

УДК 550.42.+551.211

DOI: 10.31040/2222-8349-2019-0-1-107-117

ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАЗАЛЬТОВ ПОГРАНИЧНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА

© А.В. Сначёв, В.И. Сначёв

Кратко рассмотрено геологическое строение пограничной зоны Южного и Среднего Урала (лист N-41-II, Кунашакская площадь). Отмечено, что в его пределах развиты рифейские и палеозойские метаморфические, осадочные и вулканогенные образования, среди которых в городищенской, бичурской свитах, куяшской, самарской, каясанской, саргазинской, межевской, теченской, рудянской, дербишевской, соболевской толщах установлены базальты, представленные преимущественно субщелочными, толеитовыми и известково-щелочными разновидностями.

На диаграммах $al' - TiO_2$, $(Na_2O+K_2O)-TiO_2$ основные эффузивы бичурской свиты попадают в область траппов древних платформ, либо континентальных рифтов; низкотитанистые базальты саргазинской толщи, развитые в верхней части разреза, тяготеют к полю островных дуг, а относительно высокотитанистые (низы разреза) – к полю континентальных рифтов. Вулканы основного состава теченской толщи образуют две области – среди полей срединно-океанических хребтов и островных дуг, а межевской, рудянской и дербишевской толщ четко укладываются в островодужное поле. Базальты соболевской толщи приурочены к полю континентальных рифтов. Большинство анализов городищенской свиты, куяшской, самарской и каясанской толщ укладываются в поле континентальных рифтов.

Установлено, что в верхнерифейско-вендское время образование вулканитов основного состава связано с режимом рассеянного спрединга в пределах древней платформы. В нижнем-среднем ордовике субщелочные базальты континентальной стадии быстро сменяются толеитами фронтальной части островной дуги. В средне-позднеордовикское время в континентально-рифтогенных условиях происходило излияние щелочных и субщелочных базальтов. В раннедевонское время образование основных эффузивов связано с островодужной обстановкой либо задугового спрединга. С позднего девона вплоть до раннего карбона в пределах описываемой территории формировались структурно-вещественные комплексы активных континентальных окраин. В конце раннекаменноугольного времени произошла смена вулканизма на рифтогенно-континентальный. В раннем-среднем триасе развитие завершилось мощными трещинными излияниями платобазальтов, фиксирующих собой Челябинский грабен.

Ключевые слова: пограничная зона, Южный и Средний Урал, петрогеохимия, геодинамика, континентальный рифт, толща, островная дуга.

В пограничной зоне Южного и Среднего Урала в 2008–2010 гг. нами совместно с сотрудниками ОАО «Челябинскгеосъемка» проводились научно-исследовательские и геологосъемочные работы (Кунашакская площадь, лист N-41-II, М 1:200000) [1]. Геологическое строение рассматриваемой территории достаточно сложное, что обусловлено в основном плохой обнаженностью, высокой степенью метаморфизма и тектонической переработки пород (особенно докембрийских) (рис. 1). В ее пределах прослеживается ряд преимущественно субмеридиональных структурно-фациальных и структурно-формационных зон, в которых развиты рифейские, палеозойские и мезозойские метаморфические, осадочные, вулканогенные и интрузивные образования, сформировавшиеся в разных геодинамических обстановках и имеющие различную металлогеническую специализацию.

Наиболее древними из них, по данным геологов ОАО «Челябинскгеосъемка» (Г.В. Кальсина, Б.А. Пужакова, Н.С. Кузнецова), являются нижнепротерозойская аллакинская толща и ильиновский комплекс; сакмарская толща, городищенская свита, куяшская и каясанская толщи рифея. Породы в основном представлены гнейсами, амфиболитами, кристаллическими сланцами, метавулканидами, кварцитами, а также терригенными и карбонатными породами. Образование ордовика-карбона откартированы преимущественно в центральной и западной частях Кунашакской площади. Стратифицированные вулканогенные и осадочные образования триаса слагают опущенный блок Челябинского грабена. Интрузивные массивы занимают около 20–25% площади листа и сложены породами от ультраосновного до кислого состава. Время их внедрения – от среднего ордовика до верхней перми.

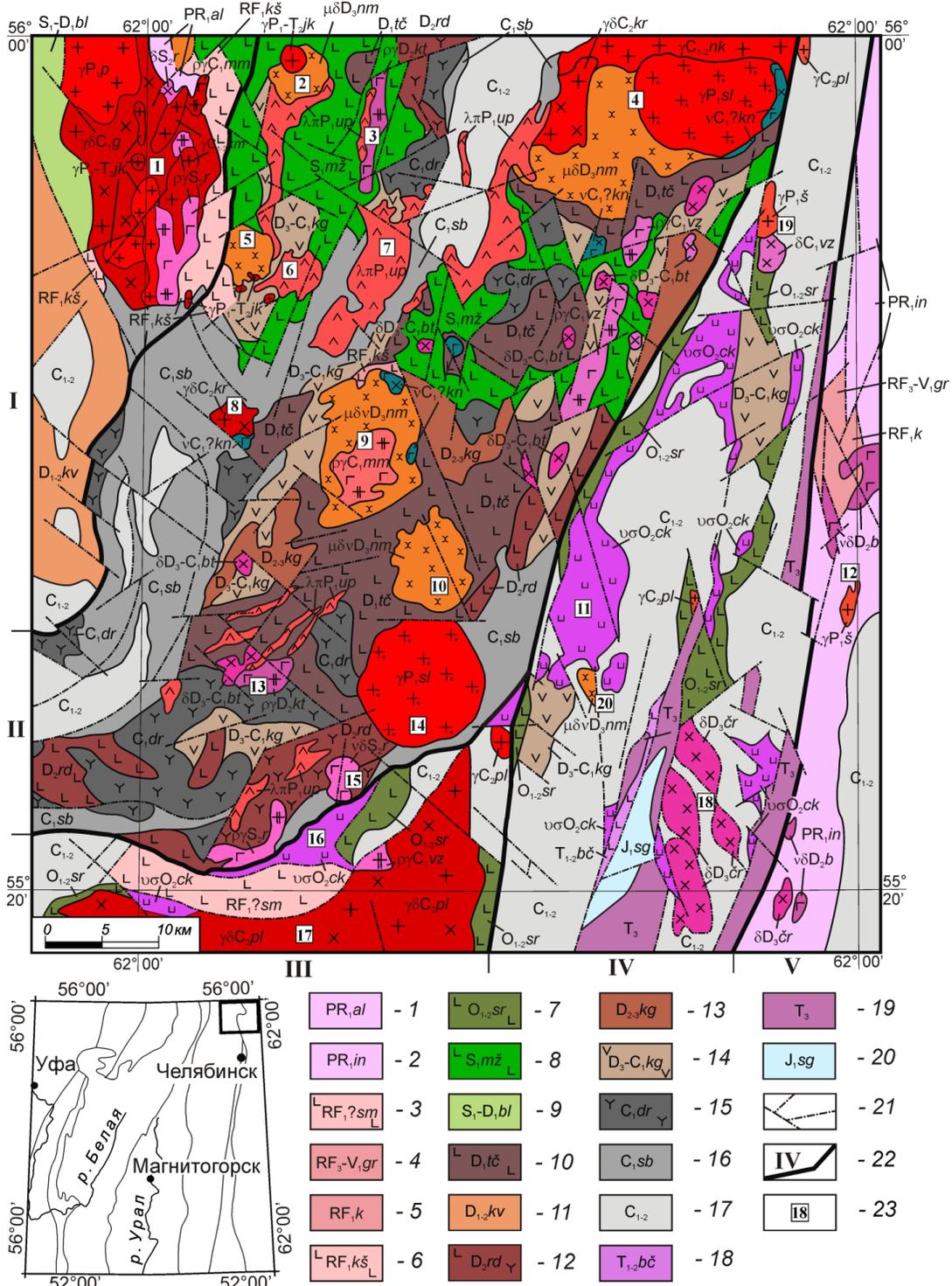


Рис. 1. Схема геологического строения листа N-41-II (составлена на основе отчета Г.В. Кальсина (ОАО «Челябинскгеосъемка»))

Условные обозначения: 1–20 – толщи: 1 – аллакинская толща (плагинейсы биотитовые, амфибол-биотитовые, кварциты), 2 – ильиновский комплекс (гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые; прослои амфиболитов, кварцитов), 3 – самарская толща (филлиты, филлитовидные сланцы), 4 – городищенская свита (сланцы зеленые полевошпат-амфиболовые, метабаазальты, реже прослои графитистых кварцитов), 5 – каясанская толща (сланцы зеленые эпидот-хлорит-амфиболовые, метабаазальты, порфиритоиды, реже амфиболиты), 6 – куяшская толща (кристаллосланцы гранат-биотит-кварц-полевошпатовые, биотит-амфибол-полевошпатовые, амфибол-полевошпатовые; метабаазальты, зеленые сланцы), 7 – саргазинская

толща (базальты, андезибазальты, риолиты, кластолавы базальтов, риодацитов, их туфы), 8 – межевская толща (базальты, дациты, риодациты, риолиты и их туфы; прослой кремнистых туффовитов, углеродисто-кремнистых сланцев), 9 – булатовская толща (углеродисто-кремнистые сланцы, углеродистые кварциты), 10 – теченская толща (базальты, андезибазальты, риодациты, риолиты, их туфы и кластолавы, прослой туфоалевролитов), 11 – кулуевская толща (базальты, реже андезибазальты и андезиты), 12 – рудянская толща (лавы и туфы базальтов афировых и порфириновых, риолитов), 13 – карагайлинская толща (полмиктовые песчаники, конгломераты, алевролиты, реже углеродисто-кремнистые сланцы), 14 – кургинская толща (ксенотуфы, андезибазальты, андезиты, дациты, их туфы), 15 – дербишевская толща (красноцветные ксенотуфы, туфы базальтов, андезибазальтов, андезитов), 16 – соболевская толща (известняки, доломиты, песчаники, алевролиты, прослой базальтов), 17 – терригенно-осадочные отложения нижнего-среднего карбона, нерасчлененные, 18 – бичурская свита (базальты, трахибазальты, трахиандезибазальты, андезибазальты, их туфы, риолиты), 19 – терригенно-осадочные отложения верхнего триаса, нерасчлененные, 20 – сугоякская свита (аргиллиты, песчаники, прослой угля), 21 – разрывные нарушения, 22 – главные структуры и их номера: I – Шилово-Конёвская антиформа, II – Касаргино-Рефтинский синклиниорий, III – Челябинское поднятие, IV – Айбыкульско-Копейская грабен-синклиналь, V – Красногвардейский антиклиниорий; 23 – интрузивные массивы и их номера: 1 – Тюбукский, 2 – Татарско-Карабольский, 3 – Кульмяковский, 4 – Буринско-Карабольский, 5 – Куяшский, 6 – Теренкульский, 7 – Урукульский, 8 – Шарыкульский, 9 – Калдинский, 10 – Надыровомостовский, 11 – Муслумовский, 12 – Ветроудуйский, 13 – Тептяргинский, 14 – Султаевский, 15 – Сарсангинский, 16 – Касаргинский, 17 – Челябинский, 18 – Черкасовская группа массивов, 19 – Кубагушевский, 20 – Сураковский

Вулканогенные породы основного состава, о которых пойдет речь в данной статье, установлены в куяшской (RF₂kš), самарской (RF₁?sm), каясанской (RF₁k) толщах, городищенской свите (RF₃-V₁gr), саргазинской (O₁₋₂sr), межевской (S₁mž), теченской (D₁tč), рудянской (D₂rd), дербишевской (C₁dr), соболевской (C₁sb) толщах и бичурской (T₁₋₂bč) свите. Всего выполнено более 100 силикатных анализов базальтов в лаборатории аналитических исследований Института геологии УНЦ РАН (г. Уфа,

аналитик С.Я. Ягудина), а также 23 – нейтронно-активационных на редкоземельные элементы в АСИЦ ВИМСа (г. Москва) (табл. 1, 2). Кроме того, использованы данные по базальтам, приведенные в отчете Г.В. Кальсина и др. (ОАО «Челябинскгеосъемка»). Учитывая тот факт, что вулканиты основного состава городищенской и бичурской свит рассмотрены нами ранее [2], в данной статье на диаграммах и в таблицах они не приводятся. Обсуждение по ним дано согласно указанной работе.

Т а б л и ц а 1

Химический состав базальтов и их туфов листа N-41-II

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	nnn	Сумма
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	48.72	1.57	15.03	3.42	6.84	0.21	7.39	9.71	2.73	0.77	0.13	2.18	98.70
2	48.94	1.58	19.90	7.65	5.11	0.14	2.26	3.28	4.34	3.04	0.18	2.34	98.76
3	46.92	1.80	16.92	9.12	4.14	0.18	4.51	9.14	2.66	0.84	0.21	2.78	99.22
4	51.44	0.99	17.42	4.88	6.46	0.14	4.54	7.52	3.84	1.12	0.22	2.47	101.04
5	48.38	1.50	12.40	5.88	8.73	0.21	7.67	11.32	0.84	0.09	0.09	2.40	99.51
6	48.00	2.06	13.67	6.89	7.22	0.23	4.78	12.05	2.40	0.16	0.17	2.80	100.43
7	46.76	1.08	16.77	3.11	5.46	0.14	9.15	9.72	2.91	0.54	0.09	3.92	99.65
8	48.10	1.60	14.24	4.37	6.92	0.16	6.86	10.42	3.00	0.12	0.15	3.16	99.10
9	48.86	2.06	13.67	5.11	8.05	0.17	5.38	10.91	2.60	0.18	0.16	2.06	99.21
10	48.30	1.72	13.13	5.51	7.66	0.34	6.29	10.15	3.65	0.14	0.13	2.56	99.58
11	49.19	2.98	12.46	2.03	8.97	0.54	5.74	6.07	3.38	0.09	–	8.26	99.71
12	50.86	1.48	16.11	6.83	5.24	0.20	4.58	6.89	5.31	0.09	0.15	2.26	100.00
13	47.90	0.55	15.85	5.39	5.87	0.18	9.38	9.35	2.12	1.24	0.17	2.06	100.06
14	49.64	0.49	11.49	1.58	6.78	0.11	9.65	10.89	3.27	0.19	0.06	4.91	99.06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	52.48	0.81	17.89	4.83	3.96	0.15	3.97	6.61	4.70	0.64	0.09	2.78	98.91
16	49.56	0.73	12.94	2.24	8.16	0.26	10.61	8.70	1.70	0.22	0.09	2.46	97.67
17	49.64	0.43	14.64	2.97	5.69	0.15	7.33	11.11	2.20	0.82	0.05	3.78	98.81
18	56.33	0.74	13.68	4.57	4.83	0.12	6.13	6.15	3.22	0.27	0.07	2.74	98.85
19	51.64	0.88	15.97	7.33	5.17	0.14	4.78	4.59	6.03	0.33	0.12	2.12	99.10
20	50.72	0.26	12.28	3.12	6.58	0.16	13.95	4.59	2.35	0.26	0.03	4.44	98.74
21	53.76	0.61	15.40	3.01	5.63	0.16	7.59	4.57	3.09	0.50	0.08	4.42	98.82
22	51.43	0.41	16.79	3.51	5.78	0.16	7.84	3.17	5.55	0.53	0.05	3.58	98.80
23	51.14	0.39	12.77	3.35	6.35	0.14	11.95	4.75	3.95	0.22	0.04	3.79	98.84
24	51.48	0.21	11.05	2.52	6.70	0.19	14.87	4.90	2.72	0.10	0.02	4.08	98.84
25	49.76	0.66	17.95	2.79	6.34	0.10	4.43	9.02	3.92	0.51	0.12	3.49	99.09
26	45.23	0.68	14.05	2.42	5.92	0.09	11.02	13.05	1.54	1.43	0.18	0.05	95.66
27	48.56	0.56	11.97	5.78	5.28	0.19	9.72	12.15	1.21	1.33	0.10	1.95	98.80
28	50.40	0.71	14.52	6.96	3.47	0.19	6.87	10.13	2.08	1.00	0.29	2.58	99.20
29	51.73	0.50	12.46	2.57	6.88	0.19	11.20	8.35	2.20	0.51	0.17	1.90	98.66
30	51.68	0.72	15.80	3.40	5.46	0.16	4.00	5.76	4.51	0.67	0.19	6.70	99.05
31	51.94	0.72	17.73	3.86	5.04	0.19	5.59	7.28	4.05	1.58	0.18	0.84	99.00
32	48.70	0.66	13.10	12.16	0.14	0.19	10.52	5.93	2.01	1.58	0.11	3.64	98.74
33	47.90	0.55	15.85	5.39	5.87	0.18	9.38	9.35	2.12	1.24	0.17	2.06	100.06
34	49.64	0.49	11.49	1.58	6.78	0.11	9.65	10.89	3.27	0.19	0.11	4.91	99.11
35	52.48	0.81	17.89	4.83	3.96	0.15	3.97	6.61	4.70	0.64	0.10	2.78	98.92
36	52.70	0.80	18.70	6.14	2.05	0.10	3.50	8.21	4.00	0.73	0.20	3.32	100.45
37	48.83	0.50	13.47	3.89	6.60	0.28	9.40	10.93	2.03	1.06	0.09	2.32	99.40
38	52.42	0.65	12.62	2.57	7.70	0.21	8.80	8.65	1.59	2.16	0.13	1.62	99.12
39	51.70	0.30	10.27	3.52	6.07	0.16	12.75	8.90	2.91	0.47	0.11	2.02	99.18
40	49.42	0.57	15.48	4.32	6.74	0.18	5.80	10.65	3.00	0.79	0.25	2.18	99.38
41	52.70	0.80	18.70	6.14	2.05	0.10	3.50	8.21	4.00	0.73	0.20	3.32	100.45
42	51.12	0.55	11.41	3.37	6.89	0.22	8.60	11.52	1.42	2.14	0.26	1.52	99.02
43	47.00	0.60	12.70	3.00	6.96	0.18	6.10	4.60	4.20	0.50	0.12	2.50	88.46
44	45.20	0.57	17.60	4.20	4.41	0.15	6.20	9.70	3.80	0.40	0.15	2.56	94.94
45	50.00	1.20	15.02	6.23	4.25	0.14	11.40	9.05	1.20	0.13	0.13	2.18	100.93
46	44.85	1.32	19.88	3.07	8.90	0.17	6.83	6.59	2.94	0.92	0.12	3.89	99.48
47	47.97	0.98	17.02	8.96	6.96	0.20	8.39	8.78	3.06	0.18	0.29	2.26	105.05
48	50.53	1.37	16.12	4.37	7.18	0.17	7.11	5.83	3.34	0.60	0.19	3.50	100.31
49	47.84	1.05	18.31	1.35	11.34	0.12	8.27	5.44	3.68	0.60	0.19	1.76	99.95
50	50.08	1.68	16.01	4.79	7.87	0.21	4.71	7.27	3.70	0.44	0.18	2.14	99.08
51	49.00	0.86	15.20	7.20	5.03	0.14	9.04	5.21	3.88	0.10	0.25	4.15	100.06
52	51.22	1.22	15.50	5.90	5.07	0.12	3.77	11.82	3.84	0.32	0.18	1.26	100.22
53	50.80	1.17	16.65	2.46	6.39	0.12	5.75	7.70	4.36	0.80	0.15	2.94	99.29
54	49.11	1.47	15.00	6.87	6.80	0.21	5.08	8.44	4.00	0.60	0.16	1.82	99.56
55	48.60	1.70	16.43	5.15	8.02	0.23	5.08	6.40	3.80	0.60	0.21	2.92	99.14
56	48.85	1.92	12.66	5.52	6.45	0.20	5.05	10.72	4.50	0.20	0.20	3.40	99.67
57	49.99	1.67	13.77	3.42	8.19	0.31	7.26	8.45	3.89	0.36	0.16	1.80	99.27
58	46.26	1.03	14.76	2.56	6.34	0.12	9.37	11.09	2.38	1.37	0.21	0.04	95.53
59	52.90	0.95	16.76	2.97	8.14	0.18	5.10	1.92	4.89	1.22	0.20	2.50	97.73
60	49.57	0.86	18.42	2.78	6.18	0.10	9.62	4.69	4.00	0.79	0.10	2.06	99.17
61	48.56	1.27	15.00	3.51	6.89	0.19	7.70	10.13	2.88	0.75	0.10	1.66	98.64
62	49.99	2.90	12.76	5.47	11.38	0.29	5.27	7.52	2.33	0.50	0.18	0.40	98.99
63	49.52	1.25	15.82	3.36	7.03	0.18	7.43	10.65	2.86	0.48	0.10	1.58	100.26
64	48.00	2.06	13.67	6.89	7.22	0.23	4.78	12.05	2.40	0.16	0.17	2.80	100.43
65	50.56	0.94	15.50	5.28	6.23	0.19	3.60	6.34	4.69	1.49	0.46	3.82	99.10
66	49.62	1.66	15.45	5.43	5.47	0.23	6.67	8.85	2.24	0.22	0.15	3.34	99.33

Окончание табл. 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
67	49.00	1.12	14.94	3.58	4.33	0.12	12.10	2.00	3.74	0.70	0.64	6.44	98.71
68	49.20	0.76	17.59	4.01	6.11	0.19	4.64	9.80	4.00	–	0.16	4.22	100.68
69	50.28	0.72	18.41	3.01	6.47	0.10	6.48	5.03	4.48	1.08	0.14	4.30	100.50
70	47.56	0.84	21.00	3.65	5.10	0.16	4.60	8.18	4.00	0.92	0.12	4.06	100.19
71	46.00	0.94	21.19	3.01	5.75	0.16	5.82	6.85	3.50	2.52	0.30	4.52	100.56
72	48.57	0.60	21.42	9.41	2.55	0.18	4.87	2.90	3.82	1.88	0.04	3.74	99.98
73	50.46	0.48	17.93	7.12	2.87	0.14	2.83	9.94	2.48	1.00	0.04	4.22	99.51
74	48.96	0.79	19.52	3.48	8.18	0.31	5.27	2.52	6.00	0.36	0.11	4.08	99.58
75	51.90	0.44	19.61	6.74	1.45	0.10	1.27	6.46	6.00	2.00	0.10	4.46	100.53
76	52.56	0.91	19.30	3.26	3.96	0.09	6.82	2.14	4.80	1.50	0.34	2.88	98.56
77	50.63	0.81	17.55	2.32	6.23	0.18	4.80	7.39	4.60	1.10	0.09	3.74	99.44
78	43.92	0.38	15.94	3.21	4.43	0.12	6.24	9.26	2.72	0.10	0.11	1.90	88.33
79	51.43	0.67	15.94	0.87	8.14	0.18	9.05	6.94	3.24	0.48	0.08	2.70	99.72
80	47.93	0.64	15.69	5.88	5.02	0.12	6.53	14.60	2.00	0.10	0.08	1.42	100.01
81	50.36	0.25	8.96	1.41	6.75	0.17	17.82	9.50	1.20	0.16	0.04	3.18	99.80
82	53.97	0.38	16.13	4.91	4.27	0.18	7.03	9.35	1.32	0.90	0.06	1.98	100.48
83	49.27	0.44	16.63	3.24	6.43	0.32	6.63	7.94	4.00	0.10	0.06	4.08	99.14
84	48.76	0.82	17.92	5.59	5.04	0.11	8.99	3.05	5.00	0.02	0.10	5.12	100.52
85	46.70	0.26	10.27	3.17	6.12	0.21	17.48	9.67	1.35	0.22	0.04	5.02	100.51
86	43.08	0.20	15.03	4.61	1.43	0.12	15.40	14.90	1.17	0.16	0.02	4.08	100.20
87	50.81	0.65	15.33	3.20	6.23	0.20	6.31	10.57	3.40	1.26	0.02	1.34	99.32
88	50.02	0.70	13.65	3.07	6.29	0.12	10.46	7.48	3.95	0.25	–	4.25	100.24
89	49.08	0.80	17.55	3.43	6.05	0.15	9.53	5.71	3.02	0.33	0.06	4.79	100.50
90	45.79	0.78	12.72	5.50	6.90	0.45	7.98	7.29	2.05	0.39	0.40	4.58	94.83
91	46.88	0.65	16.37	3.42	6.13	0.18	9.76	12.52	1.50	0.50	–	4.65	102.56
92	48.78	0.69	14.19	3.51	5.18	0.16	7.48	7.28	3.80	0.14	0.15	7.30	98.66
93	51.58	0.75	19.59	2.66	7.23	0.20	6.19	4.53	2.12	0.54	0.24	4.36	99.99
94	48.63	0.76	19.61	4.23	5.83	0.14	4.59	7.66	4.00	0.72	0.30	3.10	99.57
95	49.00	0.77	17.20	4.73	5.72	0.20	6.83	0.59	4.40	1.69	0.19	1.90	93.22
96	45.68	0.71	17.67	4.93	4.12	0.24	5.26	14.49	2.91	0.78	0.26	2.44	99.49
97	48.69	0.77	17.33	3.75	7.61	0.23	5.88	9.51	3.59	0.88	0.22	0.88	99.34
98	52.00	0.78	20.40	3.10	5.00	0.08	6.20	2.30	2.90	2.00	0.20	–	94.96
99	49.74	0.74	17.87	5.16	3.58	0.13	4.29	10.47	4.56	0.13	0.13	3.20	100.00
100	50.99	0.81	17.67	3.89	5.18	0.21	6.15	6.42	3.68	0.75	0.19	2.76	98.70
101	46.87	0.85	17.37	6.90	7.09	0.36	5.84	2.28	4.88	0.62	0.19	5.70	98.95
102	50.00	0.73	17.93	3.93	4.34	0.18	6.40	7.49	3.85	0.87	0.17	3.24	99.13
103	46.72	0.96	16.84	5.57	4.24	0.20	6.68	6.08	2.88	0.61	0.21	8.44	99.43
104	50.26	1.13	18.70	5.43	4.54	0.20	4.00	5.61	5.60	0.28	0.27	3.40	99.42
105	48.42	0.94	19.97	4.22	5.80	0.21	4.00	4.90	4.89	0.74	0.22	4.36	98.67
106	48.40	1.80	16.22	7.66	4.82	0.18	5.20	5.47	5.08	0.10	0.41	3.60	98.94
107	43.98	0.79	17.64	3.41	4.54	0.27	6.40	11.81	1.71	1.58	0.17	6.56	98.86
108	49.00	0.88	15.08	6.96	4.17	0.13	9.63	7.59	2.51	1.33	0.18	3.24	100.70
109	45.23	0.68	14.05	2.42	5.92	0.09	11.02	13.05	1.54	1.43	0.18	4.20	99.81
110	47.42	0.71	19.49	3.04	5.47	0.13	6.60	7.49	4.08	1.58	0.17	2.90	99.08
111	49.64	1.40	14.50	1.06	5.96	0.13	6.71	6.06	4.58	0.39	0.75	7.50	98.68
112	49.54	1.36	14.30	1.25	5.88	0.11	6.46	5.85	4.79	0.41	0.81	8.44	99.20
113	49.87	1.36	14.77	1.30	6.10	0.14	6.36	5.56	4.53	0.44	0.79	7.76	98.98
114	49.50	1.29	14.67	2.62	5.90	0.13	5.36	5.12	5.07	0.78	0.73	8.56	99.73

Примечание. Толщи 1–3 – куяшская, 4–10 – самарская, 11–12 – каясанская, 13–24 – саргазинская, 25–44 – вулканогенная, 45–76 – теченская: 45–67 – базальты, 68–76 – высокоглиноземистые базальты; 77–92 – касаргинская, 93–110 – дербишевская, 111–114 – соболевская.

Содержание РЗ Э в базальтах и их туфах листа N-41-II (г/т)

№ п/п	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Cd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1	10.90	27.30	3.98	20.50	6.89	2.32	9.69	1.50	8.85	1.96	5.48	0.80	4.47	0.70
2	1.13	4.75	1.24	10.00	5.85	2.20	8.80	1.35	8.00	1.80	5.07	0.74	4.28	0.67
3	8.96	19.00	2.47	10.80	3.16	0.78	4.41	0.65	4.01	0.89	2.50	0.38	1.94	0.35
4	7.98	21.70	3.48	19.00	6.88	3.21	10.10	1.68	10.00	2.28	6.82	1.05	5.98	1.03
5	0.12	0.74	0.28	3.61	3.18	1.41	4.80	0.72	4.47	1.00	2.75	0.43	2.23	0.38
6	1.02	3.68	0.77	5.89	2.65	1.36	4.21	0.63	3.88	0.85	2.47	0.38	1.92	0.35
7	3.81	11.90	2.04	11.80	4.70	1.45	7.40	1.20	7.58	1.81	5.32	0.83	4.91	0.87
8	1.62	5.10	0.96	6.19	2.50	0.33	3.70	0.54	2.97	0.63	1.70	0.24	1.27	0.20
9	12.90	26.90	3.20	13.00	3.62	1.39	4.57	0.67	4.00	0.83	2.26	0.34	1.72	0.28
10	21.90	39.70	4.18	15.00	3.72	1.19	4.31	0.61	3.30	0.68	1.78	0.24	1.22	0.18
11	16.90	32.40	3.50	13.10	3.29	1.13	4.00	0.57	3.09	0.65	1.74	0.24	1.24	0.19
12	2.79	8.60	1.44	7.90	3.00	0.29	4.60	0.70	4.33	0.99	2.73	0.42	2.21	0.39
13	52.10	92.20	9.23	33.20	7.77	1.93	7.00	0.89	4.42	0.81	1.87	0.23	1.04	0.14
14	79.00	133.00	12.30	43.00	9.59	2.56	8.30	1.03	5.00	0.94	2.14	0.27	1.17	0.16
15	9.71	22.60	3.11	14.40	4.42	1.14	6.50	1.03	6.32	1.48	4.31	0.63	3.76	0.62
16	15.30	32.50	3.92	17.00	4.62	1.46	6.91	1.12	7.00	1.64	4.79	0.72	4.32	0.70
17	18.00	35.70	4.32	18.60	4.97	1.66	7.42	1.20	7.41	1.72	5.00	0.74	4.47	0.71
18	9.96	22.40	2.99	13.50	3.99	2.07	5.75	0.90	5.48	1.27	3.70	0.56	3.22	0.54
19	30.10	49.00	4.68	14.80	3.23	1.04	4.00	0.58	3.20	0.68	1.83	0.26	1.35	0.22
20	2.46	8.00	1.46	8.99	3.67	1.16	5.70	0.88	5.24	1.21	3.48	0.52	2.90	0.49
21	6.78	14.30	1.76	7.33	2.14	1.28	2.90	0.46	2.75	0.63	1.79	0.27	1.51	0.26
22	3.77	9.58	1.38	6.51	2.12	1.06	2.81	0.43	2.58	0.54	1.50	0.22	1.23	0.20
23	36.20	64.70	6.65	22.70	5.21	1.06	6.10	0.90	5.21	1.17	3.15	0.46	2.49	0.40

Примечание. Толщи 1–7 – теченская, 8–11 – дербишевская, 12 – каясанская, 13, 14 – соболевская, 15–23 – вулканогенная.

Изученные базальты пограничной зоны Южного и Среднего Урала, как это следует из рис. 2, 3, представлены субщелочными, толеитовыми и известково-щелочными разновидностями. При этом в составе куяшской, самарской, каясанской, теченской, дербишевской и соболевской толщ, городищенской свиты в подавляющем большинстве развиты субщелочные базальты (рис. 2, А; 3, Б). Среди вулканитов саргазинской, межевской, рудянской толщ приблизительно в равных соотношениях представлены с одной стороны субщелочные разновидности, а с другой – нерасчлененные толеитовые и известково-щелочные. Лишь среди основных эффузивов бичурской свиты не отмечено субщелочных разновидностей, все они располагаются близ линии Мияширо.

Анализ диаграмм 2Б и 3Б показывает, что базальты саргазинской толщи относятся к известково-щелочной серии, а рудянской и ме-

жевской толщ в равной мере представлены образованиями как толеитовой, так и известково-щелочной серии.

Составы рассматриваемых основных эффузивов на диаграмме $al'-TiO_2$, где $al'=Al_2O_3 / (FeO+Fe_2O_3+MgO)$, легли следующим образом (рис. 4, А, Б). Метабазальты куяшской, самарской, каясанской толщ и городищенской свиты располагаются в области эпиплатформенных континентальных рифтов, хотя для некоторых из них ввиду небольшого количества анализов, этот вывод можно считать предположительным. Ордовикские низкотитанистые базальты саргазинской толщи попадают в область перекрытия полей срединно-океанических хребтов и островных дуг, либо в пределы последних. Вместе с тем следует отметить, что на соседнем с юга Троицком листе (N-41-XIV) [2] в основании саргазинской толщи отмечены высокотитанистые базальты, образующие компактную область в поле

континентальных рифтов. Интересная картина наблюдается и для основных вулканитов теченской толщи – относительно высокотитанистые их разновидности (табл. 1) укладываются в поля срединно-океанических хребтов и в область их пересечения с полем островных дуг, а высокоглиноземистые – четко относятся к островодужным (рис. 4, А). Базальты сразу трех толщ: межевской, рудянской и дербишевской образуют единую компактную область среди островодужных вулканитов. И только породы соболевской толщи тяготеют к образованиям, формирование которых связано с континентально-рифтогенной обстановкой. Довольно компактное поле, обособленное от других, занимают триасовые базальты бичурской свиты, которые попадают в

область траппов древних платформ, либо континентальных рифтов [2].

Составы базальтов бичурской свиты на диаграмме $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{TiO}_2$, также как и на предыдущей, близки к полю континентальных рифтов и траппов. Породы куяшской, самарской, каясанской толщ и городищенской свиты укладываются в объединенное поле эпиплатформенных и эпиорогенных континентальных рифтов (рис. 5, А), также повторяя диаграмму $\text{TiO}_2\text{-al}'$. Подобная закономерность характерна и для основных эффузивов саргазинской, межевской, рудянской и дербишевской толщ (рис. 5, А, Б). Большинство анализов соболевской толщи приурочены к нижней границе континентальных рифтов.

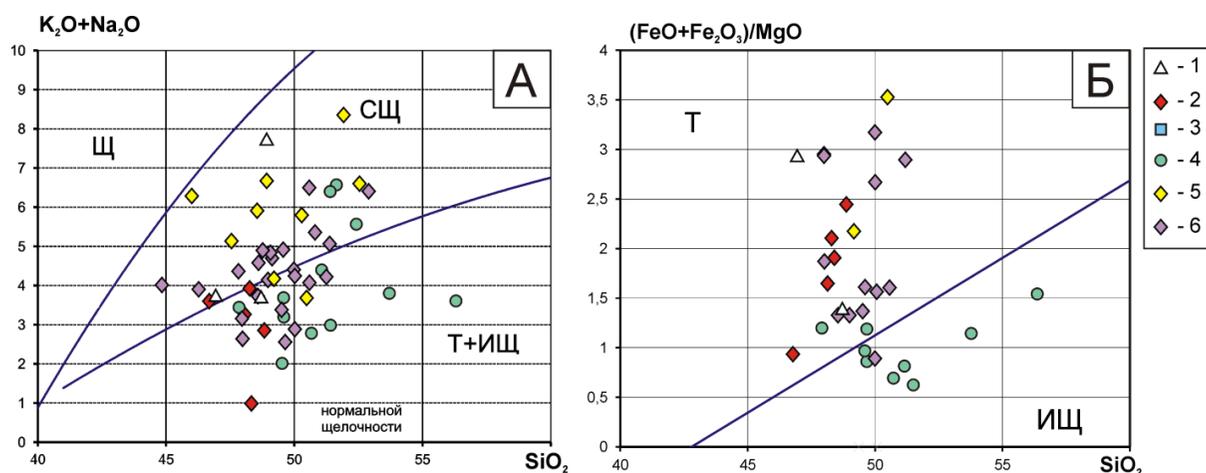


Рис. 2. Диаграммы $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ (А) и $\text{SiO}_2 - (\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{MgO}$ (Б) для базальтов Кунашакской площади

Условные обозначения: 1–6 – толщи: 1 – куяшская, 2 – самарская, 3 – каясанская, 4 – саргазинская, 5, 6 – теченская; 5 – базальты, 6 – высокоглиноземистые базальты

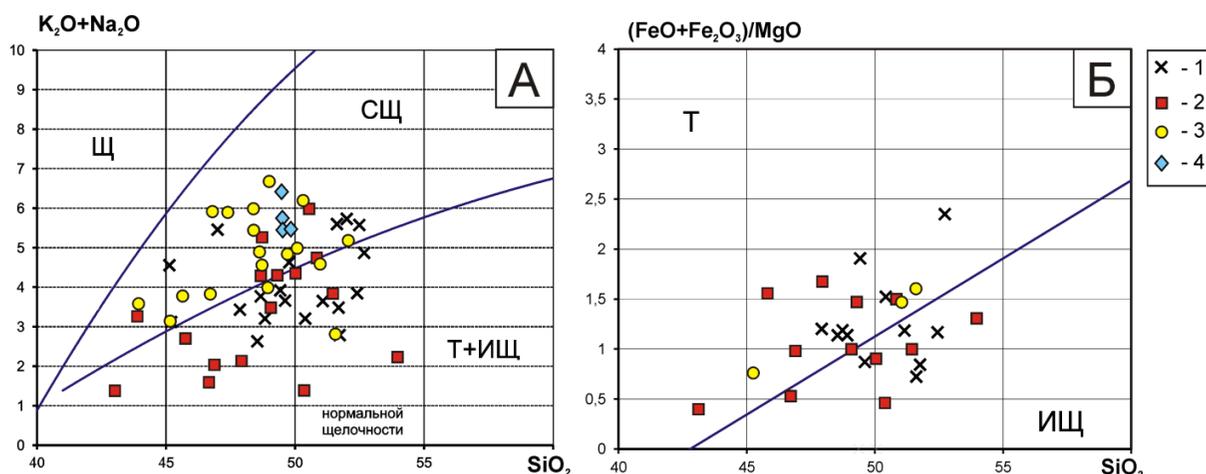


Рис. 3. Диаграммы $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ (А) и $\text{SiO}_2 - (\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{MgO}$ (Б) для базальтов Кунашакской площади

Условные обозначения: 1–4 – толщи: 1 – межевская, 2 – рудянская, 3 – дербишевская, 4 – соболевская

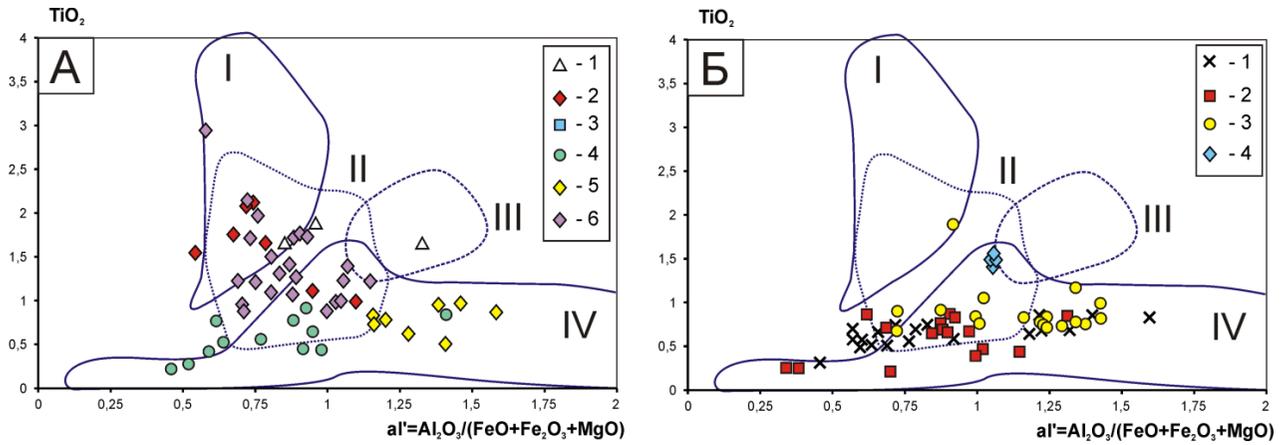


Рис. 4. Диаграмма $al' - TiO_2$ для базальтов Кунашакской площади
 Условные обозначения: **А.** 1–6 – толщи: 1 – куяшская, 2 – самарская, 3 – каясанская, 4 – саргазинская, 5, 6 – теченская: 5 – базальты, 6 – высокоглинозёмистые базальты. **Б.** 1–4 – толщи: 1 – межевская, 2 – рудянская, 3 – дербишевская, 4 – соболевская.
 Поля составов базальтов по [3]: I – эпиплатформенных континентальных рифтов, II – срединно-океанических хребтов, III – эпипорогенных континентальных рифтов, IV – островных дуг

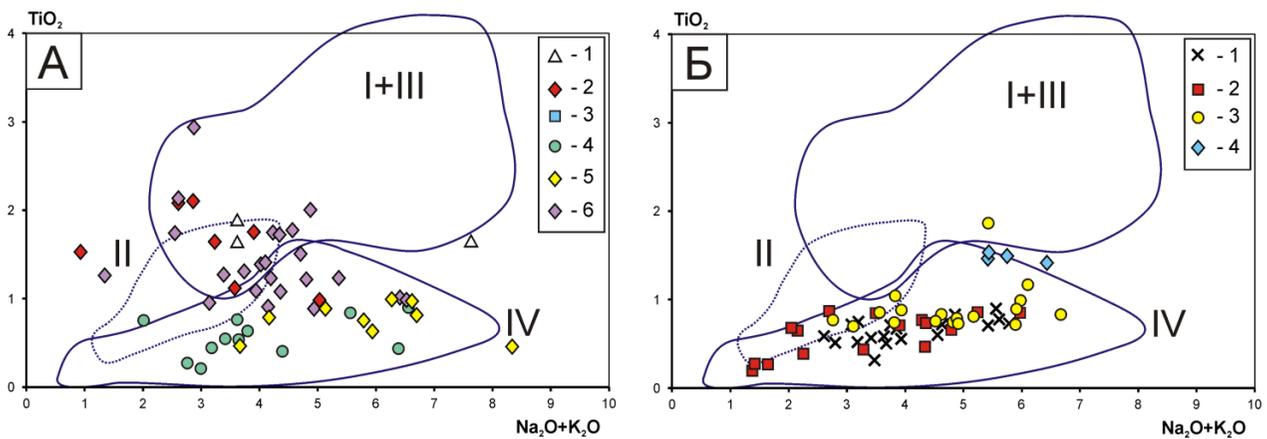


Рис. 5. Диаграмма $(Na_2O + K_2O) - TiO_2$ для базальтов Кунашакской площади (условные обозначения см. на рис. 4)

Обратимся к рассмотрению редкоземельных элементов (рис. 6, табл. 2). В изученных базальтах наблюдаются довольно широкие их вариации и спектры распределения. Из всей выборки резко выделяются базальты бичурской свиты и соболевской толщи: для них характерна максимальная степень дифференциации концентраций легких и тяжелых РЗЭ. Нормированные к хондриту [3] содержания лантана (La_N) составляют в них соответственно 105–170 и 156–235 ед., а значения Lu_N почти во всех пробах около 18 и 8 ед. (тип E-MORB). Из всех базальтов, рассмотренных выше, минимальными содержаниями РЗЭ отличаются породы саргазинской толщи [2], для которых характерен тип N-MORB при $La_N = 0.3-5.0$ ед., $Lu_N = 1-20$ ед. Исключение составляют субщелочные и ще-

лочные базальты низов разреза, в которых распределение РЗЭ в точности повторяют таковые средне-верхнеордовикской увельской свиты, образование которой связывается с континентальным рифтогенезом [4]. Основные породы городищенской свиты образуют спектр РЗЭ, нормированных к хондриту, параллельный горизонтальной оси на уровне 10–20 ед. (промежуточный тип распределения между N-MORB и E-MORB, где $La/La_N \approx Sm/Sm_N \approx Lu/Lu_N$) [2]. И лишь в одной её пробе спектр рассматриваемых элементов подобен бичурской свите и соболевской толще (E-MORB). Спектр распределения РЗЭ, сходный с типом E-MORB, имеют и базальты некоторых проб из основания разреза дербишевской и межевской толщ. Среди теченских базальтов отмечены два типа распределе-

ния: N-MORB и промежуточный между ними E-MORB и N-MORB, для каясанских – N-MORB.

Таким образом, анализ результатов петрогеохимических исследований базальтов пограничной зоны Южного и Среднего Урала позволил с определенной долей вероятности предположить следующую историю ее формирования в рифей-триасовое время, которая в дальнейшем будет уточнена и дополнена на основе привлечения данных по осадочным и интрузивным породам.

Вулканиды основного состава городищенской свиты, куяшской, сакмарской, каясанской толщ по большинству петрохимических параметров относятся к континентально-рифтогенным и их образование в верхнерифейско-вендовское время, по-видимому, связано с режимом рассеянного спрединга в пределах древней платформы.

Как было показано в 80-е годы прошедшего столетия, на востоке Урала отмечались и грабеновые ордовикские фации [5], тяготеющие преимущественно к Восточно-Уральской мегазоне и Зауральскому поднятию, что связано с

развитием здесь реликтов протерозойской коры, хотя и более молодой, судя по изотопным данным [6]. Тем не менее в последнее время появились утверждения об отсутствии ордовикских рифтовых комплексов на востоке Урала [7].

Проведенное нами изучение петрогеохимических особенностей базальтов восточных зон Урала позволило, с одной стороны, показать ошибочность этого утверждения, а с другой – уточнить уже высказанные ранее предположения.

Вулканиды, развитые в пределах Восточно-Уральского поднятия, подтверждают представление о наличии под ними континентального основания и могут рассматриваться как элементы ордовикских грабеновых комплексов [4]. На Зауральском поднятии [8], расположенном восточнее его, показательна эволюция состава вулканидов саргазинской толщи. В нижнем-среднем ордовике инициальные субщелочные базальты континентальной стадии здесь последовательно и довольно быстро сменяются вначале относительно высокотитанистыми толеитами, а затем мощной толщей низкотитанистых толеитов фронтальной части островной дуги,

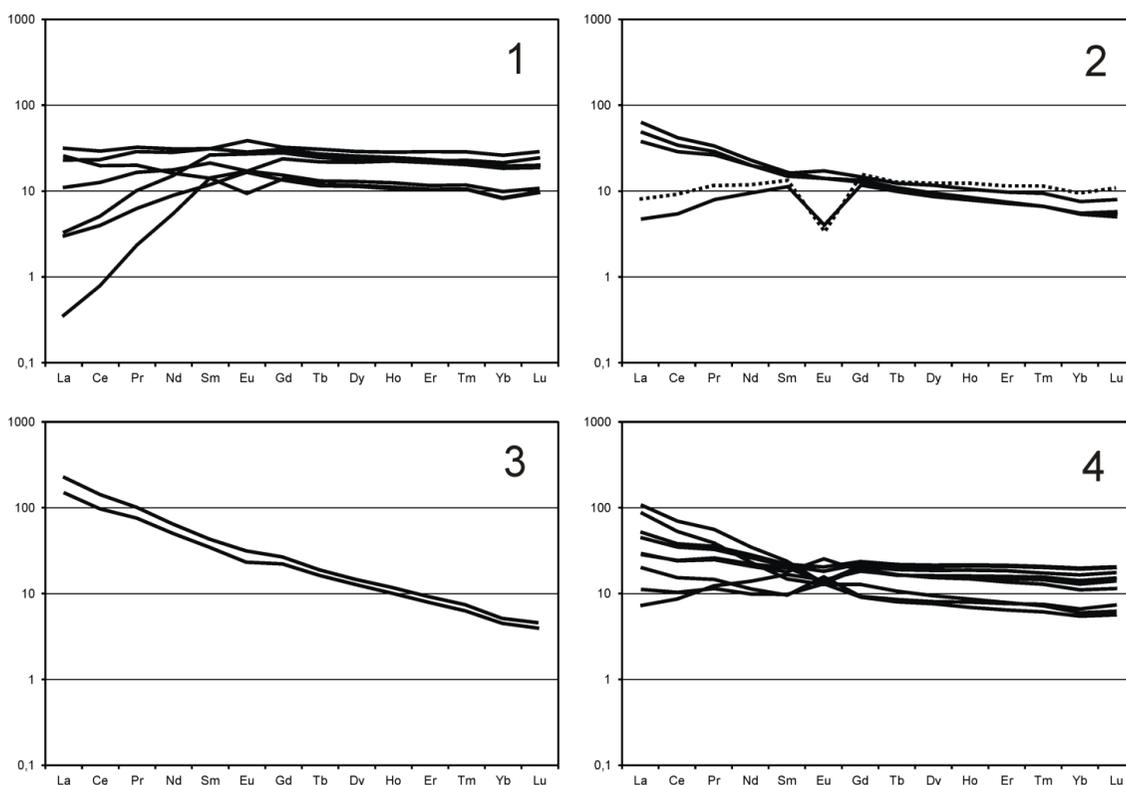


Рис. 6. Распределение редкоземельных элементов в базальтах Кунашакской площади, нормированных к хондриту [2]

Условные обозначения: 1–4 – толщ: 1 – теченская, 2 – дербишевская и каясанская (пунктир), 3 – соболевская, 4 – межевская

что знаменует смену режима растяжения – сжатием на рубеже среднего и верхнего ордовика (саргазинская толща). В средне-верхнеордовикское время происходило излияние щелочных и субщелочных базальтов (межевская толща, увельская свита) [2]. Как видим, присутствие в пределах Зауральского микроконтинента именно ордовикских рифтовых комплексов достаточно обосновано. С раннего силура до раннего девона на описываемой территории устанавливается перерыв в осадконакоплении, а магматическая активность не проявлена. Накопление осадочных образований, вероятно, впоследствии частично размытых, в этот период могло происходить на склоне пассивной окраины континента. В это время на Кунашакской площади формировалась черносланцевая формация с серией проявлений золота, что характерно для всего Южного Урала [9–11].

В раннем девоне на западных окраинах Азиатского палеоконтинента произошло заложение зон субдукции восточного падения и формирование первых структурно-вещественных комплексов активных континентальных окраин (островных дуг на континентальном основании). На площади работ геодинамическая обстановка этого времени фиксируется наличием образований непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации (теченской толщи). Базальты толщи совмещают в себе признаки обстановок срединно-океанических хребтов и островных дуг. Не исключено, что вулканы теченской толщи являются продуктами зон спрединга задугового бассейна, а рудянской – типичных островных дуг.

С позднего девона и вплоть до раннего карбона в пределах описываемой территории формировались структурно-вещественные комплексы активных континентальных окраин андийского типа (дербишевская толща). И только в конце раннекаменноугольного времени здесь проявился вулканизм рифтогенно-континентального типа (соболевская толща).

В посторогенный этап Восточно-Уральская мегазона и Зауральское поднятие развивались в платформенных условиях. Орогенез сменился процессами растяжения, что привело к образованию разнонаправленных тектонических нарушений, локальных раздвигов, грабенов и трогов. В ранне-среднем триасе деструкция палеозойского фундамента сопровождалась траппообразованием. Восточная часть территории была охвачена мощными трещинными излияния-

ми платобазальтов (бичурская свита), сопровождавшимися проявлениями и внутриплитного габбро-долеритового и лампрофирового магматизма.

Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме № 0246-2019-0078.

Литература

1. Сначёв А.В., Сначёв В.И. Прогнозные ресурсы золота в углеродистых отложениях городищенской свиты (Зауральское поднятие) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2016. № 4. С. 88–93.
2. Сначёв В.И. Петрогеохимические особенности и палеогеодинамические условия формирования базальтов Зауральского поднятия (Южный Урал) // Вестник АН РБ. 2018. Т. 26, № 1. С. 48–56.
3. Башалов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука. 1976. 267 с.
4. Савельев Д.Е., Сначёв А.В., Пучков В.Н., Сначёв В.И. Петрогеохимические и геодинамические особенности формирования ордовикско-раннесилурских базальтов восточного склона Южного Урала // Геологический сборник. 2006. № 5. С. 85–104.
5. Ключина М.Л. Палеогеография Урала в ордовикском периоде. М.: Наука. 1985. 189 с.
6. Шатагин К.Н., Астраханцев О.В., Дегтярев К.Е. Sr-Nd изотопная систематика позднепалеозойских гранитоидов Южного Урала: предварительные данные // XV Симпозиум по геохимии изотопов им. академика А.П. Виноградова. М., 1998. С. 328.
7. Самыгин С.Г., Руженцев В.С. Уральский палеоокеан: модель унаследованного развития // Доклады АН. 2003. Т. 392, № 2. С. 226–229.
8. Сначёв В.И., Муркин В.П. Новые данные по магматизму, метаморфизму и металлогении Кочкарской площади (Южный Урал): препринт. Уфа, 1989. 23 с.
9. Рыкус М.В., Сначёв В.И., Кузнецов Н.С., Савельев Д.Е., Бажин Е.А., Сначёв А.В. Рудоносность дунит-гарцбургитовой и черносланцевой формаций пограничной зоны между Южным и Средним Уралом // Нефтегазовое дело. 2007. Т. 7, № 2. С. 17–27.
10. Сначёв А.В., Кузнецов Н.С., Сначёв В.И. Черноозерское проявление золота – первый объект на Южном Урале в углеродистых отложениях офиолитовой ассоциации // Доклады Академии наук. 2011. Т. 439, № 1. С. 83–85.
11. Сначёв В.И., Сначёв А.В. Закономерности размещения золоторудных проявлений в углеродистых отложениях Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал) // Вестник ВГУ, серия: геология. 2014. № 2. С. 79–87.

References

1. Snachev A.V., Snachev V.I. Predicted resources of gold in carbon deposits of the Horodyschenskaya suite (Zauralsky uplift) // *Izvestiya UNC RAN*. 2016, № 4, S. 88-93.
2. Snachev V.I. Petrogeochemical features and paleogeodynamic conditions for the formation of basalts of the Zauralsky uplift (South Urals) // *Vestnik AN RB*. 2018, T.26. № 1. S. 48-56.
3. Bashalov Yu.A. Geochemistry of rare earth elements. M.: Nauka. 1976. 267 s.
4. Saveliev D.E., Snachev A.V., Puchkov V.N., Snachev V.I. Petrogeochemical and geodynamic features of the formation of the Ordovician-Early-Silurian basalts of the eastern slope of the Southern Urals // *Geologicheskij sbornik*. 2006. № 5. S. 85-104.
5. Klyuzhina M.L. Ural Paleogeography in the Ordovician Period. M.: Nauka. 1985. 189 s.
6. Shatagin K.N., Astraxancev O.V., Degtyarev K.E. Sr-Nd isotopic systematics of the Late Paleozoic granitoids of the Southern Urals: preliminary data // *XV Simpozium po geoximii izotopov im. akademika A.P. Vinogradova*. M.: GEOXI. 1998. S. 328.
7. Samygin S.G., Ruzhentsev S.V. The Uralian paleocean: A model of inherited evolution // *Doklady Earth Sciences*. 2003. T. 392. № 7. S. 951-954.
8. Snachev V.I., Murkin V.P. New data on magmatism, metamorphism and metallogeny of Kochkarskaya area (South Ural). Preprint, Ufa. Print. 1989. 23 s.
9. Rykus M.V., Snachev V.I., Kuznecov N.S., Saveliev D.E., Bazhin E.A., Snachev A.V. Ore bearing capacity of the dunite-harzburgite and black shale formations of the border zone between the South and Middle Urals // *Neftegazovoe delo*. 2007. T. 7. № 2. S. 17-27.
10. Snachev A.V., Kuznetsov N.S., Snachev V.I. The Chernoe Ozero gold occurrence in carbonaceous deposits of the ophiolite association: The first object of such a type in the southern Urals // *Doklady Earth Sciences*. 2011. T. 439. № 1. S. 906-908.
11. Snachev V.I., Snachev A.V. Patterns of placement of gold ore manifestations in carbon deposits of the Beloretsk metamorphic complex (South Urals). *Vestnik VGU, seriya: geologiya*. 2014. № 2. S. 79-87.

PALEOGEODYNAMIC CONDITIONS OF FORMATION AND PETROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE BASALTS OF THE BORDER ZONE OF THE SOUTHERN AND MIDDLE URALS

© A.V. Snachev, V.I. Snachev

Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 16/2, ulitsa Karla Marksa, 450077, Ufa, Russian Federation

The article briefly reviewed the geological structure of the border zone of the Southern and Middle Urals (sheet N-41-II, Kunashak). It is noted that within it developed Riphean and Paleozoic metamorphic rocks, sedimentary and volcanic rocks, amongst which gorodishchenskaya, bichursky formation, kuyashskoy, samara, kayasanskoy, sargazinskoy, mezhevskoy, techensky, rudyanskoy, derbishevskoy, sobolev sequences set basalts presented primarily subalkalic, toleitic and calc-alkaline varieties.

On the $al\text{-}TiO_2$, $(Na_2O+K_2O)\text{-}TiO_2$ diagrams, the main effusives of the bichur formation fall into the region of the traps of ancient platforms, or of continental rifts; low titanium basalts of the sargazinsky stratum, developed in the upper part of the section, to the field of island arcs, and relatively high titanium (lower sections) – to the field of continental rifts. The volcanic rocks of the main composition of the techenskaya stratum form two areas – among the fields of the mid-ocean ridges and island arcs, and the mezhevskaya, rudyanskaya, and derbishevskaya sequences clearly fit into the island-arc field. The basalts of the sobolev sequence are confined to the field of continental rifts. Most analyzes of the horodysche settlement, the kuyash, samara, and kayasan strata fit into the field of continental rifts.

It has been established that in the upper riphean-vednian time, the formation of volcanics of the main composition is associated with the regime of diffuse spreading within the ancient platform. In the lower-middle Ordovician, subalkaline basalts of the continental stage are quickly replaced by tholeiites of the frontal part of the island arc. In the mid-Late Ordovician time, the influence of alkaline and sub-alkaline basalts occurred in continental-rift conditions. In early devonian time, the formation of main ejection is associated with the island-arc atmosphere or back arc spreading. From the late devonian to the early carboniferous, within the limits of the described territory, structural complexes of active continental margins were formed. At the end of the early Carboniferous, volcanism changed to rift-continental volcanism. In the early-middle triassic development was completed with powerful fissure outpourings of platobasalts fixing a Chelyabinsk graben.

Key words: border zone, South and Middle Urals, petrogeochemistry, geodynamics, continental rift, stratum, island arc.