

## ГЕОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ ВУЛКАНИТОВ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ПЫШМЫ (ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН СРЕДНЕГО УРАЛА)

© 2013 г. Е. Н. Волчек, Е. А. Слободчиков\*, В. Н. Огородников

В среднеуральской части Восточной вулканической полосы в разрезах по берегам р. Пышмы встречаются остатки палеозойских вулканических сооружений. Они прослеживаются от устья р. Рефт на севере до р. Шаты на юге. Здесь реконструированы стратовулканы различного возраста от силурийского до раннекаменноугольного. Геоморфологически эти палеопостройки представляют ряд возвышенностей, разделяющихся логами и реками.

При изучении наибольший интерес в отношении геологического строения, состава и геодинамической позиции вызывал среднедевонский стратовулкан, реконструированный в междуречьях р. Рудянки и р. Пышмы, по ее левому берегу. Его возраст определен как  $D_2$  по эйфельской фауне в обломках известняков из туфоконгломератов и глыбовых туфов нижних горизонтов разреза [2]. Остатки этого палеовулкана представлены сложной ассоциацией лав базальтов, андезибазальтов, андезитов, андезидацитов, дацитов, риодацитов. Широким распространением пользуются также туфы различного состава. Впервые наиболее полно эти образования были описаны Т.И. Диановой [1] в составе базальт-андезит-дацит-риолитовой формации среднего девона. В дальнейшем с учетом новых данных по геологии они были включены в состав эйфельско-раннеживетского базальт-андезит-дацитового комплекса [4].

Основание разреза этой вулканической постройки сложено шаровыми лавами базальтов и их туфами. Вверх по разрезу среди бомбово-глыбовых отложений распространены андезибазальтовые лавы с брекчиевидным строением кровли. Андезиты слагают лавовые потоки с признаками подушечного строения. В разрезе широко распространены агломераты, брекчии, грубообломочные туфы, содержащие вулканические бомбы. Широкое развитие здесь получили субвулканические тела дацитов и риодацитов и даек долеритов.

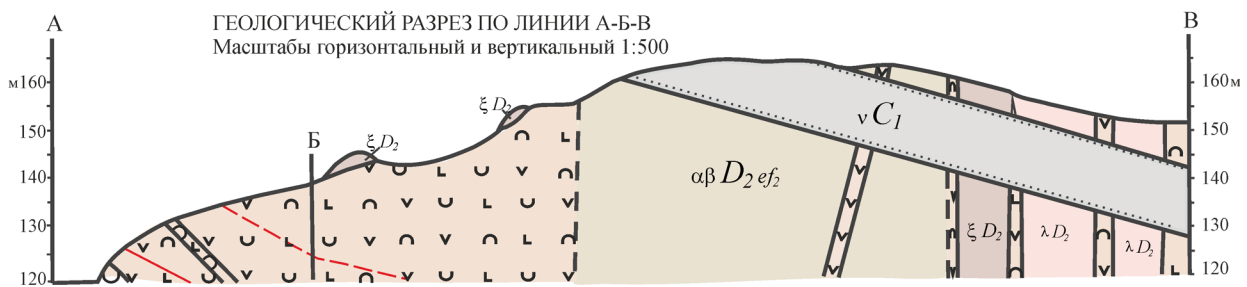
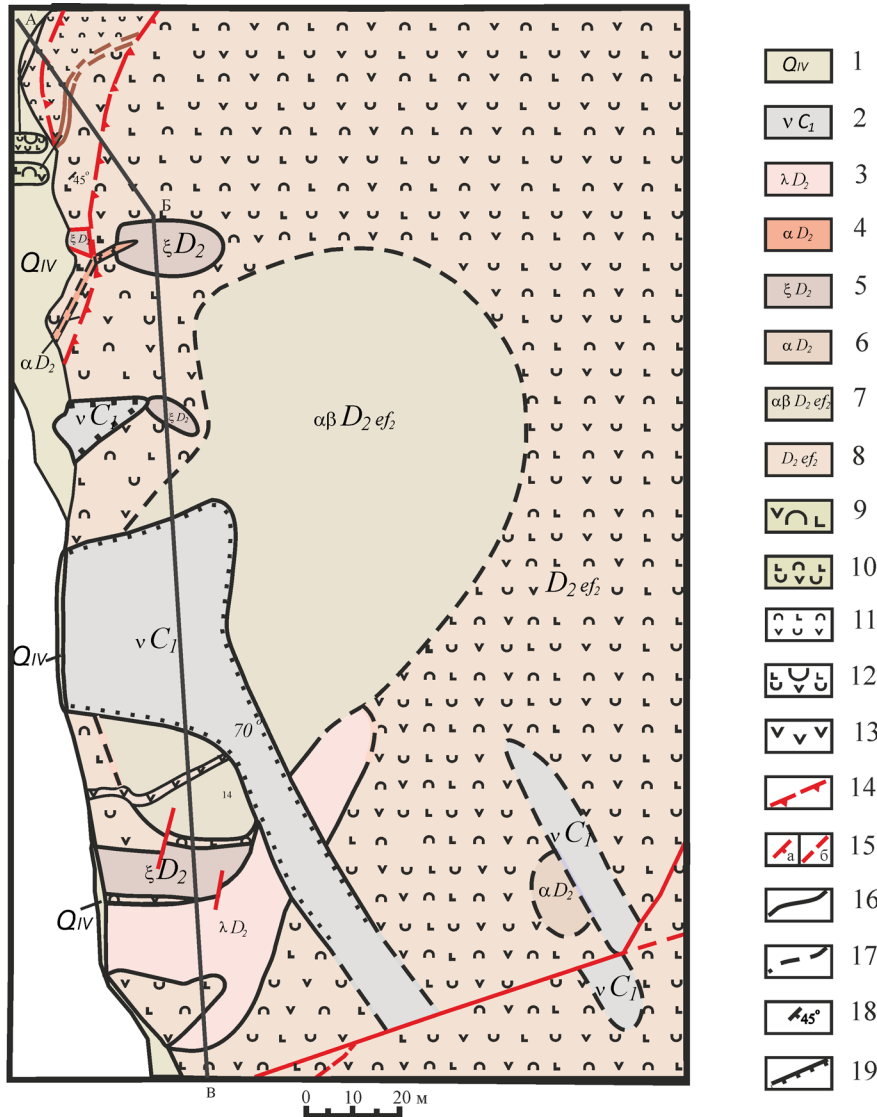
Главные выходы вулканитов эффузивной фации сосредоточены в бортах русла р. Рудянки. Они представлены массивными и миндалекаменными базальтами и андезитами с порфировой и афировой структурами с плагиоклазом, реже пироксеном во вкрапленниках. Пироксен замещен серпентинитом, зональный плагиоклаз слабо пренититизирован,

основная масса гиалопилитовая с буро-зеленым разложившимся стеклом. Отдельные потоки имеют признаки подушечного строения, что свидетельствует об их подводном происхождении. Лавовые фации занимают подчиненное положение относительно пирокластических [3].

Основным реликтом палеовулкана является скалистый массив Дивий Камень размером  $220 \times 55$  м с отвесными склонами, расположенный на левом берегу р. Пышмы, в 400 м ниже устья р. Рудянки. В пределах массива породы преимущественно пирокластические (рис. 1). Это среднекрупнообломочные, кристалло-кластические туфы андезибазальтового и андезитового составов. Обломки представлены андезитами с мелкопорфировой структурой и интерсертальной и гиалопилитовой основной массой с обилием разложенного бурого стекла. Также в обломках встречаются базальты с миндалекаменной, пемзовой текстурой, с гломеропорфировой, порфировой структурой, с гиалиновой, гиалопилитовой, пилотакситовой, интерсертальной основной массой. Цемент преимущественно пепловый. На северном окончании массива туфы интенсивно карбонатизированы и сульфидизированы. Здесь же встречены толщи туфов среднегокислого составов, состоящие из обломков андезитов и дацитов. В верхних частях массива обнажаются агломератовые туфы (рис. 2), содержащие включения шаровидных и сплюснутых вулканических бомб размером 0.1–0.3 м и глыб. Бомбово-глыбовые агломератовые туфы подстилают агглютинаты. Обломки лав агглютинатов представлены миндалекаменными андезибазальтами с порфировыми выделениями плагиоклаза и пироксена, мелкопорфировыми плагиоклазовыми андезитами, массивными порфировыми базальтами с пироксен-плагиоклазовыми вкрапленниками. Обломки имеют угловатую, округлую форму, наблюдаются подплавленные границы. Агглютинаты картируются на вершине скалы, фиксируются в средней части обнажения и образуют в пространстве концентрическое тело с падением внутрь скалы.

Массив сечется телами даек долеритов и андезитов. Мощность даек 0.5–1.2 м, контакты имеют зону закалывания. В южной части обнажения развиты субвулканические тела порфировых риодацитов и риолитов с фельзитовой бурой основной массой, которые далее на юг, на контакте со

\* УГГУ, Екатеринбург



**Рис. 1.** Геологическая карта и разрез массива Дивный Камень, авторы Е.А. Слободчиков, Е.Н. Гарин, 1998 г.

1 – аллювиальные отложения; 2 – дайка долеритов; 3 – субвулканическое тело риолитов; 4 – дайка андезитов; 5 – субвулканическое тело дацитов; 6 – субвулканическое тело андезитов; 7 – агломератовые туфы жерловой фации; 8 – разнообломочные литокристаллокластические туфы; 9 – крупнообломочные литокристаллокластические туфы андезибазальтового состава; 10 – средне- мелкообломочные литокристаллокластические туфы андезибазальтового состава; 11 – мелкообломочные литокристаллокластические туфы андезибазальтового состава; 12 – мелкообломочные литокристаллокластические туфы андезибазальтового состава с редкими крупными обломками; 13 – андезиты; 14 – разрывные нарушения, надвижки; 15 – разрывные нарушения установленные (а), предполагаемые (б); 16 – установленные геологические границы; 17 – предполагаемые геологические границы; 18 – элементы залегания слоистости; 19 – зоны закалывания. Масштаб 1:500.

среднеобломочными туфами переходят в афировые. Этот контакт крутой, неровный, изгибается к

реке и, по-видимому, вскрыт на плоскости обнажения эрозией. Об этом свидетельствуют три со-



Рис. 2. Агломератовые туфы жерла (г. Дивий Камень).



хранившихся останца туфов в средней части субвулканического тела. Серпообразная форма фельзитового тела свидетельствует о его внедрении по кольцевому разлому [3]. Мощность порфировых риолитов около 6 м в нижней части обнажения. Афировые вулканы представлены массивными плотными породами розовато-бурого цвета с сиреневатым оттенком флюидалной текстуры. Флюидалность имеет субвертикальную ориентировку вдоль контакта. Всю постройку пересекает мощное тело долеритов, имеющее субмеридиональное простирание, занимающее большую площадь на фронтальном срезе. Внедрение базальтовой лавы осуществлялось в систему пересекающихся трещин, поэтому в верхней части наблюдается усложнение контактов и формы самого тела. Породы имеют офитовую структуру, переходящую на контакте в диабазовую.

По скоплению грубообломочной сваренной пирокластике, бомбовых туфов, кластолав, небольших субвулканических тел здесь был намечен центр вулканического извержения.

Палеовулкан находит отражение в магнитном поле. Жерловые образования характеризуются низким магнитным полем (до 400 нТл), а обрамляющие их лавовые потоки, слагающие его склоны – повышенными значениями интенсивности магнитного поля (до 500 нТл). Широкое развитие пирокластических пород обусловило появление дифференцированного магнитного поля с интервалом значений от –400 до +100 нТл [3].

По геологическому строению (широкое развитие пирокластических фаций, наличие жерловых образований, субвулканических и дайковых тел), соотношению с осадочными отложениями считается, что формирование палеовулкана происходило в морских условиях на небольших глубинах или в пределах вулканических островов, т.е. в обстановке близкой к современным островным дугам. [3, 4].

Химизм вулканогенных образований этой палеопостройки в достаточной мере был рассмотрен в работе В.А. Коротева и др. [4]. Полученные нами петрогеохимические данные по вулканикам из разрезов левого берега р. Рудянки и массива Дивий Камень подтверждают широкий спектр их составов и позволяют провести геохимическую типизацию. Все аналитические исследования были проведены в лаборатории ФХМИ Института геологии и геохимии УрО РАН. Определение содержаний редких и редкоземельных элементов в вулканиках выполнялось методом ICP-MS на анализаторе ELAN 9000. Данные по окислам получены рентгеноспектральным флуоресцентным методом на СРМ-18 и EDX-900HS (Na<sub>2</sub>O).

Для проанализированных образцов характерна умеренно-высокая суммарная щелочность, близкая к граничным значениям известково-щелочных и субщелочных серий (табл. 1). Это низкокальциевые породы с натриевым типом щелочности

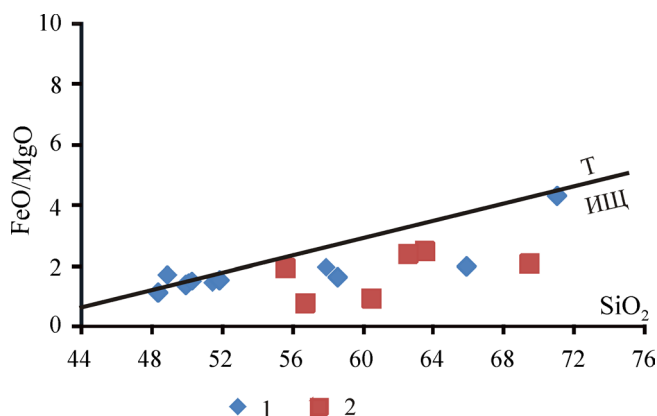


Рис. 3. Диаграмма FeO\*/MgO–SiO<sub>2</sub> для вулкаников р. Пышмы.

1 – вулканики р. Рудянки, 2 – вулканики г. Дивий Камень.

Таблица 1. Содержание петрогенных (мас. %) и микроэлементов (г/т) в метавулканитах среднего течения р. Пышмы

№ образца	ДИВ-1/2011	ДИВ-2/2011	ДИВ-2а/2011	ДИВ-4/2011	ДИВ-5/2011	ДИВ-10/2011	ДИВ-14/2011	ДИВ-9/2011	РУД-8/2-11	РУД-3/2-11	ДИВ-11/2011	ДИВ-15/2011	РУД-4/2-11	РУД-6/2-11	РУД-2/2-11	ДИВ-13/2011	РУД-7/2-11	ДИВ-8/2011	ДИВ-12/2011
SiO <sub>2</sub>	50.00	51.45	48.91	50.50	50.96	48.36	51.88	54.45	55.56	56.72	57.91	58.59	60.50	62.52	63.49	65.86	69.46	70.06	71.00
TiO <sub>2</sub>	2.38	0.68	0.91	0.74	2.46	0.61	0.75	0.79	0.49	0.31	0.53	0.46	0.34	0.70	0.63	0.36	0.42	0.26	0.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.15	15.64	17.41	15.79	14.41	15.36	15.54	16.54	15.27	12.94	14.17	15.29	14.05	15.01	15.20	15.10	14.78	16.46	14.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	15.38	12.58	12.54	12.31	14.41	12.11	12.00	12.59	11.84	8.04	8.59	10.09	7.65	8.28	7.38	5.46	4.60	2.87	4.18
FeO-хим	9.0	4.00	2.90	3.7	7.50	4.20	3.50	2.10	2.50	1.78	2.80	2.20	0.50	2.50	0.50	1.15	0.70	0.50	0.70
MnO	0.25	0.20	0.16	0.164	0.23	0.20	0.18	0.15	0.16	0.14	0.12	0.17	0.12	0.10	0.09	0.12	0.07	0.04	0.07
MgO	3.02	8.65	7.34	9.11	2.90	10.97	7.80	5.94	6.21	10.35	4.39	4.26	8.23	3.47	2.98	2.74	2.21	0.94	0.97
CaO	6.29	1.77	2.11	2.26	5.84	2.84	1.99	1.13	1.29	3.33	3.79	2.90	3.29	1.14	2.15	1.57	0.82	0.38	1.27
Na <sub>2</sub> O	4.08	4.61	5.93	4.99	3.77	3.18	4.84	5.36	5.32	1.84	5.98	5.25	4.24	5.47	6.92	5.21	4.57	5.86	4.29
K <sub>2</sub> O	1.10	0.48	0.49	0.36	1.50	0.85	0.84	0.82	1.25	2.13	0.18	0.69	0.81	0.80	0.39	1.49	2.20	2.35	1.41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.17	5.09	6.42	0.08	1.20	0.07	0.09	0.08	0.07	0.04	0.10	0.09	0.03	0.15	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06
ППП-хим	3.1	0.07	0.12	4.1	3.0	6.0	4.6	2.5	2.80	4.40	4.6	2.5	0.80	2.70	0.70	2.5	0.90	0.7	2.6
Li	6.09	4.40	4.50	10.02	6.43	13.74	6.12	7.45	13.41	19.23	11.87	4.55	15.32	6.70	5.25	3.79	4.38	5.01	2.73
Be	1.19	8.81	5.97	0.36	1.23	0.25	0.33	0.58	0.35	0.35	0.22	0.41	0.30	0.58	0.54	0.62	0.47	0.65	0.56
Sc	20.71	0.38	0.43	23.90	18.62	24.47	23.61	25.09	18.75	19.03	16.88	12.52	21.65	15.56	21.30	10.54	7.52	1.52	8.96
Ti	78.14	2516	3073	2802	7290	1467	2024	2939	2015	1460	1301	1806	1512	2751	2590	1590	1681.3	1199	1517
V	110.71	191.46	184.88	204.53	99.21	120.91	130.33	232.41	136	108.86	55.43	103.46	143.31	43.11	234.63	60.04	32.41	4.51	11.26
Cr	73.89	33.01	32.24	48.38	61.23	74.13	66.12	129.68	85	216.40	93.36	73.76	305.87	55.42	103.07	140.98	164.72	100.47	142.38
Mn	1107.3	635.99	519.21	563.13	966.3	607.3	590.3	525.4	555.77	481.41	364.0	610.9	466.5	335.2	330.4	437.5	249.5	171.7	249.0
Co	16.22	26.88	27.19	36.21	26.34	27.69	31.34	37.05	15.99	42.64	30.28	12.89	92.05	51.63	70.57	44.21	70.02	65.60	40.07
Ni	7.64	5.00	8.79	12.70	3.41	20.36	15.14	14.58	22.31	71.00	5.70	15.66	48.72	3.29	12.17	5.50	7.07	4.75	5.96
Cu	25.25	87.51	30.83	47.41	18.33	72.25	87.32	126.67	70.73	51.43	10.87	21.62	40.47	19.29	82.70	8.71	25.12	7.05	11.35
Zn	64.26	42.98	41.53	45.35	64.41	39.54	39.88	63.94	44.50	31.97	43.62	40.38	32.77	44.05	39.11	53.94	29.98	38.29	29.82
Ga	20.56	13.20	13.30	15.40	18.46	12.88	13.70	14.09	12.82	9.99	12.70	12.64	10.18	13.26	9.88	13.96	10.41	12.88	11.07
Ge	1.84	0.99	0.68	1.08	1.26	1.33	1.20	1.09	1.04	1.71	0.89	0.95	1.69	0.98	0.87	0.99	0.69	0.71	0.86
Rb	12.27	6.30	4.70	2.99	15.06	9.30	8.48	7.64	13.41	34.13	1.03	5.74	11.46	8.00	3.06	17.05	17.87	7.94	15.26
Sr	233.10	272.50	147.05	139.35	315.52	153.80	106.49	177.58	81.10	118.74	63.16	155.26	187.04	88.93	138.27	146.33	64.45	28.54	30.12
Y	49.66	12.54	13.80	13.70	47.59	11.06	15.63	15.54	13.22	10.31	12.37	11.82	12.89	18.18	13.78	11.21	11.36	2.20	17.62
Zr	232.05	38.61	49.61	42.86	229.12	35.32	48.10	49.73	46.30	52.88	46.47	57.43	50.10	73.57	42.47	62.37	90.78	92.95	103.07
Nb	9.89	0.63	1.16	0.99	9.33	0.85	1.15	1.17	1.09	1.02	0.91	1.22	1.09	1.73	0.98	1.40	2.00	1.95	2.27
Mo	1.79	0.14	0.60	0.28	1.33	0.27	0.70	0.67	1.13	0.13	6.99	1.07	0.32	0.58	0.68	0.42	0.70	0.71	0.46
Ag	0.26	0.11	0.08	0.06	0.29	0.05	0.09	0.10	0.08	0.35	0.06	0.10	0.06	0.10	0.12	0.06	0.17	0.08	0.09
Cd	0.27	0.04	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.12	0.01	0.08	0.08	0.04	0.01	0.26	0.08	0.01	0.07	0.10
Sn	2.63	0.47	0.59	0.66	2.29	0.70	1.18	0.57	0.96	0.56	0.73	0.81	0.62	0.77	0.89	0.71	1.25	1.07	1.06
Sb	0.58	0.46	0.24	0.34	0.37	1.74	0.35	0.50	1.24	1.81	1.01	0.55	1.38	0.72	0.57	0.67	0.48	0.36	0.65
Te	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.08	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	н/о	0.03	0.01

Таблица 1. Окончание.

№ образца	ДИВ-1/2011	ДИВ-2/2011	ДИВ-2а/2011	ДИВ-4/2011	ДИВ-5/2011	ДИВ-10/2011	ДИВ-14/2011	ДИВ-9/2011	РУД-8/2-11	РУД-3/2-11	ДИВ-11/2011	ДИВ-15/2011	РУД-4/2-11	РУД-6/2-11	РУД-2/2-11	ДИВ-13/2011	РУД-7/2-11	ДИВ-8/2011	ДИВ-12/2011
Cs	0.12	0.39	0.35	0.09	0.07	0.83	0.37	0.43	0.20	1.13	0.42	0.33	0.68	0.31	0.39	0.41	0.20	0.18	0.25
Ba	331.06	181.50	70.87	102.34	420	169	156	233	186.42	325.72	68	150	228.86	160.10	93.67	312	300.70	329	121
La	21.37	4.35	4.20	5.32	21.35	4.36	6.38	6.79	4.99	3.79	4.10	6.80	3.26	7.15	4.75	6.84	5.65	1.55	12.26
Ce	54.20	10.32	10.55	12.17	54.18	10.45	14.80	14.95	10.63	8.58	10.60	14.86	8.42	15.52	10.42	13.73	12.02	3.36	25.22
Pr	7.98	1.42	1.49	1.66	8.06	1.42	1.95	1.88	1.54	1.15	1.49	1.90	1.20	2.20	1.53	1.74	1.71	0.51	3.14
Nd	38.66	6.74	7.11	7.57	38.74	6.61	9.01	8.58	7.38	5.17	7.11	7.99	5.59	9.97	7.00	7.21	7.45	2.12	13.61
Sm	10.15	1.88	2.03	2.01	10.22	1.81	2.50	2.20	1.96	1.42	2.02	1.90	1.60	2.60	1.86	1.67	1.84	0.48	3.16
Eu	3.70	0.64	0.61	0.68	3.68	0.63	0.78	0.63	0.64	0.38	0.58	0.58	0.37	0.77	0.58	0.53	0.39	0.10	0.74
Gd	11.42	2.16	2.37	2.30	11.33	2.13	2.69	2.39	2.39	1.70	2.28	2.02	1.92	3.06	2.13	1.70	1.86	0.36	3.11
Tb	1.71	0.36	0.39	0.37	1.69	0.34	0.43	0.40	0.39	0.29	0.37	0.33	0.33	0.48	0.34	0.27	0.30	0.06	0.51
Dy	10.98	2.45	2.67	2.52	10.91	2.34	2.99	2.88	2.60	1.96	2.62	2.24	2.34	3.35	2.51	1.90	2.22	0.40	3.42
Ho	2.25	0.55	0.58	0.56	2.20	0.51	0.64	0.65	0.58	0.43	0.58	0.49	0.52	0.76	0.55	0.43	0.50	0.09	0.78
Er	6.25	1.72	1.81	1.67	6.32	1.58	1.92	2.04	1.78	1.35	1.88	1.62	1.63	2.41	1.69	1.35	1.60	0.30	2.53
Tm	0.87	0.25	0.27	0.25	0.86	0.23	0.29	0.31	0.26	0.21	0.29	0.24	0.24	0.36	0.26	0.21	0.26	0.05	0.41
Yb	5.40	1.68	1.79	1.66	5.36	1.56	1.93	2.06	1.75	1.45	2.01	1.67	1.66	2.46	1.78	1.51	1.84	0.37	2.93
Lu	0.84	0.27	0.31	0.27	0.82	0.24	0.29	0.34	0.28	0.22	0.33	0.26	0.26	0.39	0.28	0.25	0.30	0.06	0.48
Hf	6.37	1.34	1.68	1.41	6.32	1.26	1.49	1.61	1.59	1.77	1.64	1.85	1.74	2.43	1.42	1.82	3.00	3.03	3.66
Ta	0.73	0.04	0.07	0.06	0.72	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06	0.09	0.08	0.11	0.07	0.09	0.13	0.79	0.15
W	1.34	45.42	49.52	82.84	78.99	28.94	58.43	97.00	1.72	144.71	132.82	1.73	404.31	265.29	331.28	141.43	274.39	355.70	172.68
Tl	0.24	0.04	0.16	0.06	0.13	0.11	0.08	0.19	0.23	0.16	0.27	0.31	0.29	0.15	0.10	0.23	0.15	0.19	0.14
Pb	4.98	2.16	1.34	2.63	2.31	3.77	2.26	4.12	5.02	4.02	1.17	1.88	3.01	1.72	4.22	4.61	2.10	4.48	2.19
Bi	0.18	0.07	0.01	0.93	0.05	0.02	0.04	0.47	0.29	0.08	0.04	0.12	0.07	0.06	0.11	0.02	0.02	0.12	0.04
Th	2.29	0.89	1.31	1.05	2.37	0.95	1.23	1.48	1.03	1.21	1.36	1.85	1.22	1.95	1.21	2.23	2.02	0.30	2.83
U	1.05	0.45	0.75	0.47	1.10	0.47	0.65	1.03	0.50	0.61	0.67	1.02	0.69	1.10	1.99	1.42	1.27	1.26	1.27

Примечание. Массив Дивий Камень: ДИВ-1/2011 – долерит (лайка малая); ДИВ-2/2011 – туф базальтового состава; ДИВ-2а/2011 – обломок из туфа; ДИВ-5/2011 – долерит (основное тело); ДИВ-8/2011 – риодацит (субвулканическое тело, грива сверху, около восточного контакта с долеритами); ДИВ-14/2011 – туфолава; ДИВ-15/2011 – андезит (лайка). Вниз по течению р. Пышмы от лога, ограничивающего с юга массив Дивий Камень: ДИВ-10/2011 – базальт; ДИВ-11/2011 – андезит; ДИВ-12/2011 – риодацит; ДИВ-13/2011 – дацит. Устье р. Рулянки, левый берег р. Пышмы: РУД-2/2011 – андезит (лавовый поток); РУД-3/2011 – агломератовый туф; РУД-4/2011 – туф псефитовый; РУД-6/2-11 – андезиты с миндалинами; РУД-7/2-11 – риодацит (субвулканическое тело); РУД-8/2-11 – плагиогорфиновый базальт (андезитобазальт). Аналитики: Л.А. Татарина, Г.М. Яглюк, В.П. Власов, Н.П. Горбунова, Г.С. Неупокоева, Д.В. Киселева.

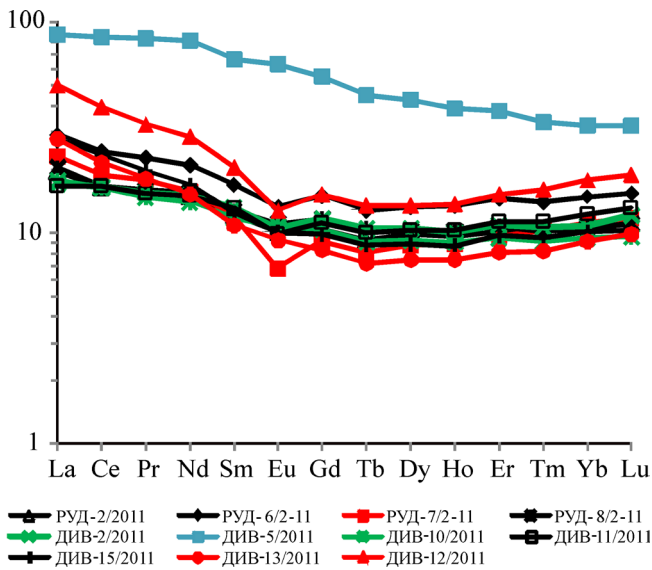


Рис. 4. Распределение редкоземельных элементов в вулканитах р. Пышмы, нормированное по хондриту [5].

Здесь и далее номера на рисунках соответствуют номеру пробы в табл. 1.

( $K_2O/Na_2O = 0.2-0.4$ ). По соотношению  $FeO^*/MgO$  все вулканиты относятся к известково-щелочной серии (рис. 3). По коэффициенту глиноземистости они являются умеренно- и высокоглиноземистыми ( $al = 0.8-2.7$ ). Для долеритов даек характерны более высокие по сравнению с базальтами концентрации  $TiO_2$ ,  $FeO_{общ}$ ,  $K_2O$  (табл. 1). Химический состав ан-

дезитов даек идентичен с составом лав. Сумма щелочных металлов в них составляет 5.9–7.3 мас. % при несколько более высоких значениях содержания  $K_2O$  в андезитах лавовой фации. Для дацитов и риодацитов характерно увеличение содержания оксида калия. Туфы по петрохимическому составу отвечают андезитам.

Полученные нами данные о концентрации и степени фракционирования РЗЭ в изученных образцах показали невысокое отношение  $La/Yb$  (от 2.8 до 4.5). Спектры распределения РЗЭ демонстрируют преобладание легких лантаноидов над тяжелыми редкими землями и выраженный дефицит европия (рис. 4). Кривые распределения РЗЭ для базальтоидов, нормированных по хондриту, отличаются от таковых для более кислых пород меньшим содержанием лантаноидов и слабо выраженным европиевым минимумом. Более высокий общий уровень концентрации РЗЭ характерен для долеритов (рис. 4). Анализ распределения редких элементов показал, что составы средних-основных вулканитов обогащены **Ba**, **Sr**, **Pb**, **Hf**. На графиках содержания микроэлементов, нормированных по PRIM [5], для этого ряда пород прослеживаются минимумы по **Ta** и **Nb**, **Ti**, **Zr** (рис. 5), что характерно для вулканитов островных дуг. Кривые распределения микроэлементов для дацитов сходны по конфигурации с таковыми для базальтов и андезитов и, в отличие от них, имеют менее глубокие **Ta** и **Nb** минимумы и минимум **Sr**. На диаграмме  $Th/Yb-Ta/Yb$  вулканиты занимают поле островодужных лав. Долериты по сравнению с охарактеризованными по-

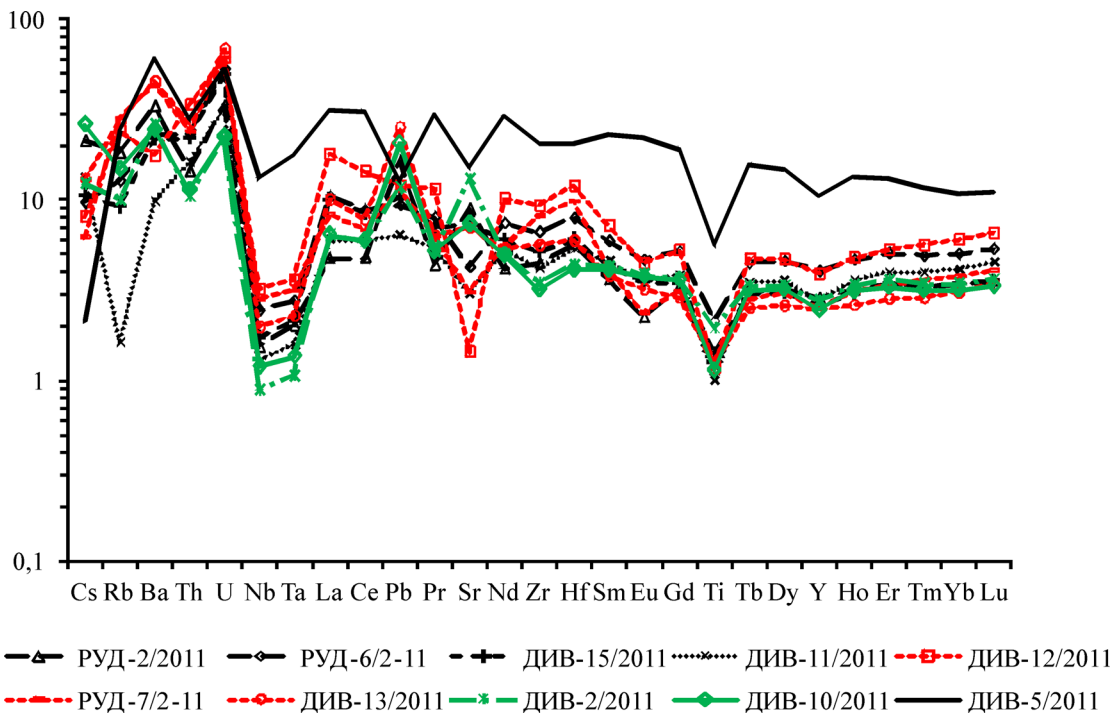


Рис. 5. Распределение микроэлементов в вулканитах р. Пышмы, нормированное по примитивной мантии [5].

родами имеют более высокие значения содержаний  $P_2O_5$ , Rb, Ba, Sr, Ti, Zr, Nb (табл. 1 рис. 5).

Таким образом, полученные нами петрогеохимические данные по вулканитам из береговых обнажений среднего течения р. Пышмы подтверждают их островодужную природу. В ходе исследования обособились дайки долеритов, имеющие по сравнению с базальтами повышенные содержания элементов-примесей.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программ УрО РАН (проект 12-П-5-2015 и проект 12-У-5-1041)*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дианова Т.В. О первичных формах залегания палеозойских вулканогенных образований в Алапаевско-Каменской зоне Урала // Палеовулканизм Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975. С. 181–184.
2. Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я. Среднепалеозойский вулканизм Восточной зоны Урала. Л.: Наука, 1979. 129 с.
3. Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Сазонов В.Н. и др. Геологические маршруты по Сухоложскому и Каменскому полигонам. Екатеринбург: УГГГА, 2002. 296 с.
4. 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.
5. Sun S.-s., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes // A.D. Saunders and M.J. Norry (Eds.) Magmatism in the Oceanic Basins. Blackwell, Oxford, 1989. P. 313–345.