

## ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ БАЗАЛТЫ НА Р. ИРБИТ (ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН СРЕДНЕГО УРАЛА)

А. Л. Анфимов, И. С. Мельникова

Базальты на р. Ирбит изучены В.А. Коротеевым, Т.В. Диановой, Л.Я. Кабановой [3] и др. Эти вулканы, как и секущие их диабазы, были отнесены к нижнему карбону, поскольку утверждение о переслаивании основных эффузивов и туфов с фаменскими известняками авторы считали ошибочным. В составе базальтовых лав были описаны шаровые отдельности с плотной центральной частью диаметром 1–1.5 м и миндалекаменной периферийной зоной шириной до 0.5 м. Здесь же описаны и потоки афировых лав, более плотные у поверхности и покрытые лавобрекчией сургучно-красного цвета. С учетом вышесказанного базальты можно отнести к подводной лавовой фации [4].

В 2008 г. в коренных обнажениях на левом берегу р. Ирбит в средней части ск. Писанец Артемовского района были дополнительно изучены два лавовых потока и кластолава вишнево-бурого цвета (рис. 1, 2). Длина обнажений составила 50 м, высота – 10–13 м. Лавовые потоки имеют зональное строение: центральные части потока сложены массивными базальтами, краевые части – миндалекаменными. При этом в верхней части потока наблюдается базальт с многочисленными белыми каль-

цитовыми и темными хлоритовыми миндалинами (обр. 5752-4), в средней части – с темными хлоритовыми миндалинами (обр. 5752-3), в нижней части – базальт (обр. 5752-2) с редкими темными миндалинами или андезибазальт с крупными кристаллами плагияноклаза (обр. 5752-1). Между потоками расположена кластолава вишнево-бурого цвета, где были отобраны образцы 5752-5 и 5752-6. Упомянутые шесть образцов были изучены лабораторными методами: методами рентгеноструктурного анализа (аналитик Галахова О.Л.), рентгеноспектральным флуоресцентным методом (аналитики Власов В.П., Татаринова Л.А., Неупокоева Г.С., Горбунова Н.П.) (табл. 1) и методом ICP-MS (аналитик Киселева Д.В.) (табл. 2); из каждого образца был изготовлен шлиф для петрографического изучения пород (шлифовальщик Волосатов В.А.).

С учетом суммы щелочей и содержания кремнезема образцы 5752-2 и 5752-3 относятся к умеренно щелочным пикробазальтам, образец 5752-4 к трахибазальтам и образец 5752-1 – к трахиандези-базальтам [5]. Суммарное содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  составляет в пикробазальтах 2.9–3.97%, в трахибазальте – 3.33%, в трахиандезибазальте – 6.9%; содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  как правило превышают содержания  $\text{K}_2\text{O}$  в 1.7–4 раза. Для образцов 5752-2, 5752-3 и 5752-4 характерны высокие потери при прокаливании, составляющие 5.4–6.9% (табл. 1). Учитывая наличие в соответствующих породах миндалинов с кальцитом, можно предполагать заниженные со-



Рис. 1. Лавовые потоки на левом берегу р. Ирбит в средней части ск. Писанец.



Рис. 2. Среднебрекчиевая кластолава в средней части лавового потока.

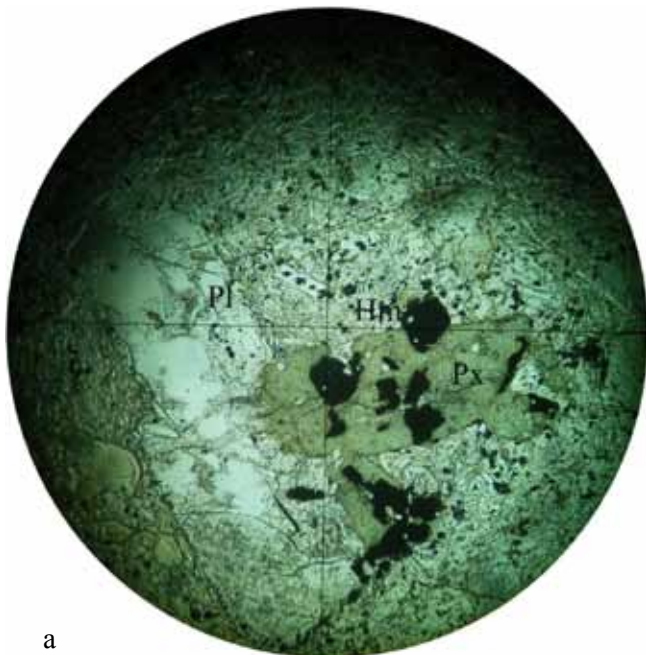
**Таблица 1.** Результаты рентгеноструктурного анализа, содержание главных элементов и некоторых элементов-примесей в вулканитах р. Ирбит

№ п/п	№ образца, название	Результаты рентгена	Содержания элементов, мас. %														
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	V	Cr	ППП-ХИМ	Сумма
1	5752-1 трахианде- зибазальт	плаггиоклаз кварц слюда	54.78	1.11	22.71	2.2	4.54	0.09	2.68	1.64	4.30	2.60	0.22	0.01	0.004	2.90	100.01
2	5752-2 трахиба- зальт	плаггиоклаз кальцит кварц хлорит гематит	43.66	2.02	14.58	5.7	8.55	0.29	5.48	7.97	3.2	0.77	0.40	0.03	0.012	6.9	100.18
3	5752-3 пикроба- зальт	плаггиоказ хлорит кварц слюда	42.14	2.11	15.58	7.00	10.88	0.32	8.52	2.89	1.90	1.00	0.39	0.03	0.01	6.10	99.86
4	5752-4 базальт	кальцит плаггиоклаз кварц хлорит кальцит гематит слюда	45.94	2.12	15.51	5.30	10.40	0.30	6.76	3.62	2.50	0.83	0.40	0.03	0.009	5.40	99.72

держания SiO<sub>2</sub> и других окислов в данных рентгеноспектрального анализа. Расчет нормативного минерального состава показал, что на образование кальцита в образце 5752-2 необходимо 4.52% потерь при прокаливании, в образце 5752-3 – 2.25% и в образце 5752-4 – 2.86% (оставшаяся часть потерь при прокаливании соответствует H<sub>2</sub>O, входящей в состав слюдистых минералов и хлорита). Дальнейшие расчеты показали, что содержание SiO<sub>2</sub> в об-

разце 5752-2 должно быть равным 45.6%, в образце 5752-3 – 43.11% и в образце 5752-4 – 47.29%. Следовательно, образец 5752-2 относится к трахибазальтам, образец 5752-3 без изменений – к умереннощелочным пикробазальтам и образец 5752-4 – к базальтам.

Трахиандезибазальт (обр. 5752-1) относится к подотряду умереннощелочных, по сравнению со стандартными образцами он характеризуется не-



а

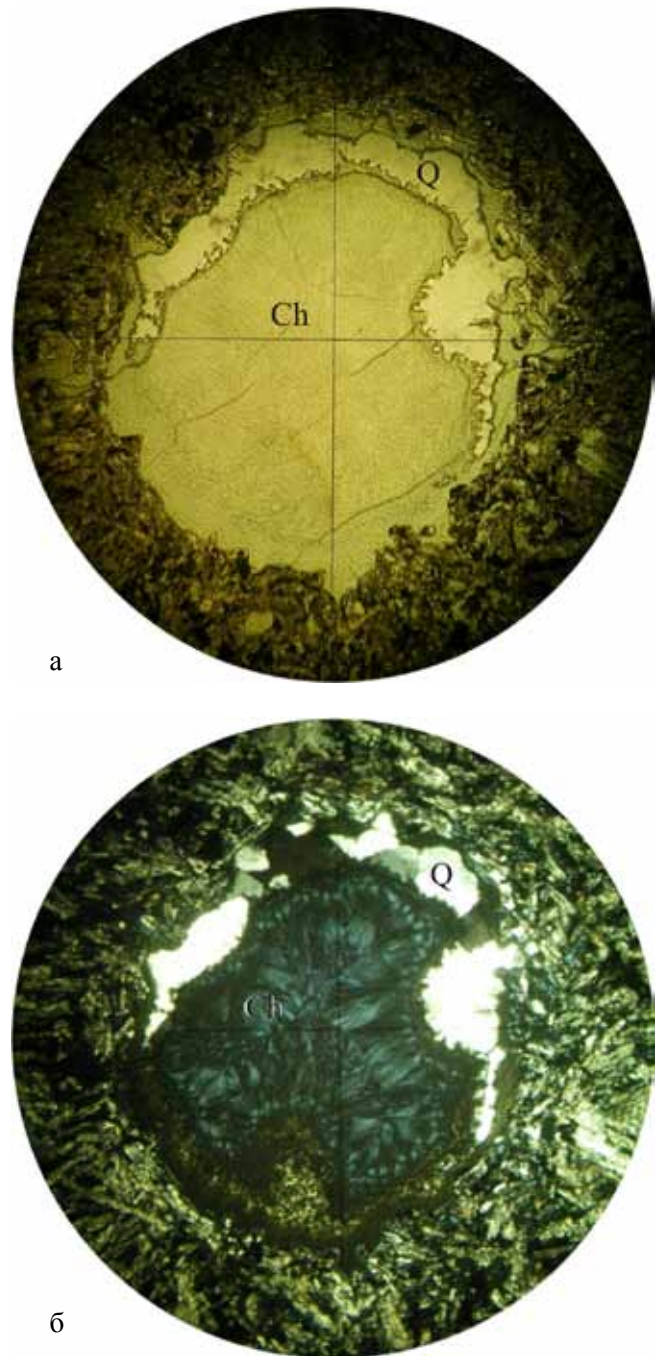


б

**Рис. 3.** Трахиандезибазальт (обр. 5752-1) при естественном (а) и поляризованном (б) свете. Диаметр поля зрения 2.7 мм. Слева виден вкрапленник плаггиоклаза (Pl), в центральной части – зерно хлоритизированного пироксена (Px) и выделения гематита (Hm).

**Таблица 2.** Содержание элементов-примесей (г/т) в вулканитах р. Ирбит

Элемент	№ обр.			
	5752-1	5752-2	5752-3	5752-4
Li	14.6326	37.7058	63.7875	54.1941
Be	3.3393	1.3586	1.0838	1.2230
Sc	16.1173	29.4230	30.5950	29.8004
Ti	10840.3141	19228.9565	20378.3257	20501.5127
Cr	16.0147	102.5762	97.6799	99.2559
Mn	730.5934	3701.5953	3845.0369	3704.9262
Co	17.7888	36.1621	45.5643	37.4124
Ni	12.0268	28.2990	30.4552	28.3082
Cu	26.1375	34.2147	28.1956	29.1844
Zn	71.4945	95.4755	141.3877	122.3778
Ga	22.3762	16.7144	22.9495	20.0755
Ge	0.7641	0.6901	0.9020	0.8815
Rb	43.8792	13.8173	22.2063	18.1428
Sr	415.4414	384.5430	224.6996	289.5361
Y	32.5538	25.4978	28.0531	28.1611
Zr	616.0963	114.2754	143.8068	132.4652
Nb	19.5850	6.3213	6.4708	6.4299
Mo	1.8055	1.2474	0.6025	0.9549
Ag	0.5866	0.2361	0.2149	0.5629
Cd	0.1255	0.1958	0.1090	0.1212
Sn	4.2018	1.4713	1.4138	1.5248
Sb	0.4388	1.3678	0.6067	0.7583
Te	0.0041	0.0076	0.0000	0.0032
Cs	1.2310	1.1186	1.0847	0.8237
Ba	470.3760	141.4935	116.0728	121.6455
La	24.7808	13.7699	12.5609	13.2071
Ce	118.1507	36.0062	33.9339	33.7907
Pr	8.4767	4.7939	4.4871	4.4760
Nd	37.2430	22.0899	20.7244	20.5229
Sm	8.5441	5.0861	4.8572	4.7591
Eu	2.4931	1.6985	1.5029	1.6217
Gd	7.4631	4.9741	4.7730	4.7822
Tb	1.1564	0.7780	0.7463	0.7534
Dy	6.9511	4.9753	4.7828	4.8007
Ho	1.3178	0.9982	0.9838	0.9736
Er	3.6324	2.6903	2.7557	2.6607
Tm	0.5472	0.3672	0.3799	0.3642
Yb	3.6796	2.3493	2.3429	2.3047
Lu	0.5511	0.3261	0.3407	0.3339
Hf	12.9093	2.4872	2.8345	2.5926
Ta	1.3114	0.4046	0.3836	0.3772
W	1.9318	1.3548	0.5519	0.8681
Tl	0.2455	0.1128	0.1574	0.2121
Pb	22.2676	19.9156	29.8346	26.4821
Bi	0.1498	0.0404	0.0485	0.0426
Th	12.8100	1.6766	1.5443	1.4854
U	3.4395	0.5732	0.4402	0.4621

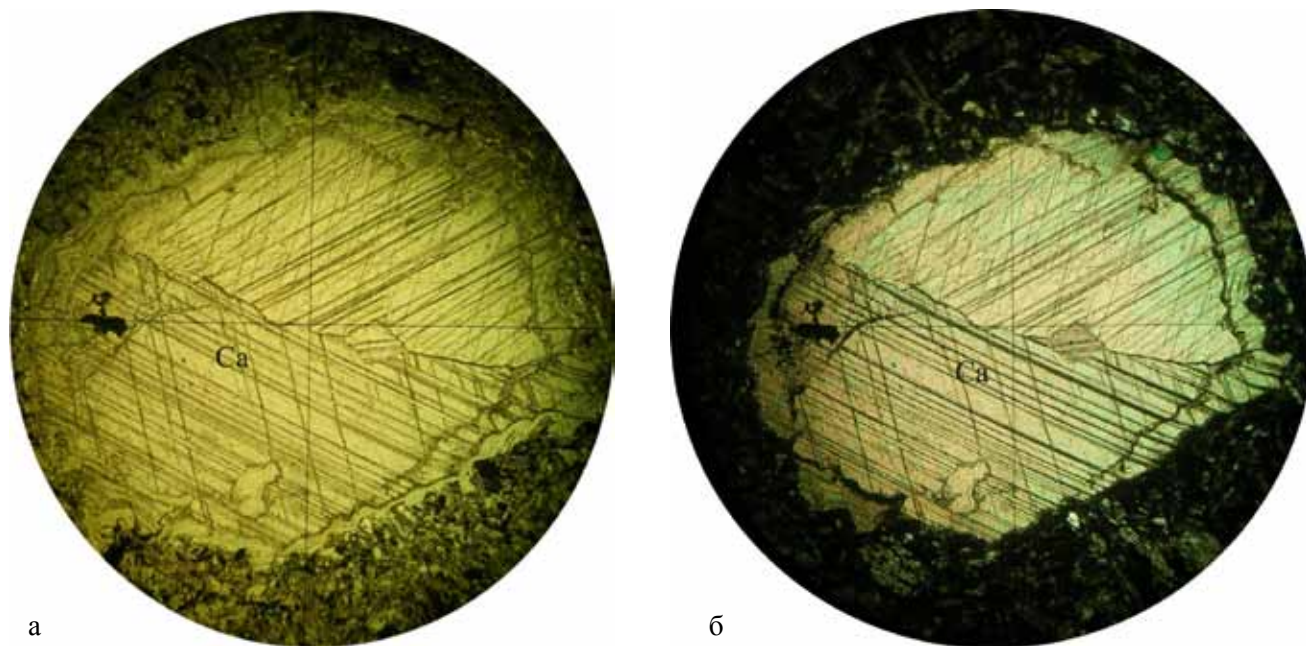


**Рис. 4.** Базальт (обр. 5752-4) при естественном (а) и поляризованном (б) свете. Диаметр поля зрения 2.7 мм. В центре – миндалины, выполненная хлоритом (Ch), в верхней части видны зерна кварца (Q).

скольким повышенным содержанием  $Al_2O_3$  – 22.71% против 15–16%, пониженными содержаниями  $FeO$  – 2.2% против 3–5% и  $CaO$  – 1.64% против 3–7% у стандартных образцов. Под микроскопом видны вкрапленники сосюритизированного плагиоклаза и хлоритизированного пироксена (рис. 3). Вкрапленники плагиоклаза по углу симметричного погасания двойников отнесены к оли-

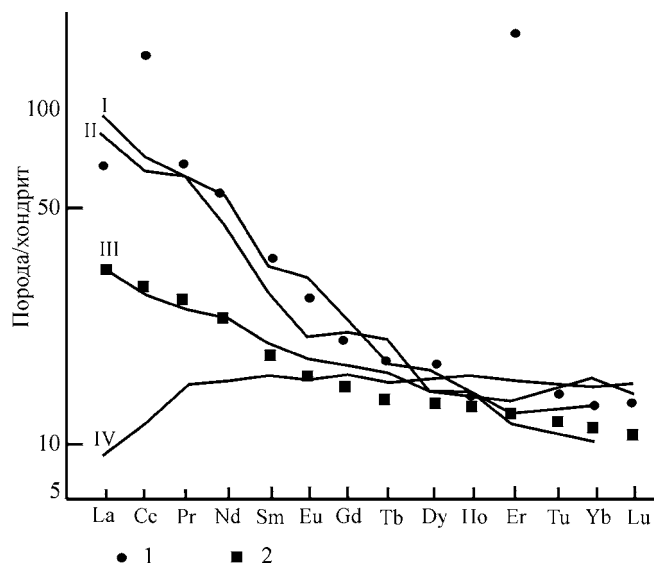
гоклаз – альбиту, что подтверждается и данными рентгеноструктурного анализа (табл. 1). Основная масса имеет интерсертальную и трахитовую структуру, в небольшом количестве видны выделения гематита и хлорита.

Трахитобазальт (обр. 5752-2) умереннощелочно-го подотряда отличается по химическому составу от стандартных образцов пониженными содержаниями



**Рис. 5.** Базальт (обр. 5752-4) при естественном (а) и поляризованном (б) свете. Диаметр поля зрения 2.7 мм. В центре миндалины, выполненная кальцитом (Ca).

FeO (5.7% против 6–8%), MgO (5.48 против 6–8%), K<sub>2</sub>O (0.77% против 1–3%) и повышенными содержаниями Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8.55% против 3–5%). При микроскопическом изучении обнаружены редкие миндалины, выполненные хлоритом, реже кальцитом; в ряде случаев по краям миндалин развит кварц, в центре – хлорит. Основная масса имеет интерсервальную



**Рис. 6.** Содержания редкоземельных элементов исследованных образцов.

1 – трахиандезитобазальт (обр. 5752-1), 2 – трахибазальт, пикробазальт и базальт (обр. 5752-2, 5752-3, 5752-4). Содержания редкоземельных элементов [1]: I – в щелочных базальтах, II – в базальтах континентальных рифтов, III – в толеитах океанических островов, IV – в базальтах COX [1].

структуру, местами она карбонатизирована и хлоритизирована. Видны выделения гематита (чем и объясняется повышенное содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Иногда наблюдаются крупные вкрапленники плагиоклаза.

Пикробазальт (обр. 5752-3) соответствует умереннощелочному подотряду, по химическому составу он ближе всего к меланефелиниту, от которого отличается пониженным содержанием CaO в 2.89% против 10–14% у стандартных образцов [5]. При изучении в шлифах в образце обнаружены более многочисленные (по сравнению с обр. 5752-3) миндалины, выполненные хлоритом, реже кальцитом; в остальном пикробазальт близок к вышеописанному трахибазальту.

Базальт (обр. 5752-4) нормальнощелочного подотряда по содержанию главных элементов соответствует стандартным образцам, от которых он отличается повышенным содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 10.4% против 2–5% у стандартных образцов и пониженными содержаниями FeO – 5.3% против 6–10%, CaO – 3.62% против 6–12%. Под микроскопом видны многочисленные миндалины, заполненные кальцитом и хлоритом с кварцем (рис. 4, 5). Основная масса имеет интерсервальную структуру, сложена лейстами альбита, кальцитизирована, содержит выделения гематита.

Таким образом, изученные вулканические породы в двух случаях недосыщены кремнеземом и в трех случаях содержат несколько повышенное содержание щелочей с превышением содержаний Na<sub>2</sub>O над K<sub>2</sub>O, в результате чего относятся к субщелочной серии. С учетом вышесказанного и данных табл. 1 эти вулканиды можно отнести к базальтам щелочно-базальтового типа. Это подтверждает

ся и содержаниями литофильных элементов – Rb, Sr, Ba, Zr, и редкоземельных элементов La, Ce, Yb, содержания которых показаны в табл. 2; у базальтов щелочно-базальтовой серии содержания литофильных элементов соответственно составляют 26 г/т, 580 г/т, 380 г/т, 295 г/т, редкоземельных – 34 г/т, 92 г/т, 2.7 г/т [2]. Составы редкоземельных элементов были нанесены на диаграмму, по одной из осей которой показана серия элементов, по другой – нормализованные значения, где в качестве стандарта используются хондритовые метеориты (рис. 6). Из анализа диаграммы следует, что нормализованные значения группы легких редкоземельных элементов (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) исследуемых образцов 5752-2, 5752-3, 5752-4 близки к соответствующим значениям, характерным для толеитов океанических островов; в то же время наблюдается обеднение базальтов тяжелыми лантаноидами (Gd, Tb, Dy и др.). Нормализованные значения содержания редкоземельных элементов трахиандезитбазальта (обр. 5752-1) резко отличаются от соответствующих отношений базальтов и находятся в непосредственной близости от кривой, характерной для щелочных базальтов.

Следовательно, предварительные исследования показывают, что подводные раннекаменноугольные излияния базальтов исследуемого района носят характер внутриплитного магматизма, т.е. характерны для океанических островов с преобладанием в составе лавы Na над K.

*Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ 06-05-65022, 09-05-00344.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. Палеогеодинамика. М.: Наука, 1993. 191 с.
2. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
3. Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я. Среднепалеозойский вулканизм Восточной зоны Урала. М.: Наука, 1979. 130 с.
4. Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кориневский В.Г. Вулканические фации Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. 205 с.
5. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. СПб: ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.