

ГАББРО И ДОЛЕРИТЫ ИЗ ФРАГМЕНТОВ ОФИОЛИТОВОЙ АССОЦИАЦИИ СРЕДНЕГО УРАЛА: Rb-Sr И ^{147}Sm - ^{143}Nd ИЗОТОПНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

© 2017 г. Ю. Л. Ронкин, И. В. Семенов

Продукты палеоокеанического и задугового над-субдукционного спредингового вулканизма, представленные комплексом параллельных долеритовых даек (в ассоциации с базальтовыми пиллоу-лавами), развиты на всем, почти 2500 км, субмеридиональном простирании Уральского складчатого пояса [Семенов, 2000; Пучков, 2012]. Серии тесно сближенных параллельных долеритовых даек секут как породы дунит-гарцбургитовой ассоциации, так и дунит-клинопироксенит-габбровой. В пакетах типа “дайка в дайке” плутониты массивов часто присутствуют в виде разного размера скринов между долеритовыми дайками. Практически повсюду на контакте с породами габбро-гипербазитовых комплексов долериты даек имеют четко выраженные краевые закаленные зоны, поэтому относительно более молодой геологический возраст долеритов дайкового комплекса по сравнению с возрастом пород обеих габбро-гипербазитовых ассоциаций не вызывает сомнений. Сложнее обстоит дело с геохронометрическими датировками и изотопно-геохимическими характеристиками долеритов даек и вмещающих их плутонитов габбро-гипербазитовых ассоциаций. Данные хронометрического возраста палеоокеанических базальтов и пространственно совмещенных с ними пород дунит-гарцбургитовой и дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциаций, полученные методами изотопной геологии, в разных сегментах палеосрединговой структуры Урала немногочисленны и противоречивы, что не является исключением и в отношении комплекса параллельных долеритовых даек и пород Платиноносного пояса Урала (ППУ) в Тагильском сегменте палеоокеанической спрединговой структуры Среднего Урала, где фрагменты параллельных долеритовых даек развиты в восточном, западном и южном обрамлениях Ревдинского габбро-гипербазитового массива (РГГМ) (рис. 1).

Первые сведения о **Sm-Nd изотопной систематике** габбро из скринов между дайками долеритов дайкового комплекса, обрамляющего РГГМ ППУ, а также габбро из самого массива, представленные в виде графиков в координатах $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ – ^{143}Nd – ^{144}Nd , были опубликованы без приведения соответствующих табличных данных [Семенов, 2007]. Позже осуществлено представительное ($n = 33$) U-Pb SHRIMP-II датирование циркона из комплекса па-

раллельных даек горы Азов на Среднем Урале [Иванов, Берзин, 2013]. К сожалению, в этой работе, судя по U-Pb SHRIMP-II данным из табл. 3 (с. 99), только 8 из 33 возрастов, вычисленных по отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (6 значений образца 108-T₁ и 2 – 108-T₂), воспроизводятся при пересчете корректно. Все остальные 25 значений, определенные по отношениям $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, не синхронизируются с предлагаемыми авторами на графиках с конкордией возрастными сведениями. Обескураживают значения возрастов, вычисленных по отношениям $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ для циркона 106-1 и 107-1, поскольку ранжируются диапазоном 2477–6332 млн лет. Соответственно, дискордантность для этого циркона достигает 94.6%. Аналогичным образом выглядят и датировки, вычисленные по отношениям $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ для этих же кристаллов. Совсем “экзотические” величины присущи и коэффициентам корреляции между отношениями $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ и $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ для циркона 106-1 и 107-1, которые после соответствующего пересчета превышают единичные значения. Рассмотрение графиков с конкордиями также позволяет выявить, что из рисунков (рис. 7 на с. 100, рис. 8 на с. 101), на которых представлена U-Pb SHRIMP-II аналитика, положение только 6 фигуративных точек циркона 108-T₁ соответствует табличным данным. Остальные цифры табл. 3 (с. 99) не согласуются с графиками [Ahrens, 1955; Wetherill, 1956] этой статьи. Подобное обстоятельство в сочетании с новыми геохронометрическими сведениями и послужило основанием для написания настоящей работы.

Rb-Sr и ^{147}Sm - ^{143}Nd датированию были подвергнуты следующие образцы: 1) габбро из средней части РГГМ (обр. Р-1-1); 2) долерит из средней части дайки (обр. Р-5-9) и габбро из скрина между долеритовыми дайками (обр. Р-5-3) в западном (ревдинском) фрагменте комплекса параллельных долеритовых даек; 3) долерит из средней части дайки (обр. Р-11-2) и габбро из скрина между долеритовыми дайками (обр. Р-11-3) в восточном (дегтярском) фрагменте комплекса параллельных долеритовых даек; 4) долериты из средних частей даек (обр. А-2, А-10, А-34) в дайковом пакете со скринами базальтовых пиллоу-лав в азовском фрагменте комплекса параллельных долеритовых даек. Местоположение изученных образцов указано на рис. 1, а их координаты

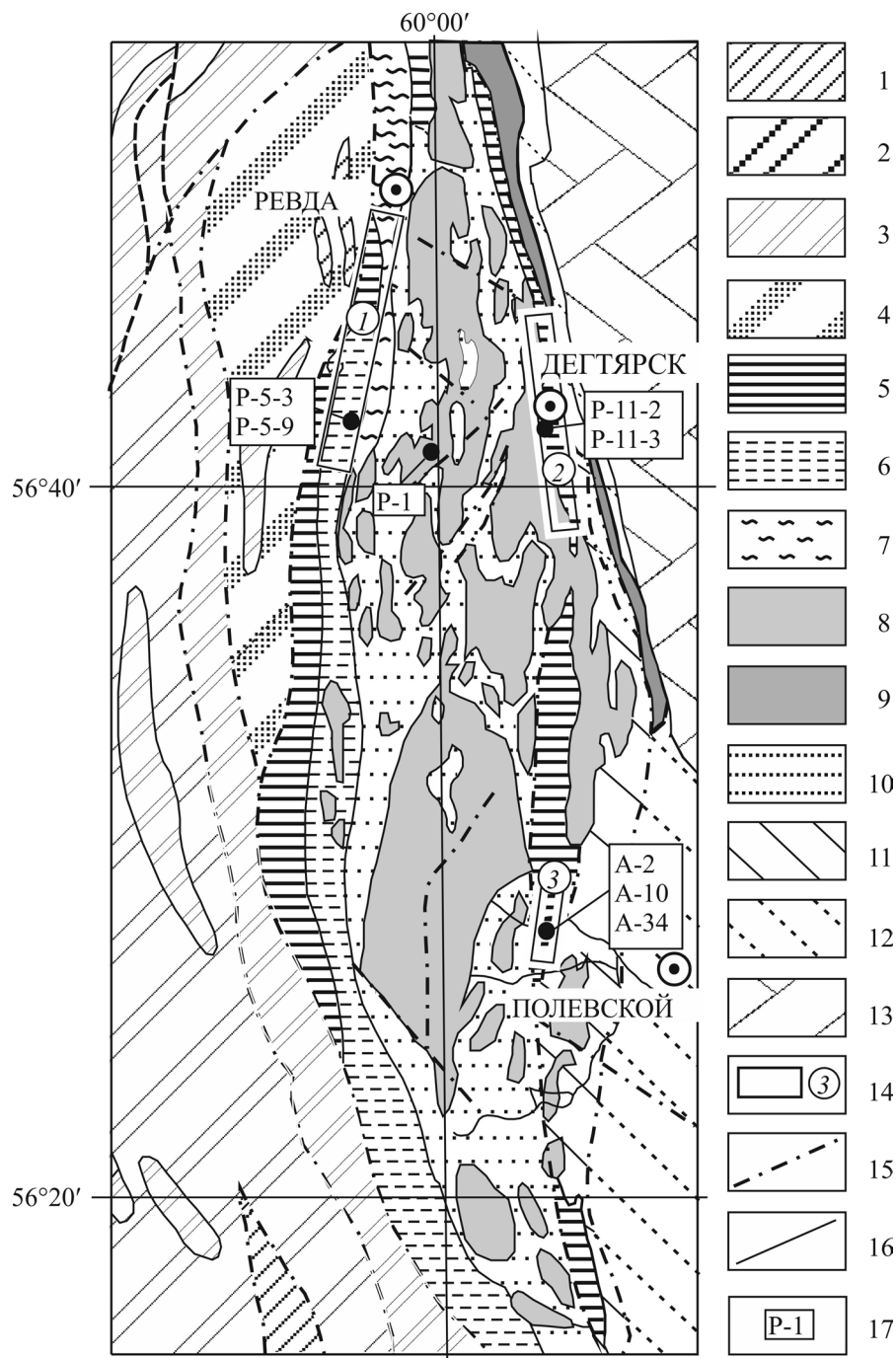


Рис. 1. Геологическая карта Ревдинско-Полевского района по данным геологической карты Урала масштаба 1 : 500 000 под редакцией И. Д. Соболева с дополнениями и интерпретацией авторов [Геологическая..., 1983; Семенов, 2000].

1–4 – комплексы континентальной рифтовой структуры: 1 – гранат-слюдяно-кварцевые и эпидот-амфиболитовые сланцы, гнейсы, амфиболиты, 2 – филлитокварциты, филлитизированные углисто-кремнисто-глинистые сланцы, кварцитопесчаники, 3 – филлиты, 4 – филлитизированные парасланцы, зеленые сланцы в ассоциации с диабазами и базальтами; 5–7 – комплексы океанической рифтовой структуры: 5 – океанические базальты, включая комплекс параллельных долеритовых даек, 6 – зеленые сланцы по базальтам и долеритам, 7 – амфиболиты и амфиболовые сланцы; 8–10 – вмещающие породы для океанических базальтов: 8 – габбро, габбродiorиты, пироксениты, горнблендиты, перидотиты, 9 – серпентиниты, 10 – пироксен-плагиоклазовые и амфибол-плагиоклазовые роговики; 11–13 – постспрединговые силуродевонские комплексы: 11 – вулканиды контрастной формации, 12 – вулканиды непрерывно-дифференцированной формации, 13 – осадочно-вулканогенная толща; 14 – участки детального изучения разреза спрединговой структуры (1 – дегтярский, 2 – ревдинский, 3 – азовский); 15 – тектонические нарушения; 16 – границы разных вещественных комплексов; 17 – места взятия и номера образцов пород, подвергнутых изотопно-геохимическим исследованиям.

Таблица 1. Rb-Sr и ^{147}Sm - ^{143}Nd систематика для долеритов и габбро ревинского фрагмента дайкового комплекса (Средний Урал)

Обр.	Координаты	Порода (минерал)	Rb, г/г	Sr, г/г	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$f_{\text{Rb/Sr}}$	$\pm 2\sigma$	$\varepsilon_{\text{Sr}}(t)$	Sm, г/г	Nd, г/г	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2\sigma$	$f_{\text{Sm/Nd}}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2\sigma$	$\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$	$\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$	T_{DM} млн лет	
P-1-1	56°41'42" с.ш. 59°59'10" в.д.	Габбро	4.29	444.0	0.02781	0.00022	-0.66	0.703964	0.000030	3.220	12.00	0.1617	0.0008	-0.178	0.512901	0.000009	5.2	7.1	736	
			4.79	809.0	0.01702	0.00014	-	0.703999	0.000034	-7.11	0.302	1.94	0.0941	0.0005	-	0.512712	0.000012	1.5	7.1	-
P-5-3	56°42'05" с.ш. 59°56'14" в.д.	Габбро	8.64	81.5	0.30120	0.00240	-	0.705631	0.000048	6.620	22.90	0.1749	0.0009	-	0.512941	0.000009	5.9	7.2	-	
			6.85	235.0	0.08369	0.00067	0.01	0.703202	0.000028	-18.4	4.310	14.20	0.1836	0.0009	-0.067	0.512943	0.000011	6.0	6.7	1060
P-11-3	56°40'32" с.ш. 60°04'57" в.д.	Габбро	9.75	536.0	0.05230	0.00042	-	0.703192	0.000035	16.0	0.905	4.19	0.1306	0.0007	-	0.512799	0.000010	3.2	6.8	-
			5.59	23.9	0.67250	0.00540	-	0.706169	0.000049	23.70	16.80	0.1979	0.0010	-	0.512989	0.000012	6.9	6.8	-	
P-5-9	56°42'05" с.ш. 59°56'14" в.д.	Долерит	2.78	280.0	0.02857	0.00023	-0.65	0.702767	0.000036	-24.60	3.390	9.49	0.2158	0.0011	0.097	0.513039	0.000010	7.9	6.8	-
			3.15	463.0	0.01956	0.00016	-	0.702724	0.000041	-25.20	0.725	3.23	0.1355	0.0007	-	0.512808	0.000012	3.4	6.7	-
P-11-2	56°40'32" с.ш. 60°04'57" в.д.	Долерит	-	-	-	-	-	-	-	4.940	13.60	0.2201	0.0011	-	0.513041	0.000010	7.9	6.6	-	
			2.13	232.0	0.02649	0.00021	-0.68	0.702987	0.000039	-21.50	3.480	11.10	0.1899	0.0009	-0.035	0.512939	0.000011	5.9	6.3	1367
A-2	56°28'25" с.ш. 60°05'04" в.д.	Долерит	-	-	-	-	-	-	-	1.421	8.871	0.0968	0.0005	-	0.512688	0.000012	1.0	6.4	-	
			2.09	244.0	0.02463	0.00020	-0.70	0.703137	0.000041	-19.30	5.320	14.80	0.2178	0.0011	-	0.513026	0.000009	7.6	6.5	-
A-10	56°28'30" с.ш. 60°05'01" в.д.	Долерит	-	-	-	-	-	-	-	3.580	10.80	0.2006	0.0010	0.020	0.513005	0.000009	7.2	7.0	1721	
			-	-	-	-	-	-	-	-	1.310	4.67	0.1700	0.0009	-	0.512926	0.000011	5.7	7.1	-
A-34	56°28'32" с.ш. 60°05'25" в.д.	Долерит	-	-	-	-	-	-	-	4.330	12.41	0.2110	0.0011	-	0.513043	0.000010	7.9	7.2	-	
			0.409	269.0	0.00440	0.00004	-0.95	0.702961	0.000042	-21.80	3.110	11.00	0.1712	0.0009	-0.130	0.512903	0.000009	5.2	6.6	894
A-10	56°28'30" с.ш. 60°05'01" в.д.	Долерит	-	-	-	-	-	-	-	1.220	4.60	0.1598	0.0008	-	0.512881	0.000011	4.8	6.8	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	10.80	30.00	0.2176	0.0011	-	0.513038	0.000009	7.8	6.7	-
A-34	56°28'32" с.ш. 60°05'25" в.д.	Долерит	-	-	-	-	-	-	-	2.990	10.40	0.1736	0.0009	-0.120	0.512898	0.000010	5.1	6.4	966	
			-	-	-	-	-	-	-	-	2.190	6.80	0.1947	0.0010	-0.010	0.512978	0.000011	6.7	6.8	1401

Примечания. P-1-1 – крупнозернистое (до пегматоидного) амфибол-плаггиоклазовое габбро, слабо полосчатое; P-5-3 – такситовое среднезернистое амфибол-плаггиоклазовое габбро; P-11-3 – среднезернистый габбро-норит (?); P-5-9, P-11-2 – порфиновый пироксен-плаггиоклазовый долерит; A-2 – порфиновый пироксен-плаггиоклазовый долерит, структура офитовая; A-10 – мелкозернистый долерит, структура офитовая; A-34 – среднезернистый долерит, структура офитовая. Pl – плаггиоклаз, Hbl – роговая обманка, Cpx – клинопироксен, $f_{\text{Rb/Sr}}$, $\varepsilon_{\text{Sr}}(0)$, $\varepsilon_{\text{Sr}}(t)$, $f_{\text{Sm/Nd}}$, $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$, $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$, T_{DM} рассчитаны с учетом соответствующих ^{147}Sm - ^{143}Nd возрастов (табл. 2) и параметров UR, CHUR, DM: $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}_{\text{UR}} = 0.0827$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{UR}} = 0.7045$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0.1967$, $^{145}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{CHUR}} = 0.512636$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{DM}} = 0.2135$, $^{145}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{\text{DM}} = 0.513151$.

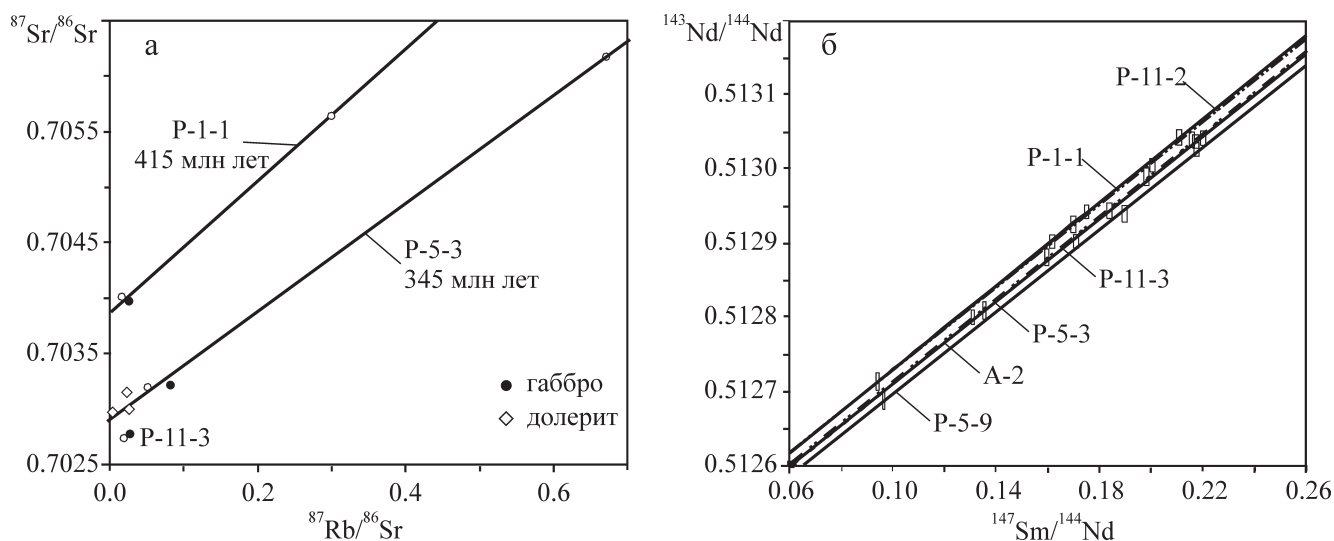


Рис. 2. Эволюционные диаграммы Rb-Sr (а) и $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ (б) для долеритов и габбро Ревдинского фрагмента дайкового комплекса (Средний Урал).

а – размеры фигуративных точек произвольны, б – размеры прямоугольников соответствуют погрешностям $\pm 2\sigma$. Сплошные линии – reference line.

натные привязки, Rb-Sr и $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ систематика приведены в табл. 1.

Определение концентраций и изотопного состава Rb-Sr и $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ систем выполняли масс-спектрометрическим методом изотопного разбавления (ID-TIMS) с помощью мультиколлекторного масс-спектрометра Finnigan MAT-262 после соответствующего кислотного разложения и использования смешанных индикаторов $^{85}\text{Rb}-^{84}\text{Sr}$ и $^{149}\text{Sm}-^{150}\text{Nd}$. Вычисляли и оценивали параметры эволюционных диаграмм с помощью программы Isoplot/Ex [Ludwig, 2008]. Результаты изучения Rb-Sr и $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ систематика для габбро и долеритов из Ревдинского фрагмента дайкового комплекса (Средний Урал) приведены в табл. 1 и на рис. 2–4.

Вариации концентраций Rb-Sr в габбро и долеритах определяют интервалами 2.78–6.85, 0.409–2.130 г/т и 235–444, 232–269 г/т соответственно, тогда как диапазоны наблюдаемых соотношений $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ идентифицируются величинами 0.02781–0.8369, 0.004402–0.02649 и относительно низкими значениями 0.702767–0.703964 и 0.702961–0.703137 (или –24.6...–7.6, –21.8...–19.3 в единицах ϵ_{Sr}) соответственно, а параметр обогащения $f_{\text{Rb/Sr}}$ ранжируется диапазоном –0.66...+0.012, –0.95...–0.68 (см. табл. 1). В целом вариации соотношений Rb/Sr, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в изученных разностях весьма ограничены, за исключением габбро P-1-1 и P-5-3, для которых фигуративные точки роговой обманки из этих пород имеют более или менее значимый “размах” по осям ординат и абсцисс графика, представленного на рис. 2а. Аппроксимация Rb-Sr систематика для габбро P-1-1 и P-5-3 на графике $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}-^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ выявляет эрохронные (СКВО

19, 41) зависимости, определяющие датировки 415 и 345 млн лет, при $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ 0.70385 ± 0.00068 и 0.7029 ± 0.0010 соответственно. Для образцов пород в целом (габбро и долеритов) коррелятивная связь на графиках в указанных координатах менее очевидна. В частности, для трех образцов габбро СКВО = 2634.

Коэффициенты вариации параметров $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ систематика для габбро и долеритов (см. табл. 1) имеют значительно меньший по сравнению с Rb-Sr данными размах: 16.1 и 7.3%, 19.8 и 1.2%, 14.5 и 7.9%, 0.014 и 0.010% для содержания Sm, Nd, атомных соотношений $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ соответственно. На графиках в координатах $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}-^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ изученные разности демонстрируют изохронные зависимости (СКВО ≤ 1.9), отвечающие моделям I [McIntyre et al., 1966]. Следует отметить высокие значения $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ – от +6.4 до +7.1 (см. табл. 2). Существенные погрешности определения возраста (до ± 54 млн лет) спровоцированы минимальным количеством фигуративных точек ($n = 3$), а также относительно небольшой “растяжкой” атомных соотношений $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$. Данная зависимость подтверждается наличием корреляционной связи (коэффициент корреляции –0.697) на графике в координатах $\Delta-\delta$, где $\Delta = ^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{max}} - ^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{min}}$; max, min – максимальное (роговая обманка, клинопироксен) и минимальное (плаггиоклаз) значения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ для каждого образца соответственно (см. табл. 1); δ – погрешность определения $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ возраста (уровень значимости $\pm 95\%$).

Модельные ^{143}Nd значения возрастов (T_{DM}), вычисленные путем нахождения координат точек пе-

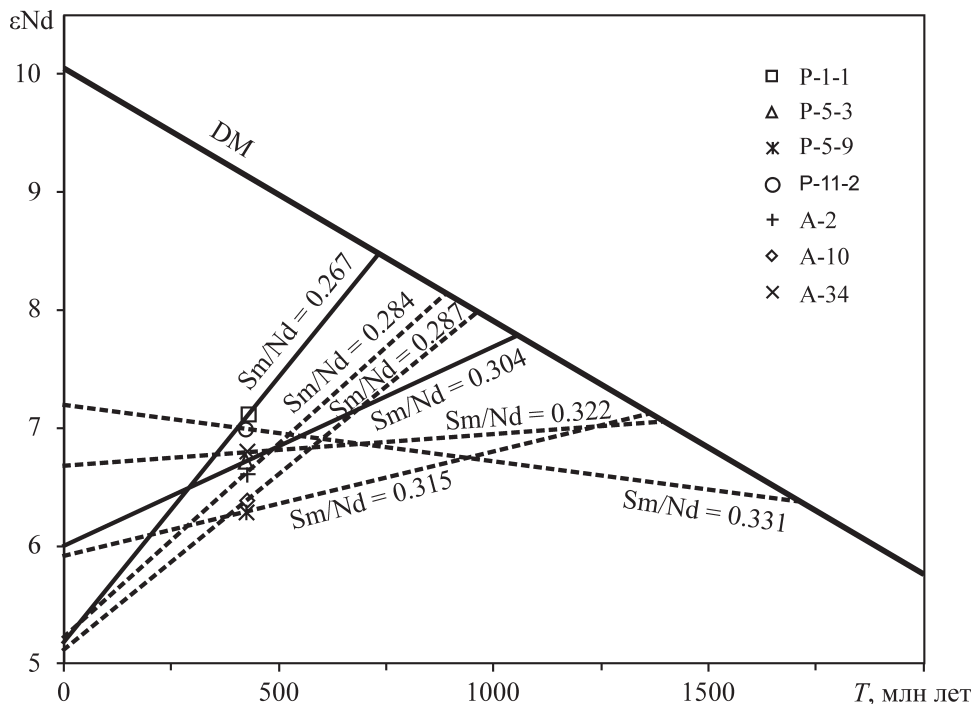


Рис. 3. “Одностадийная” (DM: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.2135$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.513151$) эволюция ^{147}Sm - ^{143}Nd изотопной системы долеритов (штриховая линия) и габбро (сплошная) ревинского фрагмента дайкового комплекса (Средний Урал).

ресечения Sm-Nd трендов эволюции по одностадийной модели [Jacobsen, Wasserburg, 1980] конкретных образцов с линией развития деплетированного вещества верхней мантии DM (см. рис. 3) характеризуются интервалами 736–1060 и 894–1721 млн лет для габбро и долеритов соответ-

ственно, за исключением габбро P-11-3, у которого $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} > ^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{\text{DM}}$ (см. табл. 1).

На графике в координатах $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ – $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ фигуративные точки изученных габбро (диапазоны $-19.90 \dots -2.83$ и $+6.7 \dots +7.1$) и долеритов ($-19.7 \dots -14.4$ и $+6.3 \dots +7.0$) локализуются во II квадранте (см. рис. 4).

Полученные ^{147}Sm - ^{143}Nd датировки (см. рис. 2, табл. 2) демонстрируют определенное совпадение (в пределах наблюдаемых погрешностей) хронометрических возрастов долеритов дайкового комплекса (426 ± 54 , 426 ± 34 , 424 ± 19 млн лет) и габбро как самого РГМ (431 ± 27 млн лет), так и из скринов между даек в дайковом комплексе (427 ± 32 , 429 ± 26 млн лет). При этом, как отмечалось ранее, долеритовые дайки повсюду пересекают габбро. Кроме того, полевые наблюдения свидетельствуют о том, что перед внедрением долеритовых даек габбровый массив был деформирован и разбит на блоки, поскольку субпараллельные дайки секут разнозернистые габбро (от мелко- до пегматоидных), а их полосчатость в блоках имеет самые разнообразные элементы залегания. Аналогичную картину близости возрастов долеритов и габбро (а также пироксенитов, вебстеритов, дунитов и гарцбургитов) выявили исследователи при ^{147}Sm - ^{143}Nd датировании пород Кемпирсайского [Edwards, Wasserburg, 1985] и Войкарского [Sharma et al., 1995] офиолитовых комплексов, отмечая, что при анализе эволюционной диаграм-

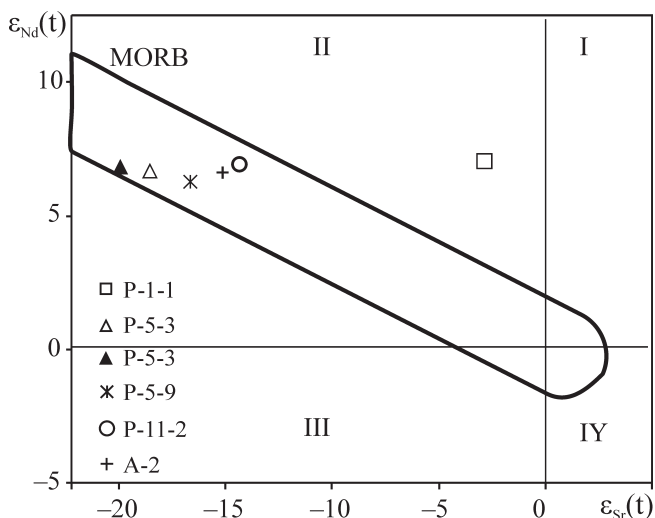


Рис. 4. Диаграмма $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ – $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ для долеритов и габбро ревинского фрагмента дайкового комплекса (Средний Урал).

$t = 427$ млн лет. MORB – mid-ocean ridge basalt [DePaolo, Wasserburg, 1977].

мы $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}-^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, даже если фигуративные точки даек долеритов и плутонитов (от габбро до гарцбургитов) удовлетворяют одной линии регрессии, возможны как минимум два варианта интерпретации: 1) параллельные дайки суть магматические продукты парциального плавления, которое продуцировало деплетированные гарцбургиты; 2) гарцбургиты и дайковые комплексы генетически не связаны.

В нашем случае первый вариант интерпретации, по всей видимости, менее предпочтителен, поскольку по всем петрогеохимическим параметрам изученные долериты и габбро значимо различаются [Семенов, 2000]. В этом же контексте следует отметить существенную разницу в значениях модельных ^{143}Nd датировок (см. табл. 1, рис. 3). Кроме того, габбро Ревдинского массива являются составной частью ППУ (дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциации Урало-Аляскинского типа), по геодинамическому режиму образования не сопоставимого с альпинотипной (дунит-гарцбургитовой) ассоциацией. Представляется, что в последнем варианте толкования кроется ответ на вопрос о причинах близости возрастов, полученных $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ методом для долеритов и габбро в Ревдинском сегменте палеоспредиговой структуры Урала.

К подобным выводам пришли и исследователи [Силантьев и др., 2000], изучавшие возраст магматических и метаморфических событий в бортах рифтовой долины Срединно-Атлантического хребта на $15^{\circ}20'$ с. ш. По их данным, определенные цифры К-Аг возраста гнейсевидного габбро станции FR16 отражают время магматического взаимодействия этой породы с поздними относительно времени формирования габброидного комплекса инъекциями трондьемитового расплава. Таким образом, можно предположить, что при образовании комплекса параллельных долеритовых даек значительные объемы высокотемпературного базальтового расплава вместе с горячим агрессивным флюидным потоком должны были пройти по многочисленным трещинам растяжения через габбро-гипербазитовый субстрат, модельный ^{143}Nd возраст которого в нашем случае оценивается как минимум в 1060 млн лет [Arndt, Goldstein, 1987] (см. табл. 1, рис. 3), гомогенизируя изотопный состав $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ габбро. Поэтому полученные $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ геохронометрические датировки соответствуют, вероятно, не возрасту образования габбро, а времени возникновения комплекса параллельных долеритовых даек. Возможно, именно по этой причине в Кемпирсайском и Войкаро-Сыннинском офиолитовых комплексах фигуративные точки долеритовых даек и пород габбро-гипербазитового ряда удовлетворяют соответствующим линиям регрессии [Edwards, Wasserburg, 1985; Sharma et al., 1995] на графиках в координатах $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}-^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$.

Генетические следствия очевидны из рассмотрения зависимости $\epsilon_{\text{Sr}}(t)-\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ (см. рис. 4), на котором фигуративные точки долеритов ревинского и дегтярского фрагментов дайкового комплекса обнаруживают явное сходство с базальтами срединно-океанических хребтов [DePaolo, Wasserburg, 1977; McCulloch et al., 1981]. Менее определенны выводы для габбро самого РГГМ, поскольку положение $\epsilon_{\text{Sr}}(t)-\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ данных для этого образца значимо левее относительно тренда MORB (см. рис. 4). Причины более высокой величины $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ в габбро Ревдинского массива (-2.9) по сравнению с таковой в габбро из скринов дайкового комплекса (-18.5...-19.9) недостаточно ясны. Вероятно, этот факт объясняется той же самой причиной (см. ранее), которая привела к близким $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ возрастам долеритов и габбро (см. табл. 1, рис. 3) в Ревдинском сегменте палеоспредиговой структуры Урала. С этой концепцией согласуются и Rb-Sr данные для габбро P-1-1, удовлетворяющие reference line с возрастом 415 млн лет (см. рис. 2а).

Таким образом, представленная Rb-Sr и $^{147}\text{Sm}-^{143}\text{Nd}$ систематика накладывает соответствующие ограничения как на время формирования комплекса параллельных долеритовых даек и габбро, так и на генезис изученных разностей из фрагментов офиолитовой ассоциации Среднего Урала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Геологическая карта Урала масштаба 1 : 500 000 / под ред. И.Д. Соболева, 1983.
- Иванов К.С., Берзин С.В. Первые данные о U-Pb возрасте цирконов из долеритов-реликтовой зоны задугового спрединга горы Азов (Средний Урал) // Литосфера. 2013. № 2. С. 92–104.
- Семенов И.В. Палеоокеанический спрединовый вулканизм Урала и реконструкция параметров Уральского палеоокеана. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 362 с.
- Семенов И.В. Влияние мантийных плюмов на сегментарность, химический состав базальтов и плутонитов рифта Палеоуральского океана // Геология Урала и сопредельных территорий. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 75–97.
- Пучков В.Н. Дайковые рои Урала и ассоциирующие с ними магматические комплексы // Геотектоника. 2012. № 1. С. 42–52.
- Силантьев С.А., Левский Л.К., Аракелянц М.Н., Лебедев В.А., Bougault H., Cannat M. Возраст магматических и метаморфических событий в САХ: интерпретация данных изотопного К-Аг датирования // Рос. журн. наук о Земле. 2000. Т. 2, № 3/4. С. 269–278.
- Ahrens L.H. Implications of the Rhodesia age pattern // Geochim. Cosmochim. Acta. 1955. V. 8. P. 1–15.
- Arndt N.T., Goldstein S.L. Use and abuse of crust-formation ages // Geology. 1987. V. 15. P. 893–898.
- DePaolo D.J., Wasserburg G.J. The sources of island arcs as indicated by Nd and Sr isotopic studies // Geophys. Res. Lett. 1977. V. 4, iss. 10. P. 465–468.

- Edwards R.L., Wasserburg G.J.* The age and emplacement of obducted oceanic crust in the Urals from Sm-Nd and Rb-Sr systematics // *Earth and Planetary Sci. Lett.* 1985. V. 72. P. 389–404.
- Jacobsen S.B., Wasserburg G.J.* Sm-Nd isotopic evolution of chondrites // *Earth and Planetary Sci. Lett.* 1980. V. 50. P. 139–155.
- Ludwig K.R.* User's Manual for Isoplot/Ex, Version 3.66. A geochronological toolkit for Microsoft Excel, Berkeley Geochronology Center. Special Publication No. 4. 2008. 77 p.
- McCulloch M.T., Gregory R.T., Wasserburg G.J., Taylor H.P. Jr.* Sm-Nd, Rb-Sr, and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ isotopic systematics in an oceanic crustal section: evidence from the Samail ophiolite // *J. Geophys. Res.* 1981. V. 86. P. 2721–2735.
- McIntyre G.A., Brooks C., Compston W., Turek A.* The statistical assessment of Rb-Sr isochrones // *J. Geophys. Res.* 1966. V. 71. P. 5459–5468.
- Wetherill G.W.* Discordant Uranium-Lead Ages // *Trans. Amer. Geophys. Union.* 1956. V. 37. P. 320–326.
- Sharma M., Wasserburg G.J., Papanastassiou D.A., Quick J.E., Sharkov E.V., Laz'ko E.E.* High $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ in extremely depleted mantle rocks // *Earth and Planetary Sci. Lett.* 1995. V. 135. P. 101–114.