

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ДОЛЕРИТОВ ДАЕК В ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ Р. ИСЕТИ

Е. Н. Волчек, В. С. Червяковский

В разрезе верхнедевонских отложений, вскрытом по долине р. Исеть от крайних домов пос. Кординка почти до устья р. Камышенка, присутствуют дайки долеритов. Разрез карбонатно-терригенных образований на этом участке является опорным для верхнего девона и уникальным по своей последовательности, не повторяющейся более на восточном склоне Урала [4]. Присутствие здесь магматогенных пород допускает их биостратиграфическую датировку и позволяет оценить характер магматической деятельности в этот период времени.

В этом разрезе дайки долеритов, приуроченные к верхней части фаменского яруса, выделены в дайковую толщу, мощность которой составляет порядка 150 м [4]. Основной объем толщи составляют тонкоплитчатые темно-серые алевритистые аргиллиты с линзами и прослоями мелко- и среднезернистых песчаников зеленовато-серого цвета с примесью гравийного материала [4]. Дайки долеритов, а в этом интервале их насчитывается семь, образуют небольшие тела (мощностью до 3.5 м), вытянутые в северо-восточном направлении. Дайки равномернозернисты во всех участках, в них фиксируется маломощная (до 1 см) бурая корочка закалывания. Долериты имеют серо-голубой цвет и состоят из узких тонких лейст плагиоклаза, призм пироксена. Из вторичных минералов следует отметить карбонат и кварц. Основным плагиоклаз в результате вторичных процессов частично превращен в альбит. Для него весьма характерно замещение сосюритом, кальцитом. Хлорит в виде отдельных чешуек и их скоплений, разбросан между зернами плагиоклаза.

Здесь же, рядом с долеритами, присутствует дайка метасоматически измененных пород, отнесенных к лампрофирам [4]. Простирается этой дайки северо-восточное, азимут падения 310–320°, угол падения крутой (80–85°), мощность до 3 м. Отличительным признаком этих пород является светлая окраска, что обусловлено их метасоматическим изменением, которое выразилось в карбонатизации, мусковитизации и окварцевании, в результате чего породы приобрели лепидогранобластовую структуру, характерную для метаморфических образований. Под микроскопом реликтовые структуры не различимы. Основная масса состоит из смеси кварцевых ксеноморфных зерен, мусковита, гематита. Гематит наблюдается в виде тонкораспыленного агрегата и развивался по темноцветному минералу. Рентгеноструктурным анализом в составе пробы

определен кварц, плагиоклаз (низкий альбит?), доломит, мусковит, хлорит. Возможны примеси каолинового минерала и монтмориллонита. Рентгенометрический анализ производился на дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu), аналитик О.Л. Галахова.

Несколько западнее этой толщи, в самом устье р. Камышенки, фиксируются выходы вулканогенных пород, относимых к визейскому ярусу. Возраст этих образований принят как каменноугольный, на основании находок в известняках редких брахиопод *Globosoproductus* sp. и фораминифер *Endothyra similis* Raus. et Reitl., *E. prisca* Raus. et Reitl., *Planoarchaediscus spirillinoides* (Raus.), *Glomodiscus* cf. *nodosus* Brazhn., *Paraarchaediscus* sp. *P. koktjubensis* (Raus.), *Archaediscus karreri spira* Conil et Lys, *A. spiroides* (Pop.), *Valvulinella lata* Grozd. et Leb. устьгреховского горизонта нижнего и жуковского горизонта верхнего визе [3].

Нами проведено сравнение вещественного состава долеритов из верхнефаменских отложений и базальтов и долеритов раннего карбона.

По химическому составу долериты из верхнефаменских отложений соответствуют базальтам нормальной щелочности (табл. 1). Долериты низкокальциевые, содержат значительное количество TiO_2 (1.3–2.7%), величина железистости составляет 0.66–0.73, что позволяет относить их к толеитовой серии. Исследуемые породы характеризуются невысокими содержаниями редкоземельных элементов и слабым их фракционированием. В одном образце наблюдается обеднение легкими лантаноидами при отношении $La/Yb = 0.5$. **Полученный редкоземельный тренд имеет отрицательный наклон** (рис. 1). В целом, это породы со стабильным содержанием V (145–183 г/т), **содержание других когерентных элементов (Ni, Co, Cr, Sr) изменяется в более широком диапазоне** (табл. 1).

По уровню содержания щелочей, титана и общего железа долериты даек из верхнефаменских отложений соответствуют визейским вулканитам. Содержание Al_2O_3 в них ниже, чем в базальтах (табл. 1). По характеру спектра РЗЭ верхнефаменские долериты отличаются от вулканитов раннего карбона, которые обладают повышенными суммарными концентрациями РЗЭ (рис. 1) и более сильным обогащением легкими редкими землями относительно тяжелых ($La_n/Yb_n = 4.9$) [1].

Верхнефаменские долериты и долериты из отложений раннего карбона имеют одинаковый ха-

Таблица 1. Содержание петрогенных (мас. %) и микроэлементов (г/т) в долеритах из верхнефаменских отложений и отложений раннего карбона р. Исети

	Ис-5	Ис-6	Ис-20	Ис-21	Ис-22	Ис-23	Ис-36	Ис-37	Ис-38	Ис-41
SiO ₂	45.11	50.34	46.86	48.75	46.07	48.58	45.28	46.54	46.51	44.35
TiO ₂	1.35	1.42	1.71	1.89	1.99	1.83	1.92	1.93	2.15	1.29
Al ₂ O ₃	17.21	18.08	13.08	14.36	14.35	14.18	13.18	13.18	15.11	14.84
Fe _{общ}	10.24	10.37	12.09	13.52	14.67	11.30	12.07	12.14	13.37	11.01
MgO	6.16	5.29	7.47	7.78	8.13	6.83	6.20	4.43	5.04	5.78
MnO	0.135	0.134	0.192	0.185	0.138	0.195	0.153	0.184	0.153	0.168
CaO	7.01	3.67	6.54	2.54	4.51	5.72	9.62	9.53	5.81	10.76
Na ₂ O	2.2	2.1	4.4	4.4	3.1	4.0	2.5	2.5	2.8	2.5
K ₂ O	0.83	0.85	0.18	0.32	0.50	0.66	0.13	0.23	0.51	0.20
P ₂ O ₅	0.22	0.23	0.36	0.36	0.38	0.34	0.19	0.20	0.19	0.08
ППП	10.3	8.7	7.9	6.5	6.8	7.7	10.2	9.6	10.2	9.5
Сумма	100.76	101.19	100.79	100.62	100.65	101.34	101.44	100.46	101.85	100.48
FeO _{хим}	5.3	5.3	7.1	5.3	5.7	4.6	8.5	6.0	6.7	7.8
Li	40.61	39.19	19.25	23.32	29.38	22.81	54.69	54.11	79.70	47.31
Be	0.92	1.03	0.65	0.85	1.56	1.21	0.78	0.80	0.78	0.47
Sc	18.91	18.62	17.56	18.30	23.57	20.60	30.88	29.34	31.34	33.34
Ti	4650.4	5016.6	5704.5	5993.2	7368.6	6963.7	7261.9	6895.9	7390.7	6058.4
V	121.49	127.64	121.35	132.48	164.52	148.65	180.34	168.13	183.19	179.58
Cr	99.42	101.42	143.31	137.73	139.98	143.69	146.76	145.49	149.61	201.02
Mn	574.24	566.96	776.17	710.96	593.72	923.19	730.18	839.98	632.30	962.33
Co	31.51	29.47	29.23	30.33	34.75	30.13	36.11	37.07	35.41	49.44
Ni	88.92	96.53	96.66	105.99	113.50	107.59	62.17	64.49	62.21	165.66
Cu	37.98	55.59	21.38	21.88	14.93	13.66	55.96	56.29	59.20	79.03
Zn	84.80	80.59	60.09	63.49	76.34	70.35	57.66	70.91	57.85	52.50
Ga	17.16	18.77	15.39	16.18	17.91	16.60	16.50	16.52	16.55	16.93
Ge	1.07	1.23	0.97	0.97	1.43	1.01	1.32	1.31	1.42	1.44
Rb	12.52	14.52	3.63	6.12	9.69	13.24	3.59	7.04	17.43	7.50
Sr	154.90	106.08	193.71	203.35	317.69	411.33	183.32	168.40	88.20	161.71
Y	17.74	16.98	18.20	18.93	24.60	20.24	25.01	25.29	25.10	21.42
Zr	138.50	114.36	142.58	148.42	125.81	120.35	113.95	116.90	119.14	52.21
Nb	6.47	7.08	8.72	9.05	10.40	9.91	3.22	3.35	3.35	0.71
Mo	0.59	0.36	0.14	0.42	0.67	0.75	0.37	0.42	0.33	0.10
Ag	0.36	0.79	0.22	0.19	1.46	0.19	0.17	0.23	0.15	0.09
Cd	0.17	0.29	0.06	0.15	0.15	0.16	0.26	0.52	0.14	0.07
Sn	1.15	1.24	1.42	1.26	1.68	1.31	1.27	6.49	1.29	0.78
Sb	0.97	0.92	0.83	0.61	1.33	1.24	1.93	2.36	1.47	1.27
Cs	1.30	1.22	0.47	0.39	0.70	0.85	1.46	1.21	1.80	1.67
Ba	178.94	184.85	171.48	150.02	219.92	295.92	73.16	91.34	87.02	54.02
La	14.58	14.43	13.26	14.20	18.16	15.54	5.88	6.01	5.83	1.20
Ce	35.20	36.27	33.44	34.72	46.28	37.94	17.18	17.94	17.40	5.07
Pr	4.39	4.33	4.32	4.46	6.05	4.66	2.59	2.70	2.64	1.06
Nd	18.76	18.20	18.94	19.34	26.40	20.32	13.57	13.79	13.56	7.06
Sm	3.94	3.76	4.15	4.23	5.78	4.38	3.93	4.09	3.96	2.67
Eu	1.24	1.17	1.37	1.36	2.07	1.49	1.49	1.58	1.24	1.10
Gd	3.86	3.70	4.11	4.31	5.60	4.43	4.88	4.95	4.91	3.65
Tb	0.58	0.56	0.62	0.65	0.84	0.67	0.81	0.83	0.83	0.63
Dy	3.75	3.62	3.97	4.15	5.26	4.23	5.40	5.54	5.55	4.10
Ho	0.75	0.73	0.79	0.83	1.05	0.84	1.12	1.14	1.14	0.88
Er	2.11	2.04	2.24	2.35	2.79	2.31	3.13	3.18	3.21	2.45
Tm	0.30	0.30	0.32	0.34	0.40	0.33	0.45	0.46	0.47	0.36
Yb	1.97	1.97	2.11	2.22	2.59	2.17	2.93	3.07	3.05	2.30
Lu	0.30	0.30	0.32	0.33	0.39	0.32	0.44	0.45	0.45	0.33
Hf	3.36	3.77	3.36	3.59	3.70	3.54	3.14	3.15	3.26	1.73
Ta	1.03	0.88	1.04	1.12	1.11	1.05	0.39	0.40	0.42	0.09
W	0.18	0.20	0.08	0.16	0.19	0.22	0.12	0.14	0.18	0.02
Tl	0.12	0.13	0.04	0.06	0.08	0.11	0.03	0.07	0.12	0.06
Pb	27.42	154.65	23.25	4.93	10.19	10.65	3.36	8.99	15.89	2.44
Bi	0.23	0.75	0.08	0.02	0.04	0.07	0.02	0.03	0.06	0.03
Th	2.95	3.16	1.65	1.80	1.84	1.81	0.71	0.75	0.76	0.06
U	0.97	1.07	0.62	0.81	1.37	0.70	0.38	0.43	0.43	0.04

Примечание. Ис-5, Ис-6 – базальты; Ис-20–Ис-23 – долериты из отложений раннего карбона; Ис-36–Ис-41 – долериты из верхнефаменских отложений. Все аналитические исследования были выполнены в лаборатории ФХМИ минерального вещества ИГГ УрО РАН рентгено-спектральным методом на СРМ-18, рентгенофлуоресцентным методом на EDX- 900 HS (Na₂O) и методом ICP-MS.

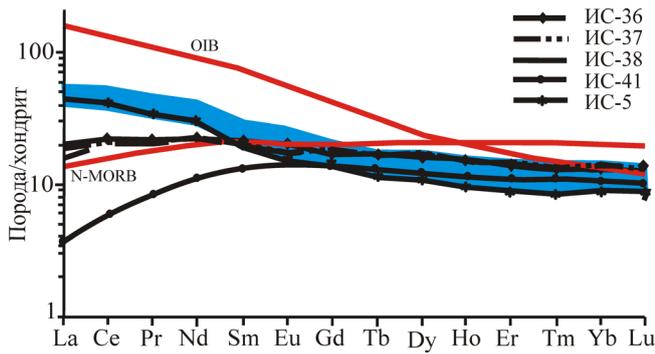


Рис. 1. Распределение редкоземельных элементов в долеритах из верхнефаменских отложений и отложений раннего карбона р. Исети (содержания нормированы по хондриту [5]).

Залито поле составов долеритов из отложений раннего карбона. Для сравнения приведены диаграммы для средних составов базальтов срединно-океанических хребтов (MORB) и океанических островов (OIB) [5].

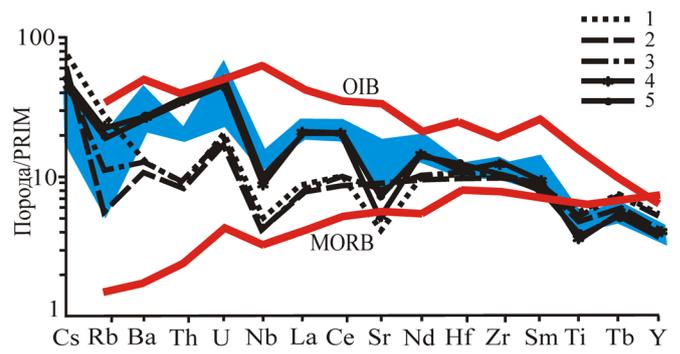


Рис. 2. Спайдер-диаграммы, нормированные по примитивной мантии [5], для составов долеритов из верхнефаменских отложений и отложений раннего карбона р. Исети.

Залито поле составов долеритов из отложений раннего карбона. Для сравнения приведены диаграммы для средних составов базальтов срединно-океанических хребтов (MORB) и океанических островов (OIB) [5].

рактически равномерное распределение микроэлементов, при более низких концентрациях Ва и элементов группы HFS (Th, U, Zr, Hf, Ta, Nb) в **верхнефаменских долеритах** (рис. 2). Содержания этих элементов во всех изученных образцах варьируют между таковыми в эталонных N-MORB и OIB, что хорошо отражено на спайдер-диаграмме (рис. 2).

Сходство вещественного состава долеритов из верхнефаменских отложений с вулканитами раннего карбона позволяет считать их продуктами визейского вулканизма, характеризующегося трещинными излияниями толеитовых базальтов [2], а некоторое отличие связывать с разной глубиной формирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волчек Е.Н. Структурное положение и геохимические особенности вулканитов среднего течения

р. Исеть (восточная периферия Среднего Урала) // Ежегодник-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 102–108.

2. Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я. Среднепалеозойский вулканизм Восточной зоны Урала. Л.: Наука, 1979. 129 с.
3. Кучева Н.А., Степанова Т.И., Волчек Е.Н. Геологическое строение каменноугольных образований в нижнем течении р. Камышенка (Бассейн р. Исеть, восточный склон Среднего Урала) // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 37–42.
4. Чувашинов Б.И., Анфимов А.Л. Карбонатно-терригенные отложения разреза “Кодинка-Щербаково” – опорный разрез верхнего девона бассейна р. Исеть (восточный склон Среднего Урала) // Ежегодник-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 88–97.
5. Sun S.-s. and McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes // Magmatism in the Oceanic Basins / Ed. by A.D. Saunders and M.J. Norry. Oxford: Blackwell, 1989. P. 313–345.