

ГАББРО-ДИАБАЗОВЫЕ ДАЙКИ И СИЛЛЫ В РАННЕ-СРЕДНЕРИФЕЙСКИХ ПОРОДАХ БАШКИРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

Г.Б. Ферштатер, В.В. Холоднов, С.В. Прибавкин

Рифейские осадочные и магматические породы Башкирского антиклинория содержат большое количество даек и силлов разнообразных по составу базитов, данные о которых содержатся в большинстве работ по геологии этого региона. Эти данные систематизированы в работе А.А. Алексеева [1984]. В то же время

необходимо отметить, что детальное петрологическое описание жильных пород, основанное на современных изотопных и геохимических данных, отсутствует. Систематика даек затруднена скудостью данных об их возрасте. В настоящее время мы располагаем только одним достоверным определением изотопного возраста

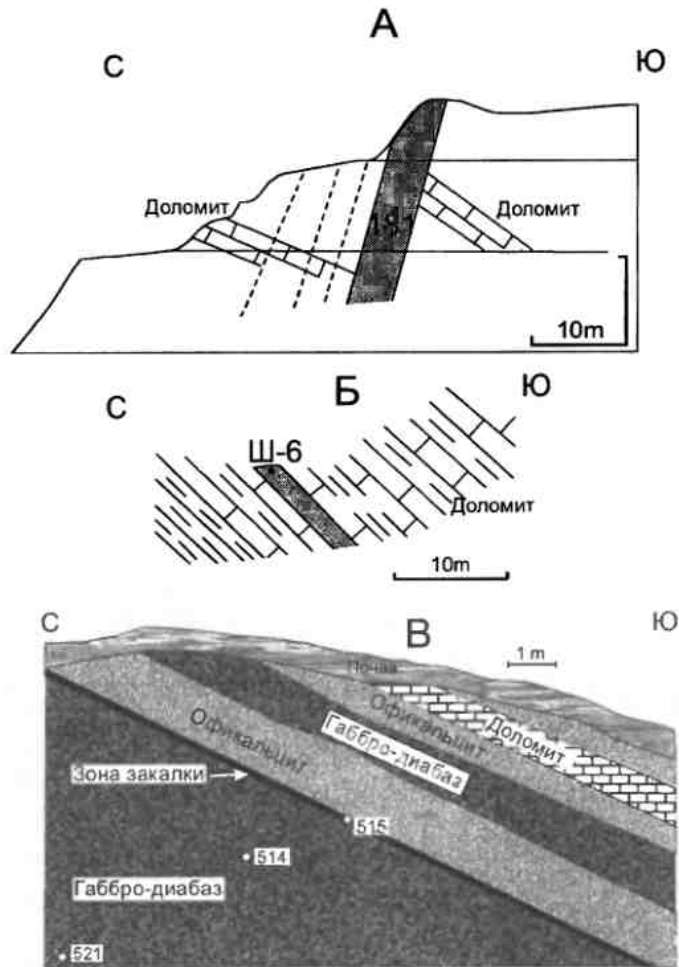
Содержание петрогенных (вес.%) и редких (г/т) элементов в дайках и силлах

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Проба	104	171	175	319	146	155	168	B3	181	515	514	521	Ш-6
SiO ₂	51,21	51,19	49,86	46,66	47,95	47,71	48,03	43,58	47,53	42,32	48,27	45,90	47,61
TiO ₂	2,18	2,51	1,36	1,21	1,34	2,18	2,02	1,71	3,25	1,73	1,47	1,28	1,27
Al ₂ O ₃	10,92	10,83	12,07	12,47	11,78	10,84	10,99	8,83	10,11	12,10	14,31	13,11	14,32
Fe ₂ O ₃	5,12	3,27	6,57	8,85	6,98	10,74	5,23	6,96	3,05	6,71	4,77	4,22	6,05
FeO	12,18	12,48	8,33	9,37	7,63	6,94	11,79	9,10	15,26	6,9	7,8	8,7	6,5
MnO	0,21	0,21	0,15	0,16	0,34	0,26	0,24	0,21	0,22	0,17	0,17	0,172	0,16
MgO	3,62	3,88	4,97	5,94	6,20	4,49	5,48	13,07	4,44	14,22	5,85	7,11	5,98
CaO	8,34	8,62	10,10	10,17	7,74	9,54	8,32	9,92	9,76	5,79	7,39	8,50	9,02
Na ₂ O	3,61	3,69	3,69	2,27	3,39	3,39	3,18	1,85	2,55	2,5	3,3	2,9	2,6
K ₂ O	0,27	0,27	0,11	0,23	3,22	1,59	1,73	0,60	0,89	1,10	2,14	1,72	1,72
P ₂ O ₅	0,28	0,31	0,14	0,09	0,14	0,26	0,21	0,28	0,42	0,27	0,28	0,27	0,25
LOI	1,51	1,64	1,64	1,70	2,30	1,76	2,06	3,54	1,98	5,52	4,05	5,60	3,90
Сумма	99,45	98,90	98,98	99,13	99,01	99,70	99,27	99,66	99,46	99,33	99,81	99,49	99,39
Li	4,87							73,52					
Rb	1,87	2,31	0,67	0,94	119,6	42,51	54,92	23,43	22,38	33,7	20,5	27,8	43,5
Cs	0,01	0,04	0,02	0,01	1,57	0,50	1,31	0,75	0,96	1,31	1,28	1,19	1,15
Be	1,99		0,81					0,95	1,66				
Sr	152,2	167,0	315,4	241,6	192,9	281,7	225,7	241,0	221,1	781,5	354,5	597,2	574,9
Ba	66,8	67,0	88,3	127,3	3102	494,8	1298,0	213,3	209,7	766,5	547,5	603,8	553,0
Sc	46,1		45,9					33,8	37,7	23,1	20,9	20,5	24,5
V	489,7	482,0	329,7	240,0	244,0	361,0	352,0	286,0	460,4	248,3	206,0	203,5	233,8
Cr	30,0	405,0	155,2	312,0	400,0	430,0	136,0	1411,7	107,5	131,1	68,4	114,2	386,2
Co	45,6		49,6					67,6	54,0	57,3	38,4	39,5	49,2
Ni	35,8		77,6					414,6	74,1	44,1	50,6	61,1	121,4
Cu	162,9		76,5					74,2	182,3	49,2	30,8	48,7	52,4
Zn	114,9		82,0					220,4	152,0	98,1	78,1	99,6	91,1
Ga	20,87		18,40					15,95	22,29	24,3	18,8	19,7	20,1
Y	42,33	47,52	28,20	14,16	33,41	40,21	37,96	23,73	52,58	25,5	21,7	20,6	22,3
Nb	16,23	17,09	11,20	3,30	14,27	13,00	14,17	15,92	21,00	17,9	13,1	12,1	12,0
Ta	0,98	0,93	0,54	0,25	0,45	12,67	0,79	1,09	0,64	1,41	0,71	0,66	0,54
Zr	24,09	464,2	94,29	115,63	569,9	129,01	156,52	112,87	30,99	154,4	140,4	120,2	121,0
Hf	0,97	6,26	2,25	1,99	7,95	2,99	3,25	2,97	1,05	4,43	3,56	3,02	3,13
Pb	0,98	3,41	0,70	3,14	21,81	8,09	6,38	27,22	3,02	9,59	4,40	2,79	3,15
U	0,53	1,70	0,36	1,00	5,68	1,66	1,02	0,36	0,68	0,45	0,54	0,34	0,34
Th	2,48	9,84	1,38	3,70	3,37	9,02	7,59	1,61	2,75	2,05	1,89	1,55	1,47
La	12,85	16,78	10,52	3,02	12,83	13,00	14,74	23,38	23,51	27,7	23,3	20,5	21,5
Ce	27,64	38,35	25,77	18,83	24,38	34,72	36,07	40,54	58,50	57,7	50,3	45,1	46,9
Pr	3,87	5,21	3,46	1,31	3,81	5,01	4,92	6,42	7,67	7,76	6,51	5,82	6,06
Nd	17,15	26,43	13,51	7,50	19,21	25,90	27,72	27,11	33,75	32,1	27,5	24,9	25,4
Sm	4,98	5,80	3,73	2,12	5,78	6,28	6,54	5,48	8,55	7,33	5,95	5,91	5,92
Eu	1,70	1,66	1,11	0,62	2,29	1,87	1,87	1,72	2,22	2,16	1,75	1,75	1,72
Gd	5,89	7,67	4,24	2,68	5,23	7,34	7,02	5,13	9,14	6,65	5,56	5,06	5,28
Tb	1,03	1,26	0,68	0,43	0,85	1,15	1,11	0,74	1,44	0,88	0,78	0,71	0,75
Dy	6,98	7,21	4,06	2,57	4,78	6,34	6,35	4,20	8,35	4,98	4,27	3,94	4,07
Ho	1,52	1,60	0,93	0,54	1,05	1,31	1,34	0,83	1,82	0,99	0,85	0,76	0,82
Er	4,24	4,68	2,79	1,57	3,05	3,77	4,01	2,05	4,77	2,66	2,32	2,04	2,19
Tm	0,65	0,69	0,36	0,23	0,45	0,54	0,59	0,29	0,63	0,36	0,32	0,27	0,29
Yb	4,07	4,27	2,41	1,38	2,63	3,17	3,60	1,72	3,97	1,87	1,80	1,58	1,68
Lu	0,62		0,38					0,27	0,53	0,24	0,26	0,21	0,22

Примечание. 1-4 – дайки амфиболовых габбро в породах Кусинско -Копанской интрузии; 5-7 – дайки амфиболитов в гранито -гнейсах Губенского массива; 8 – дайка диабаз в гранитах Бердяшского массива; 9 – дайка диабаз в доломитах; 10 -13 – силлы габбро -диабазов в доломитах

Рис. 1. Зарисовки жильных пород в среднерифейских доломитах.

А – дайка диабаза (проба 181). Медведевский мраморный карьер, западный борт; Б – силл габбро-диабаз. В 500 м от жд моста через р. Ай, Куса; В – силлы габбро-диабазов на въезде в Кусу со стороны Медведевки.



крупной дайки Бакальского рудного поля, который составляет 1347 млн лет [Эльмис и др., 2000]. Примерно такой же возраст имеют и другие магматические породы района – габбро и граниты Бердяшского массива [Краснобаев и др., 1981], габброиды Кусинско-Копанской расслоенной интрузии [Горожанин, 1998] и ассоциированные с ними граниты Губенского массива [Краснобаев, 1986], базальты и риолиты машакского комплекса [Краснобаев, Семихатов, 1986]. В то же время имеются указания на наличие многочисленных разновозрастных магматических комплексов [Алексеев, 1984], возраст которых будет уточняться по мере накопления изотопных данных.

По геологическому положению можно выделить следующие группы условно среднерифейских базитовых жильных пород: 1) дайки в габброидах Кусинско-Копанской интрузии; 2) амфиболитовые дайки в гранито-гнейсах Губенского массива; 3) дайки в Бердяшском массиве; 4) дайки и силлы в карбонатных породах саткинской и бакальской свит.

Базитовые дайки в Кусинско-Копанской интрузии практически изофациальны с вмещающими габброидами. В глубинных породах северных массивов (Кусинском и Медведевском) они представлены мелкозернистыми амфиболитами и амфиболовыми габбро (табл. 1, анализы 1-4), в малоглубинных южных массивах (Копань и Маткаль) – спилитовидными пироксеновыми диабазами. Закаленные контакты у даек в северных массивах отсутствуют, в южных – обычны.

В гранито-гнейсах Губенского массива многочисленные дайки и пластовые тела представлены амфиболитами (ан. 5-7), залегание которых согласно с гнейсовидностью. Мощность большинства даек не превышает 1 м. Все они в той или иной мере будинированы. Закаленные контакты отсутствуют. Главный мине-

рал пород – синезеленая роговая обманка, ассоциирующая с кислым плагиоклазом An_{10-20} .

В габбро и гранитоидах-рапакиви Бердяшского массива дайки диабазов (табл. 1, ан. 8) имеют массивную текстуру и рассекают как сами гранитоиды, так и деформированные вмещающие породы. Дайки сложены зональным амфиболом, в ядрах которого часто отмечается клинопироксен. Амфибол, содержащий пироксен, представлен коричневым керсутитом, вокруг которого развивается зеленая роговая обманка. Интерстиции выполнены тонкозернистым агрегатом слабоокрашенного амфибола, хлорита, единичными зернами калишпата и гидротроссуляра. Обильны скелетные кристаллы ильменита.

Диабазовые дайки и силлы (рис. 1) в карбонатных породах распространены очень широко и отмечаются практически в каждом обнажении. Крутозалегающие тела представлены сильно измененными породами, сходными по минеральному составу с дайками в Бердяшском массиве (табл. 1, ан. 9). Преобладающим минералом является зеленый амфибол, часто с

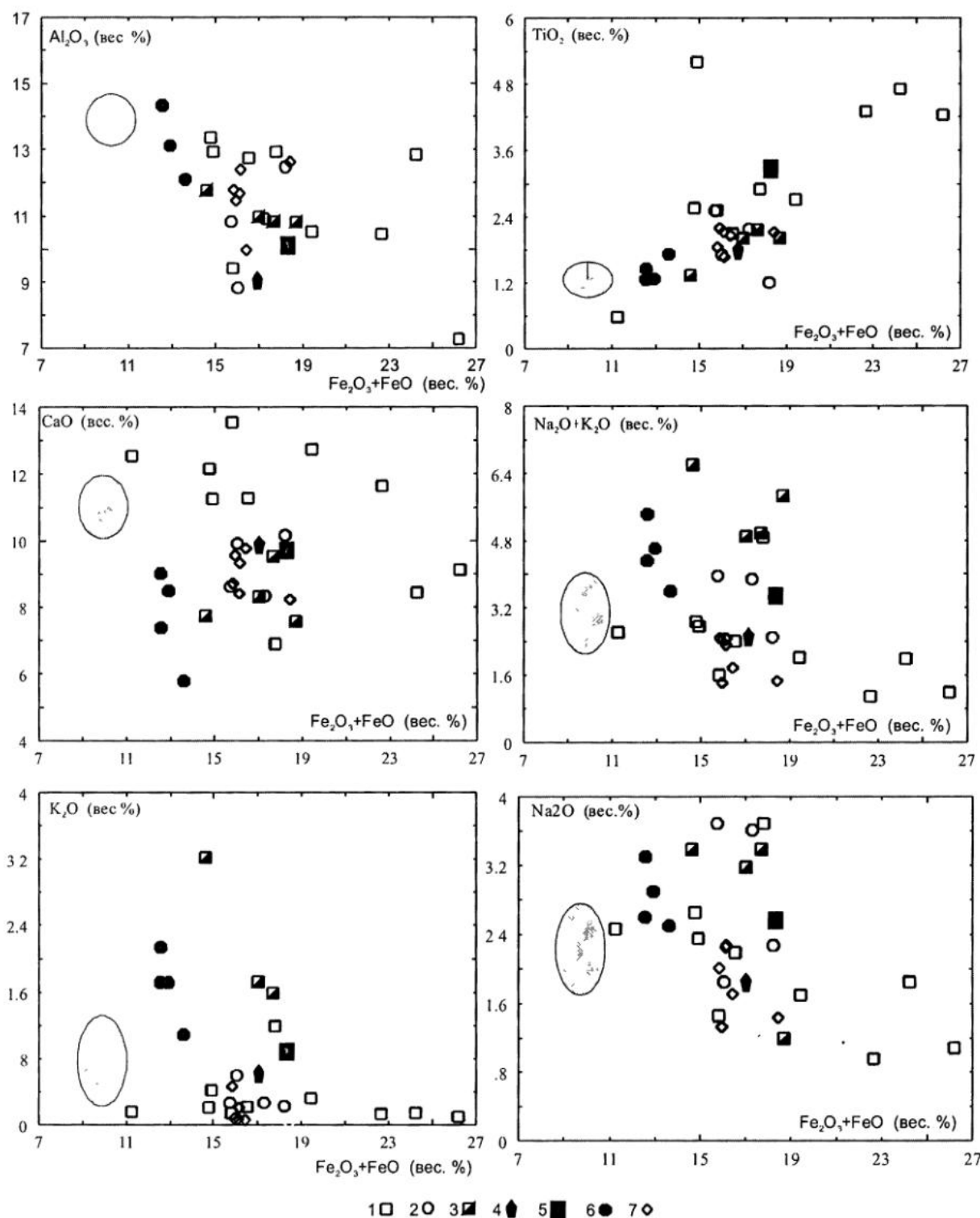


Рис. 2. Распределение петрогенных элементов в среднерифейских магматических породах Башкирского антиклинория.

1 – габброиды Кусинско-Копанской интрузии; 2 – дайки в Кусинско-Копанской интрузии; 3 – амфиболитовые дайки в гранито-гнейсах Губенского массива; 4 – дайки в Бердяушском массиве рапакиви; 5 – дайка в доломитах Медведевского мраморного карьера; 6 – габбро-диабазы Кусинского силла; 7 – машакские базальты [Карстен и др., 1997]. Затененный овал – составы долеритов Марокко [Bertrand et al., 1882], формирование которых авторы связывают с раскрытием Атлантики.

ядрами реликтового клинопироксена, обычны кислый плагиоклаз An_{20-30} в количестве до 20 %, биотит, магнетит. Пологие силлы (ан. 10-13) сложены двупироксеновыми габбро-диабазами с зональным пироксеном, амфиболом и плагиоклазом An_{50-70} , которые сцементированы микропегматитовым мезостазисом, представляющим остаточный расплав. В связи с консервацией остаточного расплава непосредственно в породах явления дифференциации даже в крупных телах проявлены слабо. Примером может служить крупный габбро-диабазовый силл, вскрытый в береговых обрывах реки Ай и в выемке дороги Куса-Медведевка на выезде из Кусы. Образцы 514 и 521, взятые соответственно в краевой и в центральной части силла (рис. 1, табл. 1), обнаруживают близость составов как по петрогенным, так и по редким элементам.

Как в дайках, так и в силлах, хорошо проявлены зоны закалки, ширина которых в крупных телах достигает 10-20 см. Очень характерно интенсивное взаимодействие с вмещающими доломитами. В зоне закалки в породах возрастает содержание Mg и падает $-SiO_2$ (ан. 10) за счет интенсивной хлоритизации, а сами доломиты преобразуются в офиальцит, мощность которого достигает 1 м (рис. 1).

Распределение петрогенных элементов в породах показано на рис. 2. Диаграммы демонстрируют довольно большой разброс составов пород, при этом наибольшим содержанием железа и титана характеризуются габброиды Кусинско-Копанской интрузии, а наименьшим – габбро-диабазы Кусинского силла, содержащие остаточный микропегматит. Можно полагать, что эти вариации состава обусловлены процессом фракционирования единой первичной

магмы (габброиды – кумуляты, габбро-диабазы – базитовые дифференциаты), представление о составе которой дают машакские базальты (рис. 2). Вместе с небольшими по размерам дайками, эти базальты на всех диаграммах располагаются в центральной части роя фигуративных точек. Наибольшим содержанием щелочных металлов отличаются породы кусинского силла и амфиболитовые дайки в гранито-гнейсах Губенского массива. В сравнении с типичными составами даек, формирование которых связано с раскрытием Атлантического океана и которые широко развиты на его западном и восточном берегах, все рассматриваемые магматические породы Башкирского антиклинория обогащены железом и титаном. Эта геохимическая специфика ярко проявляется в среднерифейских магматитах и объясняет наличие железо-титанового оруденения в Кусинско-Копанской интрузии.

Распределение редких, в том числе редкоземельных элементов (табл. 1, рис. 3), во всех среднерифейских базитах сходно. Заметно более

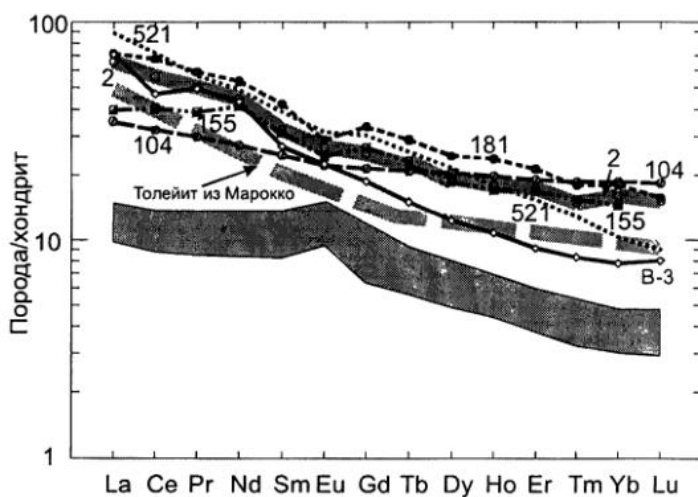
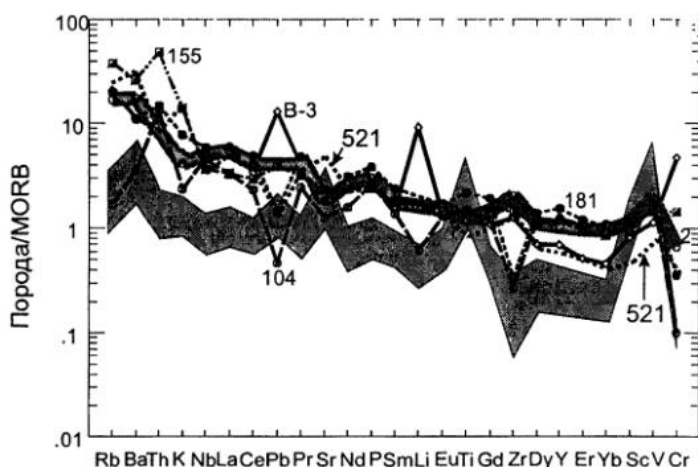


Рис. 3. Нормированное распределение редких и редкоземельных элементов.

Номера соответствуют анализам в табл. 1. Затененный контур – составы габброидов Кусинско-Копанской интрузии; толстая сплошная линия – машакский базальт [Карстен и др., 1997], толстая штриховая линия – средний состав долеритов Марокко [Bertrand et al., 1982].

низким содержанием редких элементов отличаются габброиды Кусинско-Копанской интрузии, которые имеют, кроме того, свойственную кумулятам положительную аномалию Eu. Все жильные породы, также как и машакские базальты, обладают типичными для континентальных толентов трендами распределения. В отличие от палеозойских уральских базитов, они не имеют отрицательной Nb аномалии.

Данные по вещественному составу среднерифейских (?) жильных пород Башкирского антиклинория не оставляют сомнений в их континентальной природе. Вместе с тем, их сходство с базитами, сопровождающими раскрытие Атлантики [Bertrand et al., 1982; Weigand and Ragland, 1970], позволяет предположить, что и рассматриваемые породы связаны с континентальным рифтогенезом, сопровождавшим раскрытие Уральского палеоокеана [Ферштатер, Холоднов, 2003]. Если это так, то средне-позднерифейский Урал следует предположительно рассматривать как западную часть Палеоазиатского океана и начинать океаническую историю Урала не с ордовика, а со среднего рифея.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, коды проектов: р2001 урчел-01-26; НИИ-85.2003.5.

Список литературы

Алексеев А.А. Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М.: Наука, 1984

Горожанин В. М. Первичный изотопный состав стронция в магматических комплексах Южного Урала // Магматизм и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 98-107.

Карстен Л.А., Иванов К.С., Маслов А.В. и др. Природа машакской вулканогенно-осадочной ассо-

циации Башкирского антиклинория: новые геохимические данные // Рифей северной Евразии. Геология. Общие проблемы стратиграфии. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 155-165

Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 147 с.

Краснобаев А.А., Бородин Н.С. Геохимические особенности, генезис и возрастная корреляция рифейских гранитоидов и липаритовых порфиров Златоустовского района (Южный Урал) // Вопросы петрологии гранитоидов Урала. Свердловск: УФАН СССР, 1970. С. 124-153.

Краснобаев А.А., Семихатов М.А. Геохронологическая шкала верхнего протерозоя (рифей и венда) СССР: современное состояние // Методы изотопной геологии и геохронологическая шкала. М.: Наука, 1986. С. 159-183.

Краснобаев А.А., Ферштатер Г.Б., Степанов А.И. и др. Петрология и рубидий-стронциевая геохронология Бердяшского массива рапакиви (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. №1. С. 21-37.

Ферштатер Г.Б., Холоднов В.В. Среднерифейский магматизм Башкирского антиклинория как возможный предвестник раскрытия уральского палеоокеана // Материалы международной конференции «Магматизм на пассивных окраинах Родины». Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2003. С. 7-10.

Эльмис Р., Крупенин М.Т., Богатов В.И., Чаплыгина Н.В. Раннесреднерифейский возраст основной генерации диабазовых даек в нижнерифейских породах района Бакала (Южный Урал). // Материалы 2 Всерос. петр. сов. Т. 4. Сыктывкар: ИГ КомиНЦ УрО РАН, 2000. С. 228-230.

Bertrand H., Dostal J and Dupuy C. Geochemistry of early Mesozoic tholeiites from Marocco//Earth and Planet. Sci. Let. 1982. 58. P. 225-239.

Weigand P.W. and Ragland P.C. Geochemistry of Mesozoic dolerite dikes from eastern North America //Contrib. Mineral. Petrol. 1970 29. P. 195-214.