируют друг друга при несколько более высоком общем уровне концентрации тяжелых РЗЭ в базальтах р. Камышенки (рис. 2). Более высокий общий уровень концентрации РЗЭ характерен для круп-

**Таблица 2.** Содержание микроэлементов (г/т) в вулканитах р. Ирбит

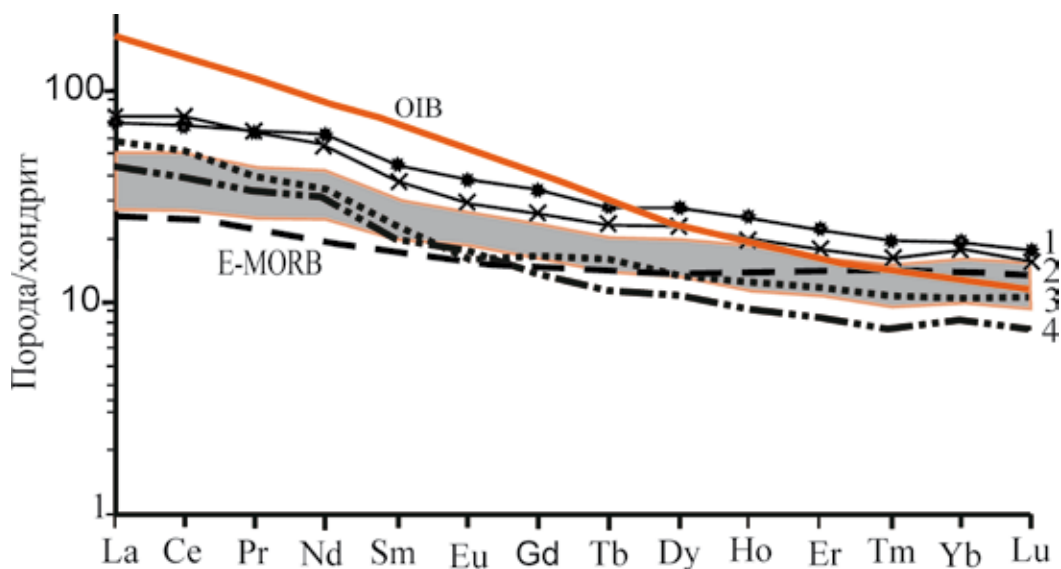
Микро-элемент	№ обр.							
	Ир07/24	Ир07/17	Ир07/27	Ир07/29	Ир07/36	Ир07/37	Ир07/40	Ир07/42
Li	17.71	18.07	15.32	14.52	3.88	6.55	15.92	28.11
Be	0.96	1.12	1.08	0.83	1.78	1.93	1.33	1.30
Na	60197.29	40032.35	79566.22	63462.19	91069.41	108798.56	74690.71	59695.08
Sc	23.68	33.36	29.49	26.93	21.13	10.53	32.05	35.73
Ti	7386.92	13690.94	13791.64	10545.80	16602.91	11318.43	15289.95	17359.78
V	192.27	282.98	262.22	212.71	206.55	100.98	298.02	339.55
Cr	99.92	122.11	63.27	85.30	3.26	5.42	78.36	109.90
Mn	1149.71	1306.99	1299.45	1110.10	1376.10	1699.29	1503.57	1588.50
Co	26.30	36.70	31.74	37.48	21.66	11.72	35.19	46.19
Ni	50.95	37.39	28.88	73.46	4.82	3.95	34.48	57.76
Cu	43.12	58.57	44.76	53.81	25.88	17.75	52.13	59.60
Zn	88.30	113.22	119.35	95.30	111.80	106.61	128.44	133.37
Ga	18.52	18.30	18.05	15.63	19.62	21.99	19.31	23.62
Ge	1.13	1.50	1.61	1.19	1.62	1.02	1.04	1.44
Rb	5.46	48.16	15.96	12.40	1.02	5.32	12.75	68.53
Sr	516.81	406.15	338.43	515.89	785.64	302.75	298.09	482.62
Y	18.30	28.28	33.44	21.96	47.55	37.03	33.01	36.14
Zr	102.19	115.95	209.71	106.23	220.53	187.78	181.80	202.06
Nb	7.38	5.64	8.19	6.00	18.36	20.35	7.07	7.70
Mo	1.30	1.27	1.65	0.69	0.84	1.40	0.90	1.58
Ag	0.41	0.21	0.26	0.16	0.58	0.63	0.22	0.26
Cd	0.10	0.11	0.06	0.18	0.10	0.11	0.08	0.10
Sn	0.96	1.42	1.54	1.11	2.38	1.71	1.61	1.77
Sb	0.15	0.72	1.33	0.30	0.37	0.09	1.44	0.50
Te	н/о	0.07	н/о	н/о	н/о	н/о	0.01	0.08
Cs	0.09	0.61	0.81	0.16	0.05	0.12	0.39	0.74
Ba	252.30	611.92	222.61	178.80	35.49	109.56	175.93	369.36
La	14.38	10.83	16.63	8.83	24.11	25.79	15.94	16.61
Ce	34.81	30.65	43.14	23.33	62.73	65.99	41.18	42.75
Pr	4.43	4.26	5.71	3.19	8.59	8.39	5.56	5.80
Nd	19.58	21.05	26.36	15.54	39.93	36.03	26.28	27.47
Sm	4.15	5.41	6.27	4.02	9.33	7.85	6.26	6.60
Eu	1.34	1.93	2.05	1.43	2.96	2.32	2.02	2.20
Gd	3.72	5.71	6.49	4.36	9.61	7.51	6.38	7.16
Tb	0.57	0.90	1.01	0.67	1.44	1.17	0.98	1.07
Dy	3.77	6.02	6.96	4.54	9.70	8.01	6.68	7.33
Ho	0.72	1.15	1.38	0.89	1.94	1.56	1.34	1.47
Er	1.96	3.19	3.78	2.42	5.05	4.16	3.60	3.96
Tm	0.27	0.43	0.52	0.34	0.69	0.57	0.50	0.55
Yb	1.81	2.80	3.58	2.20	4.27	3.83	3.27	3.62
Lu	0.26	0.38	0.52	0.31	0.59	0.52	0.48	0.52
Hf	2.42	2.89	4.57	2.62	5.45	4.09	4.19	4.52
Ta	0.41	0.70	0.52	0.41	1.18	1.32	0.44	0.51
W	2.15	1.79	1.26	0.93	0.85	1.48	2.00	1.81
Tl	0.02	0.18	0.07	0.05	0.00	0.02	0.05	0.21
Pb	5.45	3.90	5.14	2.97	14.04	2.37	4.43	5.66
Bi	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	н/о	0.03	0.05
Th	1.77	0.61	2.38	0.80	2.59	2.07	2.01	2.00
U	0.59	0.33	1.18	0.32	0.99	0.81	1.00	0.97

Примечание. См. табл. 1.

нозернистых габбродолеритов. В тоже время, среди мелкозернистых разностей присутствуют долериты с низким содержанием  $\text{SiO}_2$ , более высоким  $\text{MgO}$  (9.1%) и пониженным значением величины  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  (1.9). В этом образце наблюдается более низкий уровень РЗЭ ( $\text{La}+\text{Sm}+\text{Yb} = 15$  г/т). Однако

спектр распределения редкоземельных элементов параллелен спектрам в описанных выше разновидностях.

Содержание таких крупноионных литофилов, как Rb, K, Ba, а также Sr, в изученных образцах изменяется в довольно широком диапазоне (табл. 1–2). На-

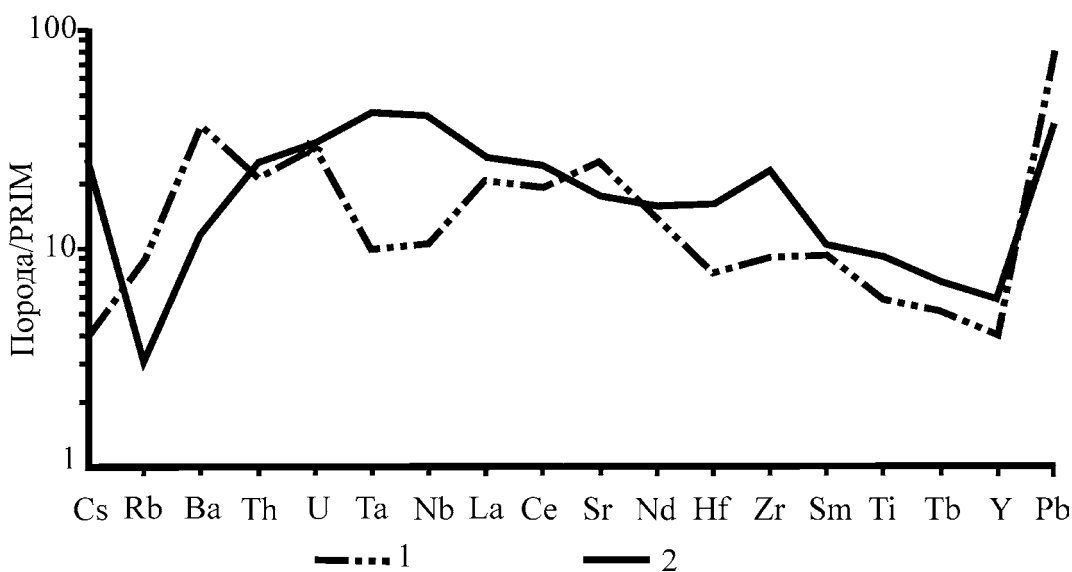


**Рис. 2.** РЗЭ-диаграмма для вулканитов р. Ирбит, содержания нормированы по хондриту [6]. Для сравнения приведены диаграммы для средних составов обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов (E-MORB) и внутриплитных базальтов океанов (OIB) [6].  
1-2 – крупнозернистые габбродолериты, 3 – базальт р. Камышенки, 4 – базальт р. Ирбит; залито поле составов долеритов.

блюдаются также некоторые вариации содержания ниобия (6–20 г/т), причем его максимальное значение характерно для крупнозернистых габбродолеритов. Содержания других высокозарядных элементов (HFS) колеблются в узких пределах и количественно превышают содержания тех же элементов в базальтах NMORB-типа. Сопоставление базальтов р. Ирбит с базальтами раннего карбона р. Камышенки показало, что для первых характерны более высокие значения содержания  $P_2O_5$  и элементов группы LIL (Rb, Ba, Sr) но

более низкие HFS (Ti, Zr, Nb), что хорошо отражено на многоэлементных графиках, нормированных к примитивной мантии (рис. 3).

Полученные вещественные характеристики вулканитов р. Ирбит и их сопоставление с базальтами р. Камышенки свидетельствуют о том, что в составе в бекленищевского базальт-андезит-дацит-риолитового комплекса ( $C_1bk$ ) присутствуют породы, имеющие разные геохимические параметры, что не позволяет рассматривать их как производные единого родоначального расплава.



**Рис. 3.** Спайдер-диаграммы, нормированные по примитивной мантии [5] для составов базальтов р. Ирбит (1) и р. Камышенки (2).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я.* Среднепалеозойский вулканизм Восточной зоны Урала. Л.: Наука, 1979. 129 с.
2. *Пронин А.А.* Карбон восточного склона Среднего Урала. М-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 231 с.
3. *Смирнов В.Н., Коровко А.В.* Палеозойский вулканизм восточной зоны Среднего Урала // Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 395–420.
4. *Чувашов Б.И., Анфимов А.Л.* Новый фациальный и возрастной тип органогенных построек на Восточном склоне Урала // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 67–70.
5. *McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E.* K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle // *Geochim. Cosmochem. Acta.* 1991. Roos Taylor Symposium volume.
6. *Sun S.-s., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes // Saunders A.D. and Norry M.J. (Eds.) *Magmatism in the Oceanic Basins.* Blackwell, Oxford, 1989. P. 313–345.