

## ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИТОВ КАРАМАЛЫТАШСКОЙ СВИТЫ

Петрохимические и геохимические данные, характеризующие вулканы карамалыташской свиты, сосредоточены на двух участках: в пределах карамалыташской антиклинали, на широте д. Ст. Сибай, и в Юлдашевской антиклинали, в районе ее южного замыкания. Для петрохимической характеристики использованы данные из коллекций Л.Г. Паклиной, В.Г. Шигарева, П.В. Аржавитина и др. по Сибайскому рудному полю и авторские анализы по петрохимии и микроэлементам для вулканических пород Сибайского рудного района и Юлдашевской антиклинали (табл. 1, 2). Анализ микроэлементов по авторским пробам проводился в химических лабораториях ИГЕМ (г. Москва), ГЕОХИ (г. Москва), ИГ РАН (г. Уфа), университета г. Аахена (Германия).

### ФАЦИАЛЬНАЯ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Фациальный состав, петрография и особенности химизма вулканических пород карамалыташской свиты изучались Т.И. Фроловой, И.А. Буриковой [1977], А.С. Бобоховым [1991], П.В. Аржавитиным, М.Ю. Аржавитиной, Д.А. Малаховым [Аржавитин, Аржавитина, 1972; Аржавитин и др., 1982], И.Б. Серавкиным [1986], Т.Н. Суриным [1993, 1999], геологами-производственниками и исследователями, проводившими геологосъемочные, поисковые и тематические работы (Ю.Л. Куваевский, Д. Цабадзе и др.). И.Б. Серавкиным, обобщавшим материалы по Сибайскому рудному району, сделан вывод о преобладании в нижней части разреза массивных диабазов и диабазовых порфиритов ( $K_1$ ). Средняя часть разреза, представленная контрастной толщей ( $K_2$ ), сложена пиллоу-базальтами, диабазовыми, дацитовыми и риодацитовыми порфирами, прослоями кремнистых пород, гиалокластитов и тефроидов. В верхней части разрез, получивший развитие в Сибайской структуре, наращивается толщей шлаковых базальтовых гиалокластитов.

В Юлдашевской антиклинали в основании разреза карамалыташской свиты залегает «переходная» толща, сложенная эффузивными базальтами, силлами микродиабазов, прослоями гиалокластитов и тефроидов, содержащих пироксен-плагиоклазовые порфиры и базальты ирендыкского облика ( $K_1$ ). Верхняя часть разреза карамалыташской свиты ( $K_2$ ) сложена эффузивными базальтами, пиллоу-базальтами, переслаивающимися с кремнистыми яшмовидными породами.

Массивные диабазы представлены афировыми и микропорфировыми пироксен-плагиоклазовыми и плагиоклазовыми разновидностями с одним или двумя поколениями минералов. Наиболее характерны офитовая и диабазовая микроструктуры.

Пиллоу-базальты отличаются от массивных пород характером структуры основной массы, которая меняется от витрофировой и гиалопилитовой в краевых частях подушек до хорошо раскристаллизованных диабазовых и пилотакситовой в центральных частях. В афировых и серийно порфировых базальтах процесс кристаллизации начинался с плагиоклаза [Фролова, Бурикова, 1977], либо происходила одновременная кристаллизация пироксена и плагиоклаза. В мелкопорфировых разновидностях с тремя поколениями выделений пироксена и плагиоклаза (шлиф 016/1) первым, либо одновременно с плагиоклазом, кристаллизовался пироксен.

Среди кремнекислых пород карамалыташской свиты встречаются следующие разновидности [Аржавитин и др., 1982; Серавкин, 1986]: крупнокварцевые риолиты, кварц-плагиоклазовые риолиты и риодациты, базокварцевые дациты, риодациты и риолиты. Для всех кислых пород характерно сочетание метасферолитовой и микролитовой структур с широкими вариациями количества микролитов. Крупнокварцевые риолиты и сопровождающие их магматогенные брекчии образуют экструзивные и субвулканические тела. Породы второй и третьей разновидностей образуют эффузивные потоки, дайки, экструзивные и субвулканические тела.

Кроме перечисленных типов кремнекислых пород, на западном крыле Карамалыташской антиклинали, близ Файзуллинского месторождения марганца, нами встречены базокварцевые риолиты, переходные к гранофирам, имеющие микролитометасферолитовую, аксиалитовую, иногда гранофировую микроструктуру основной массы. Эти кислые эффузивы содержат ксенолиты средних пород, часть которых эпидотизирована, и многочисленные включения основного стекла, замещенного хлоритом и содержащего микролиты плагиоклаза, образующие интересную структуру.

### ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИТОВ

Базальты карамалыташской свиты Сибайского рудного района относятся к типу мезократовых ( $f = 19$ ), умеренноглиноземистых ( $a' = 0,81$ ),

Таблица 1

## Химические составы (% мас.) вулканических пород Западно-Магнитогорской зоны (листы N-40-XXIX и N-40-XXXV).

Данные химического (лаборатория Института геологии, г. Уфа) и рентгено-флуоресцентного анализа (определения ИГЕМ и Института геологии г. Уфа)

№п/п	№ обр.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ппп	SUM
1	02/1	49,35	1,55	11,61	12,63		0,227	5,66	9,49	3,2	0,05	0,168	6	99,94
2	03/1	48,89	1,05	14,67	11,44		0,163	7,27	8,86	3,29	0,08	0,194	4	99,91
3	01/1	51,19	0,85	14,12	9,99		0,237	5,6	11,09	2,31	0,21	0,101	4,2	99,89
4	016/2	49,97	0,5	14,45	14,2		0,117	7,23	5,28	2,67	1,39	0,085	4	99,89
5	016/3	47,64	0,5	12,85	14,4		0,133	6,19	11,53	1,26	0,18	0,056	5,1	99,83
6	019/1	51,76	0,47	13,71	13,07		0,163	7,78	6,62	2,59	0,34	0,057	3,4	99,96
7	019/2	47,74	0,48	13,7	15,53		0,248	8,81	5,72	2,19	0,7	0,032	4,8	99,95
8	019/3	47,38	0,46	14,43	14,77		0,185	10,22	5,13	2,52	0,26	0,03	4,6	99,99
9	14/00А	42,4	0,49	14,67	18,24		0,102	9,86	5,82	2,31	0,61	0,018	4,25	98,79
10	14/00Б	45,27	0,28	14,79	16,72		0,087	8,88	4,97	2,72	0,8	0,022	4,18	98,74
11	15/00	47,18	0,45	14,37	15,41		0,087	8,47	5,22	2,8	0,71	0,025	3,96	98,70
12	16/00	41,87	0,31	14,86	18,78		0,098	9,98	5,34	2,11	0,49	0,01	5,12	98,99
13	17/00	43,11	0,45	15,12	16,7		0,098	8,51	7,11	2,06	0,56	0,021	4,05	97,82
14	18/00	46,07	0,48	14,29	15,26		0,097	9,9	5,5	2,14	0,58	0,02	3,57	97,93
15	19/00	47,17	0,47	14,28	15,55		0,099	9,23	4,85	2,07	0,61	0,018	4,45	98,81
16	20/00	46,6	0,48	14,99	14,49		0,094	9,3	5,62	2,53	0,62	0,015	3,88	98,64
17	03/3	57,5	0,63	13,29	10,93		0,181	4,14	5,56	4,56	0,17	0,067	2,9	99,93
17	03/6	52,44	0,72	15,95	12,04		0,171	7,3	4,28	2,93	0,91	0,057	3,2	99,99
18	057	73,06	0,45	12,69	4,59		0,1	1,29	0,87	5,47	0,14	0,111	1,2	100,51
19	058/1	73,17	0,45	12,71	4,39		0,069	0,8	1,52	5,72	0,13	0,107	0,9	99,97
20	017	51,21	0,35	14,19	13,38		0,193	6,19	8,5	2,36	0,23	0,042	3,3	99,95
21	018/1	49,99	0,44	13,1	13,46		0,168	7,69	9,38	1,22	0,07	0,028	4,4	99,95
22	018/2	52,01	0,48	13,1	14,5		0,145	6,63	5,68	2,8	0,49	0,035	4	99,87
23	018/3	50,86	0,53	13,89	14,03		0,152	7,51	5,79	3,13	0,49	0,038	3,5	99,92

Таблица 2

Содержания микроэлементов (ppm) в вулканических породах Западно-Магнитогорской зоны (листы N-40—XXIX N-40—XXXV).  
 Данные рентгено-флуоресцентного и атомно-абсорбционного анализов, выполненных в лабораториях ИГЕМ РАН (г. Москва) и Института геологии УНЦ РАН

№ п/п	№ обр.	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Sc	Ga	Y	Nb	Ba	V
1	02/1	0,0041	46	40	81	125	<5ppm	6	37	121	32		19	5	35	318
2	03/1	0,0178	47	60	92	79	<5ppm	1	56	42	35		19	7	60	288
3	01/1	0,0121	35	44	33	61	<5ppm	4	21	69	35		0	6	99	297
4	016/2	0,006	37	45	38	98	<5ppm	17	78	47	36		18	1	87	354
5	016/2		38	44	40	91	<5ppm	14	77	43	39		15	0	84	338
6	016/3	0,0082	36	38	42	69	<5ppm	10	9	29	42		7	0	45	425
7	018/1	0,0062	38	41	120	81	<5ppm	8	207	40	35		5	0	46	282
8	018/2	0,0072	37	45	29	83	<5ppm	11	131	41	32		10	5	86	352
9	018/3	0,0062	39	44	29	94	<5ppm	8	125	46	38		10	0	59	319
10	017	0,0073	39	42	106	78	<5ppm	13	200	38	36		4	1	63	281
11	019/1	0,0068	39	45	34	83	<5ppm	11	188	41	31		6	0	59	269
12	019/2	0,0077	50	53	277	128	<5ppm	25	95	28	33		0	4	41	316
13	019/3	0,0053	58	47	346	125	<5ppm	9	49	17	33		0	4	44	344
14	14/00A	56	98	25	124	115		13	62	23	55	25	12	0	126	
15	14/006	54	69	19	76	103		21	66	25	47	22	15	2	108	
16	15/00	52	49	18	116	93		19	54	30	43	24	19	8	97	
17	16/00	53	94	20	174	123		15	52	20	49	24	14	0	111	
18	17/00	55	64	21	109	99		12	84	20	51	21	15	4	65	
19	18/00	54	72	23	225	102		10	105	24	54	19	12	1	81	
20	19/00	53	56	19	146	110		13	77	31	44	11	19	6	85	
21	20/00	49	48	18	154	102		14	91	30	48	23	15	6	106	
22	03/3	0,0036	52	32	128	92	<5ppm	2	42	25	22		15	6	49	335
23	03/6	0,004	54	39	158	118	<5ppm	28	252	29	31		17	11	82	374
24	057	0	18	15	16	122	<5ppm	0	69	119	17		53	1	55	7
25	058/1	0,0001	18	15	12	86	11	0	66	118	11		34	0	58	5

натриевых ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 8,61$ ) базальтов, в целом более меланократовых, чем базальты баймак-бурибаевской и ирендыкской свит. На серии гистограмм, составленных для выборки базальтов карамалыташской свиты, видны основные черты их химизма (рис. 1). Мода  $\text{TiO}_2$  0,4–0,6% обычна для всех рассмотренных вулканогенных формаций, за исключением ордовик-силурийских толщ. Содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (мода 16–17%) повышены по сравнению с базальтами b-br<sub>1</sub> и ирендыкской свиты. Однако следует отметить, что в ирендыкской свите есть группа плагиофировых базальтов, в которых содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  варьируют от 18 до 21%. Мода  $\text{FeO}'$  базальтов карамалыташской свиты имеет максимальное для базальтов западного крыла Магнитогорского мегасинклиория значение (11–12%). Мода  $\text{MgO}$  явно понижена (5–6%) даже по сравнению с базальтами ирендыкской свиты, хотя широкий максимум на гистограмме имеет интервал 5–8%, что сближает карамалыташские базальты с другими рудоносными формациями. Невысокие значения имеет мода  $\text{CaO}$  (6–8%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (2–3%),  $\text{K}_2\text{O}$  (0,2–0,4%). Гистограмма  $\text{Cu}$  имеет полимодальный характер, с максимумами 20–40 г/т, 60–100 г/т, 160–180 г/т, что свидетельствует об умеренном выносе из пород этого элемента. Мода  $\text{Zn}$  (80–100 г/т) имеет повышенные значения по сравнению с более древними колчеданосными формациями. Пониженные значения имеют моды  $\text{Cr}$  (0–50 г/т),  $\text{Co}$  (20–30 г/т),  $\text{Ni}$  (0–50 г/т), что отличает эти базальты от пород, слагающих Северо-Ирендыкскую подзону, но сближает с базальтами Южно-Ирендыкской подзоны. Наиболее яркой отличительной чертой базальтов карамалыташской свиты Сибайского рудного района является их повышенная железистость и высокие концентрации  $\text{Zn}$ .

При анализе содержаний  $\text{MgO}$  по гистограмме отмечалось пониженное значение моды для этого окисла. На диаграмме  $\text{MgO}-\text{SiO}_2$  (рис. 2) хорошо видна специфическая для карамалыташских вулканитов низкая магнезиальность, пониженная как по сравнению с вулканитами баймак-бурибаевской, так и ирендыкской свит. Самые низкие концентрации  $\text{MgO}$  обнаружены в базальтах бугулыгырской толщи в Оренбургской области. Эти базальты отличаются, кроме того, от собственно карамалыташских повышенными концентрациями  $\text{TiO}_2$ , достигающими 0,5–1,8%. По соотношениям  $\text{FeO}'/\text{MgO}$  и  $\text{SiO}_2$  (рис. 3) базальты карамалыташской свиты Сибайского рудного района принадлежат к толеитовой серии. Лишь небольшая их часть с повышенными  $\text{SiO}_2$  оказывается в области известково-щелочных составов. Это явление связано, скорее всего, учитывая низкие содержания  $\text{CaO}$  (4,06–4,57%) в базальтах, с интенсивной альбитизацией и частичным окварцеванием. Обращает на себя внимание ориентировка всего поля карамалыташ-

ских базальтов Сибайского рудного района параллельно оси  $\text{SiO}_2$ , тогда как базальты бугулыгырской толщи, аналога карамалыташской свиты на юге, ориентированы параллельно линии толеитовой серии Идзу-Бонинской островной дуги, показывая типичный толеитовый тренд. Кремнекислые породы карамалыташской свиты обладают высокими концентрациями  $\text{SiO}_2$ , и их фигуративные точки располагаются в области низкомагнезиальных (рис. 2) составов. По соотношениям  $\text{FeO}'/\text{MgO}$  и  $\text{SiO}_2$  (рис. 3) кремнекислые породы располагаются в области как толеитовых, так и известково-щелочных составов. Известково-щелочные породы представлены наиболее лейкократовыми крупнокварцевыми риолитами. А дациты и риодациты толеитовой серии имеют повышенные значения  $\text{FeO}'$  (5,1–6,19%), что и определяет высокие отношения  $\text{FeO}'/\text{MgO}$ . Кератоспилиты Александринского района [Язева, 1982] — типичные породы толеитовой серии, их фигуративные точки лежат по обе стороны штриховой линии, разделяющей толеитовую и известково-щелочную серии, что может быть связано с проявлением вторичных процессов аллохимического характера.

Особенности распределения элементов-примесей в вулканитах карамалыташской свиты рассмотрены на примерах  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{La}$ ,  $\text{Sm}$ ,  $\text{U}$  и  $\text{Th}$ .

По уровню концентраций  $\text{Cr}$  и  $\text{Ni}$  базальты карамалыташской свиты (рис. 4, 5) относятся к низкохромникелистым разновидностям, что позволяет сопоставлять их с островодужными толеитовыми базальтами. Особенно это касается базальтов карамалыташской антиклинали, в которых все пробы, кроме одной, содержат  $\text{Cr}$  от 13 до 98 г/т,  $\text{Ni}$  от 16 до 45 г/т. Повышенные количества  $\text{Cr}$  (190 г/т) и  $\text{Ni}$  (71 г/т) установлены в слабо гидротермально измененных базальтах, в которых повышены концентрации  $\text{Cu}$  (140–1490 г/т) и содержится рассеянная вкрапленность пирита.

В базальтах карамалыташской свиты Юдашевской антиклинали концентрации  $\text{Cr}$  достигают 120 г/т,  $\text{Ni}$  — 68 г/т. Еще более высокого уровня (ирендыкского) концентрации  $\text{Cr}$  (250 г/т) и  $\text{Ni}$  (83 г/т) достигают в основных породах переходной толщи Юдашевской антиклинали. Это означает, что состав этой толщи, расположенной на границе ирендыкской и карамалыташской свит, несет не только макрогеологическую, но и геохимическую информацию. В целом, судя по диаграмме  $\text{Cr}-\text{Ni}$  (рис. 5) зависимость между этими элементами прямая положительная, о чем говорит конфигурация поля А. Поле Б объединяет точки, соответствующие составам центральных и краевых зон отдельных «подушек», в различной степени хлоритизированных, из потоков пиллоу-базальтов. Соответственно, этот тренд, показывающий вынос  $\text{Ni}$  при почти постоянном содержании  $\text{Cr}$ , скорее всего связан с процессами гальмиролиза — диагенеза.

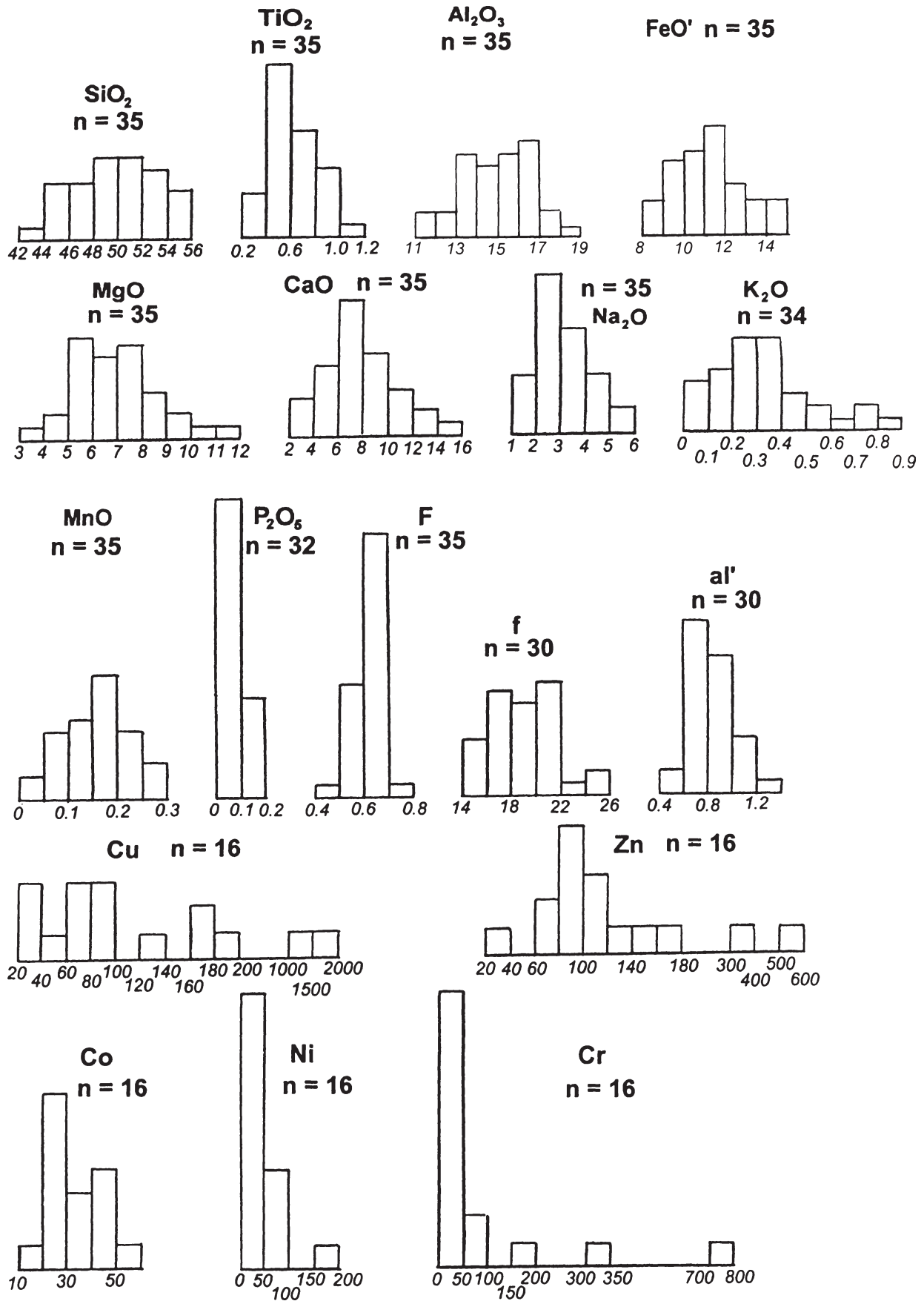


Рис. 1. Гистограммы распределения петрогенных окислов (%) и элементов-примесей (г/т) в базальтах карамалыгашской свиты Сибайского рудного района

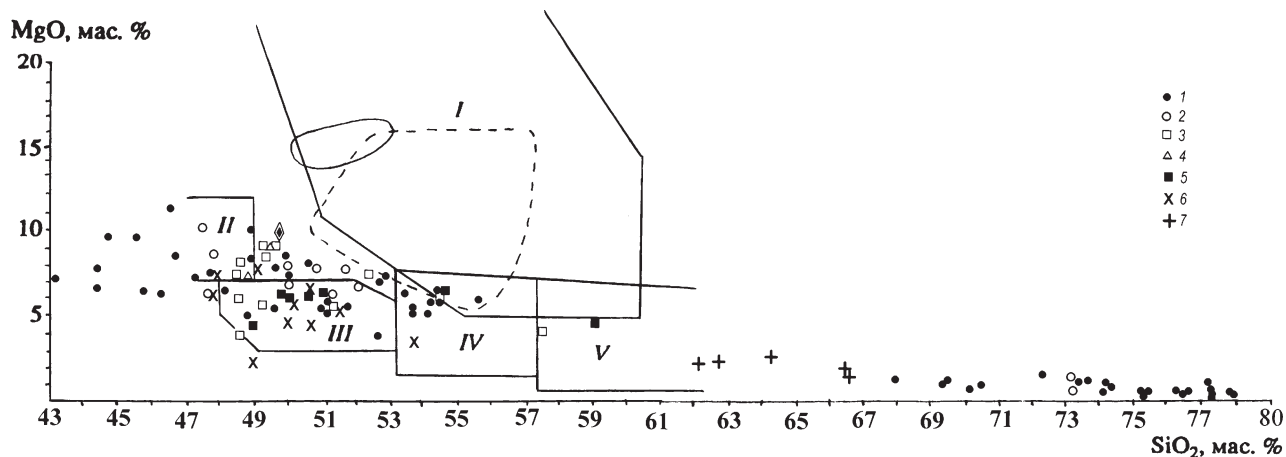


Рис. 2. Соотношения MgO–SiO<sub>2</sub> в вулканитах карамалыташской свиты (D<sub>2</sub>e kr)

1 – вулканиты Сибайского рудного района (колл. Л.Г. Паклиной, В.Г. Шигарева, П.В. Аржавитина); 2 – то же, авторские данные; 3–5 – вулканиты Юлдашевской антиклинали: 3 – афировые базальты переходной толщи от ирендкской к карамалыташской свите, 4 – пироксен-плагиоклазовые порфириты той же толщи, 5 – афировые базальты карамалыташской свиты; 6 – базальты карамалыташской свиты Гайского рудного района; 7 – кератоспилиты Александринского рудного района [Язева, 1982]. I–V – поля составов пород по В.А. Симонову: I – бониниты западной части Тихого океана, II – оливиновые базальты, III – базальты, IV – андезиты, V – андезиты.

Концентрации Zr и Sr (рис. 6, 7) в базальтах карамалыташской свиты одноименной антиклинали понижены и не превышают 45 г/т. По уровню содержания Zr и Sr они близки к базальтам толеитовой серии Идзу-Бонинской дуги, охватывая также и область составов известково-щелочных базальтов той же дуги. Базальты Юлдашевской антиклинали по количествам Zr и Sr близки к карамалыташским, но иногда содержат и повышенные концентрации Zr. Это особенно заметно в базальтах переходной толщи, где количество Zr достигает 105–122 г/т. Среди основных пород рассматриваемой площади по содержаниям Zr и Sr к карамалыташским наиболее близки базальты надрудной толщи (ir<sub>3</sub>) Подольского рудного поля, также принадлежащие к островодужной толеитовой серии. Кремнекислые породы карамалыташской свиты, представленные базокварцевыми риолитами, занимают промежуточное положение между составами толеитовых и известково-щелочных серий. Концентрации Zr в них колеблются от 118 до 157 г/т, Sr – от 66 до 149 г/т.

Фигуративные точки базальтов карамалыташской свиты на диаграмме La–Sm (рис. 8) образуют рой, свидетельствующий о прямой зависимости между этими элементами. Базальты карамалыташской антиклинали образуют компактный рой точек в области низких концентраций La (0,96–1,47 г/т) и Sm (0,83–1,45 г/т). Базальты переходной толщи Юлдашевской антиклинали содержат близкие к собственно карамалыташским и повышенные концентрации La и Sm. В целом, рой фигуративных точек базальтов карамалыташской свиты соответствует толеитовым базальтам Идзу-Бонинской островной дуги. Близки к карамалыташским базальтам по соотношениям La и Sm некоторые составы базальтов b-vg и ir<sub>3</sub> Подольского месторо-

ждения, хотя в целом названные группы базальтов образуют изолированные поля.

Особенности распределения U и Th в вулканитах карамалыташской свиты количественными аналитическими методами изучены недостаточно, несмотря на большое количество анализов, сделанных в последние 5 лет [Косарев и др., 2000]. Прежде всего, обращает на себя внимание несовпадение полей базальтов по результатам, полученным методом ICPMS и нейтронно-активационным анализом. Сравнение результатов различных лабораторий привело нас к выводу о большей надежности первого из названных методов. Как видно на диаграмме U–Th (рис. 9), поле фигуративных точек базальтов карамалыташской антиклинали образует линию, параллельную вариационным кривым толеитовой и известково-щелочной серий, но сдвинутую в область пониженных содержаний Th и повышенных — U. Ближе всего к этой линии располагаются точки составов бонинитовой серии (B) и ее дифференциатов [Петрология..., 1987]. Точки составов базальтов Юлдашевской антиклинали имеют широкий разброс; небольшое количество определений затрудняет интерпретацию. Точки составов метасоматитов, образовавшихся по основным породам (участок Ик-Давлят) и по кислым вулканитам (Александринское рудное поле) образует единое поле, свидетельствующее о наличии отрицательной корреляционной зависимости между U и Th. Эта зависимость возникает в процессе формирования околорудных метасоматитов в процессе рудогенеза.

Таким образом, очевидно наличие двух трендов в распределении радиоактивных элементов: первого — магматического, с характерной для магматических пород прямой зависимостью между U и Th, и второго — метасоматического, с обратной,

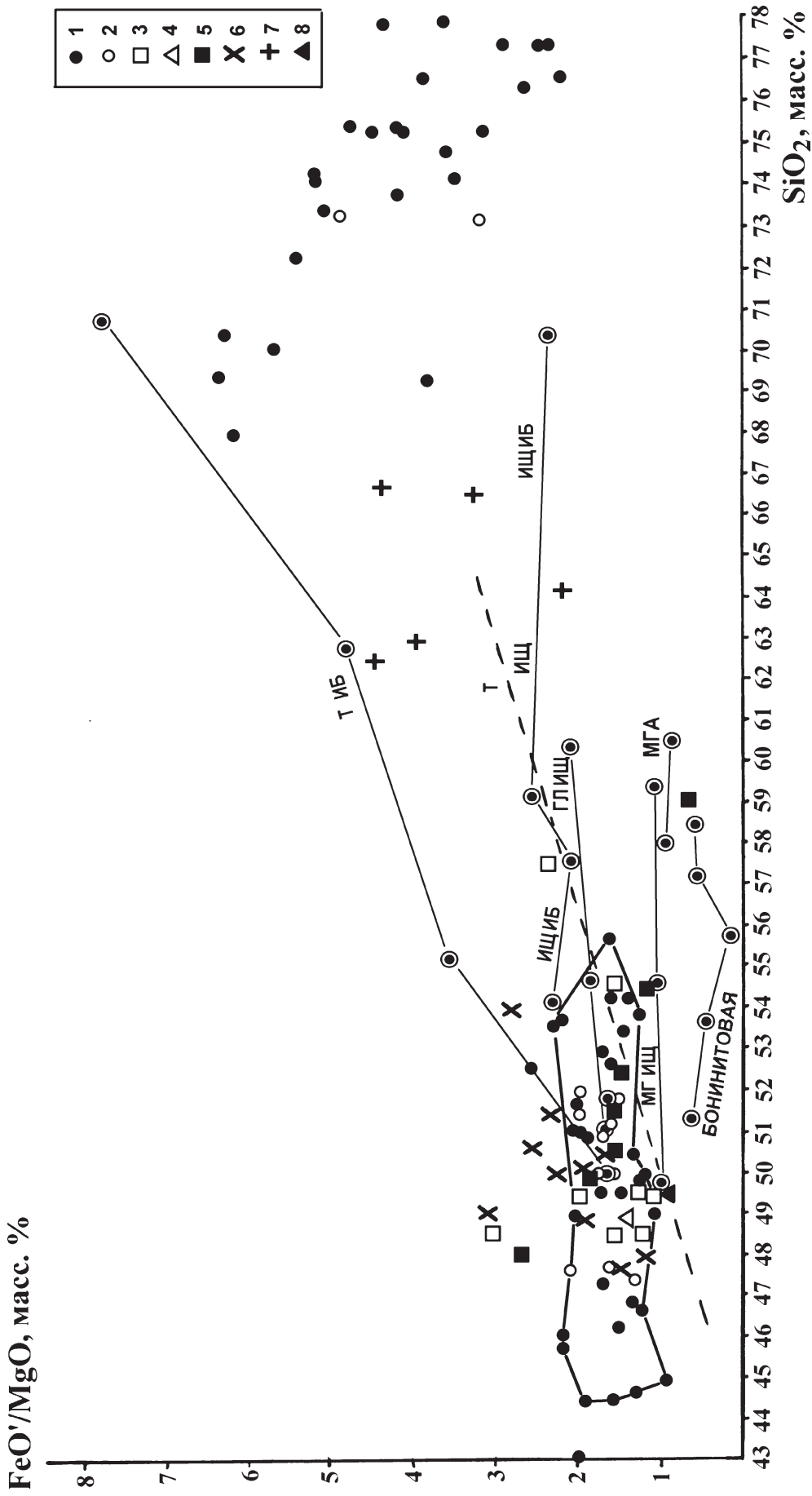
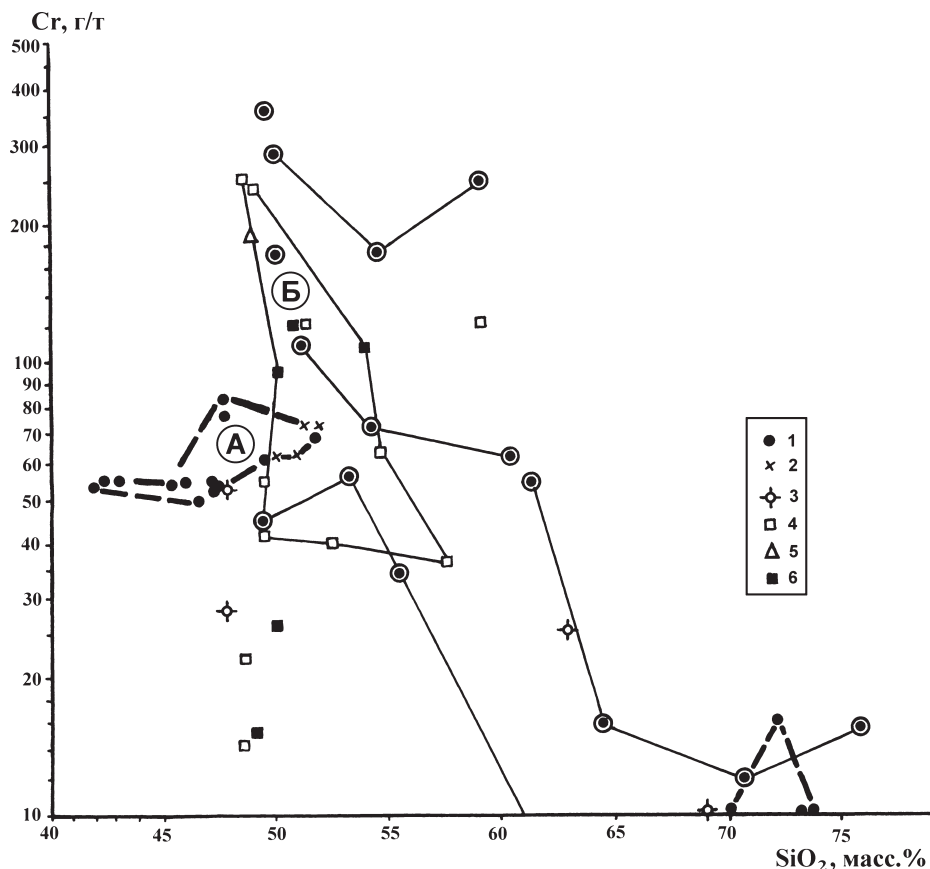


Рис. 3. Диаграмма  $FeO'/MgO-SiO_2$  (по А. Миасиро) для вулканитов карамальташской свиты

1 – вулканиты Сибайского рудного района (колл. Л.Г. Паклиной, В.Г. Шигарева, П.В. Аржавитина); 2 – то же, авторские данные; 3–5 – вулканиты Юлдашевской антиклинали; 3 – афировые базальты переходной толщи от ирендыкской к карамальташской свите, 4 – пироксен-плагиоклазовые порфириты той же толщи, 5 – афировые базальты карамальташской свиты; 6 – базальты карамальташской свиты Гайского рудного района; 7 – кератопсилиты Александринского рудного района [Язев, 1982]; 8 – базальт пироксен-плагиофировый ирендыкской свиты Юлдашевской антиклинали. Оконтурено поле базальтов карамальташской свиты Сибайского рудного района. Буквенные обозначения: Т – толеитовая серия, ИЩ – известково-щелочная серия, ИЩИБ – толеитовая серия Илзу-Боннинской островной дуги, ИЩ ИБ – известково-щелочная серия Камчатки, МГИЩ – известково-щелочная серия Камчатки, МГИЩ – известково-щелочная магнезиальная серия Камчатки, МГА – магнезиальный андезит [Петрология и геохимия ..., 1987].

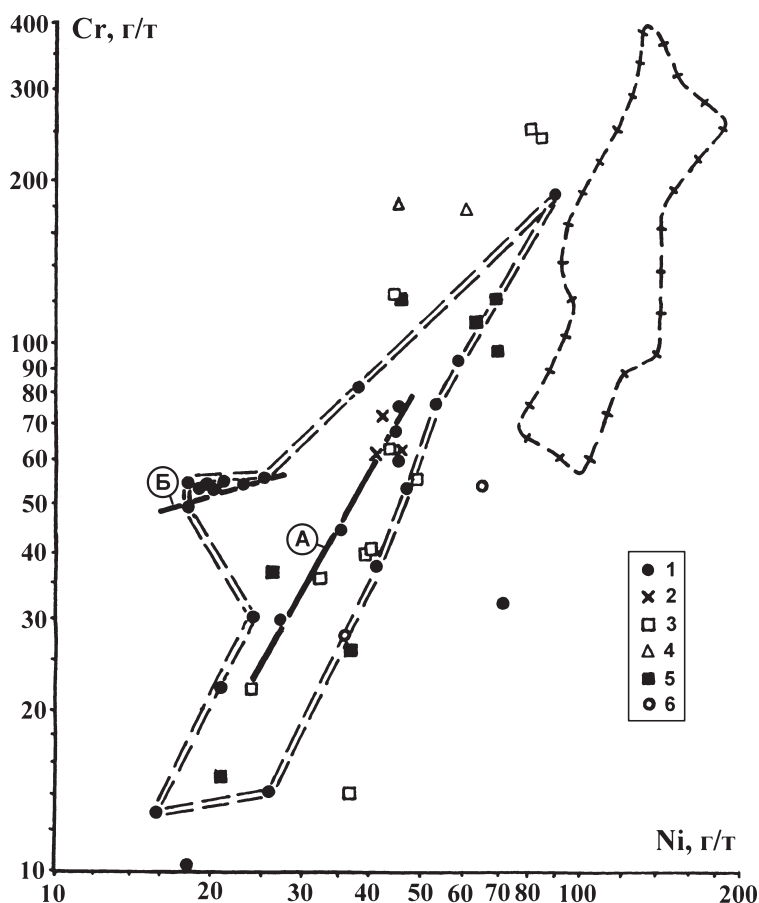
**Рис. 4. Соотношения Cr и SiO<sub>2</sub> в вулканитах карамалыташской свиты**

1 – базальты Карамалыташской антиклинали; 2 – силл (?) того же района; 3 – кислые вулканиты надрудной толщи Сибайского месторождения; 4–6 – Юлдашевский участок: 4 – афировые и мелкопорфировые плагиобазальты «переходной» толщи, 5 – пироксен-плагиофировые базальты «ирендыкского» облика из тефроидов переходной толщи, 6 – базальты карамалыташской свиты Юлдашевской антиклинали. Поля составов базальтов: А – Карамалыташской антиклинали, Б – Юлдашевской антиклинали.

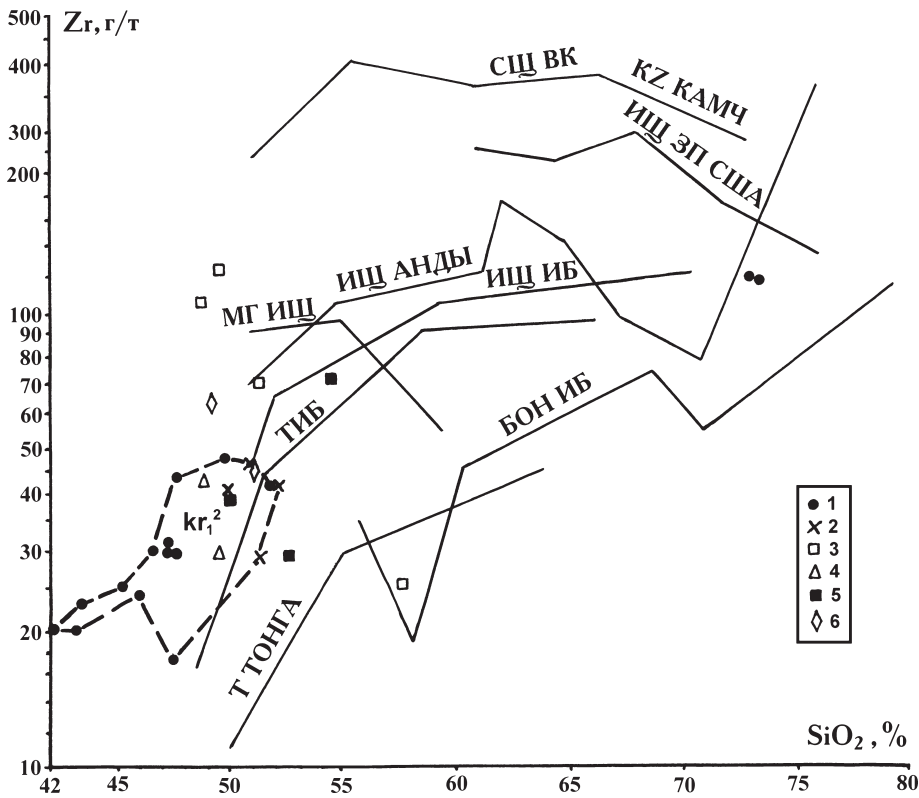


**Рис. 5. Соотношения Cr и Ni в базальтах карамалыташской свиты**

1 – базальты эффузивные Карамалыташской антиклинали у дороги пос. Ст. Сибай – Пионерлагерь; 2 – габбродиабазы мелкозернистые, диабазы и базальты миндалекаменные из силла (?), с того же участка; 3–5 – базальты Юлдашевского участка: 3 – базальты из «переходной» толщи (k<sub>Г1</sub>), 4 – базальты пироксен-плагиофировые «ирендыкского» типа (k<sub>Г1</sub>), 5 – базальты эффузивные (k<sub>Г2</sub>); 6 – базальты надрудной толщи Сибайского колчеданного месторождения. А – поле базальтов Карамалыташской антиклинали и тренд эволюции их состава. Б – поле базальтов хлоритизированных Карамалыташской антиклинали и тренд изменения их состава, связанный с диагенетическими (?) преобразованиями.

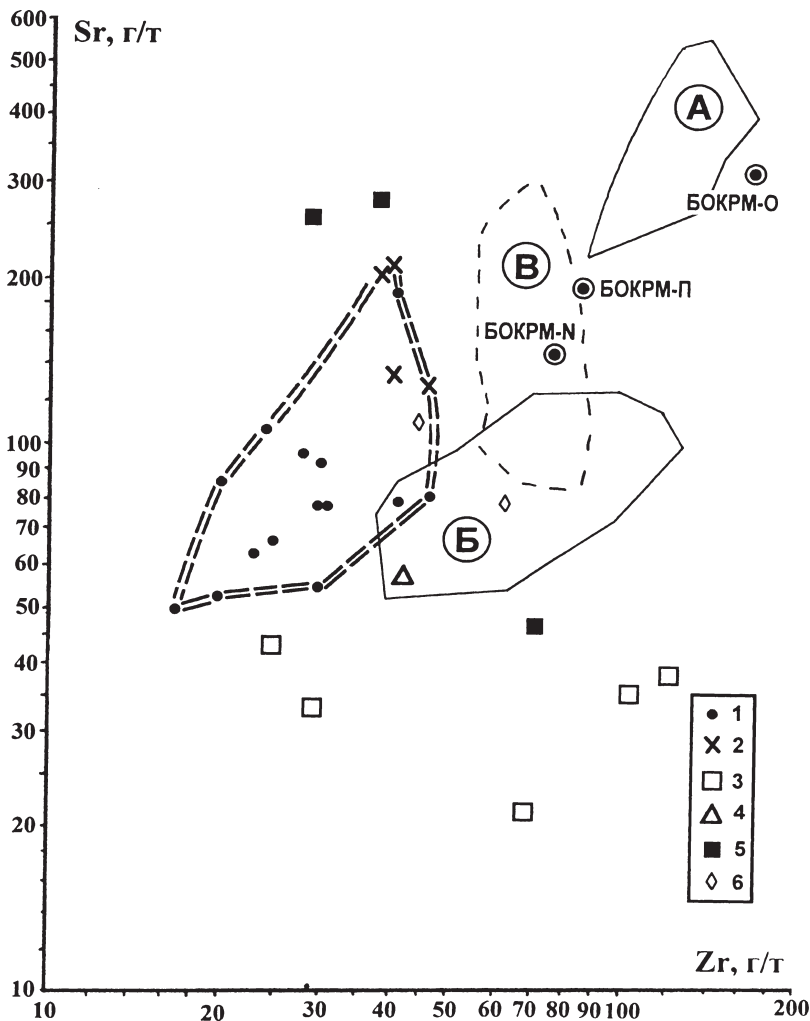






**Рис. 6. Соотношения Zr и SiO<sub>2</sub> в вулканитах карамальташской свиты**

1 – базальты и кремнекислые эффузивные породы Карамальташской антиклинали; 2 – габбродиабазы и базальты из силла с того же участка; 3–5 – Юлдашевская антиклиналь: 3 – базальты и диабазы из «переходной» толщи (kr<sub>1</sub>), 4 – базальты пироксен-плагиофировые «ирендыкского» облика из «переходной» толщи, 5 – базальты эффузивные (kr<sub>2</sub>); 6 – базальты эффузивные, скв. П–315 на широте Подольского рудного поля. Буквенные обозначения: СИЩ ВК КЗ КАМЧ – субщелочная высококальциевая серия кайнозоэа Камчатки, ИЩ ЗП США – известково-щелочная серия западного пояса США, БОН ИБ – бонинитовая серия Идзу-Бонинской островной дуги, Т ТОНГА – толеитовая серия островной дуги Тонга [Петрология и геохимия, 1987]. Прочие обозначения смотри в подписи к рис. 3.



**Рис. 7. Соотношения Sr и Zr в вулканитах карамальташской свиты**

1–2 – базальты Карамальташской антиклинали района пос. Старый Сибай: 1 – эффузивы, 2 – силл; 3–5 – базальты карамальташской свиты Юлдашевской антиклинали: 3 – эффузивные и субвулканические (?) базальты афировые переходной толщи между ирендыкской и карамальташской свитами, 4 – базальты пироксен-плагиоклазовые той же толщи, 5 – базальты эффузивные карамальташской свиты; 6 – базальты эффузивные из скв. 315 в 3 км на ВСВ от с. Подольское. Поля составов пород: А – низкокальциевые континентальные базальты норильской серии [Альмухамедов, Медведев, 1986], Б – базальты осевой зоны Красного моря [Альмухамедов и др., 1984], В – поле базальтов баймак-бурибаевской свиты (D<sub>1</sub> ems).

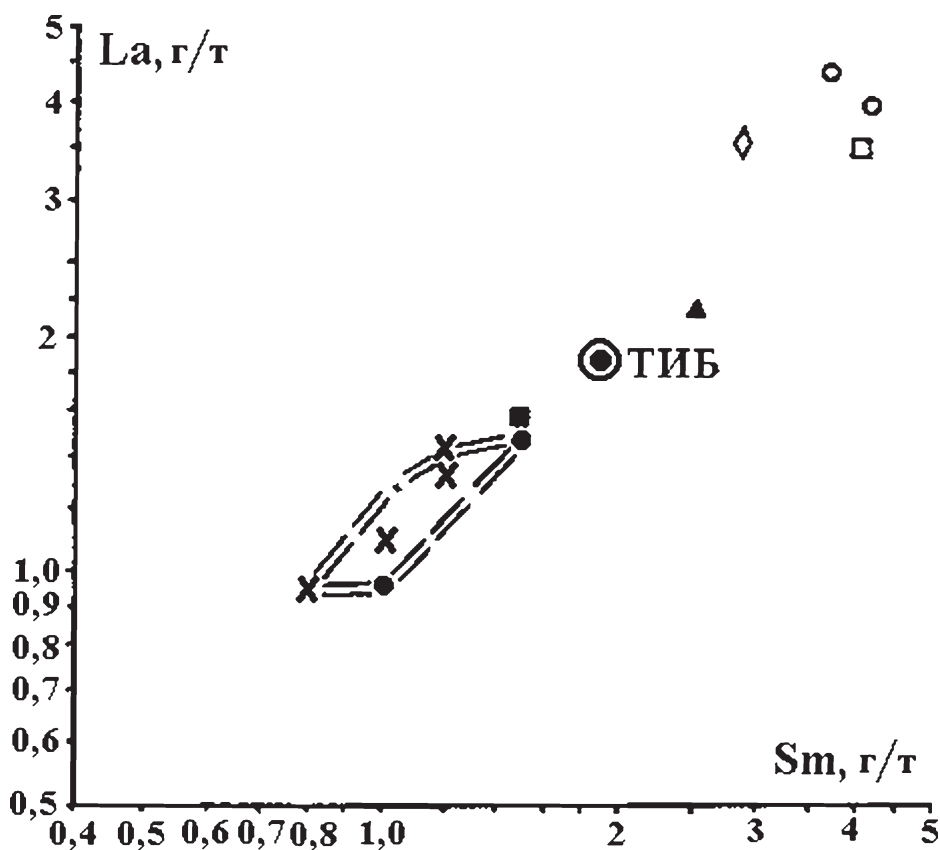
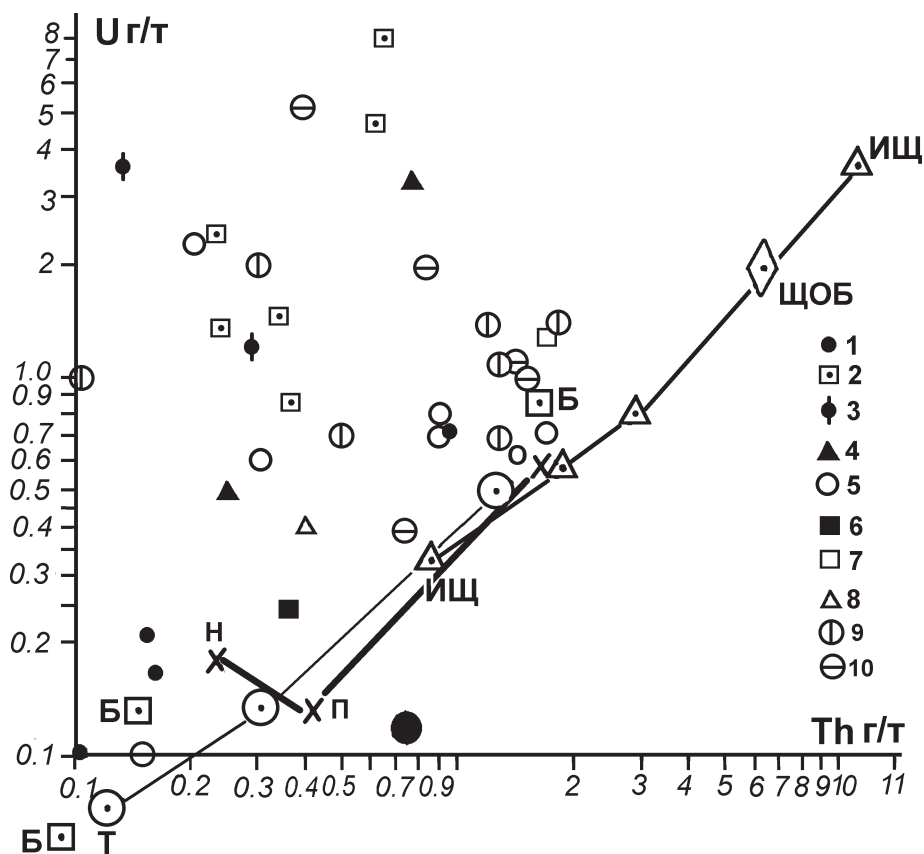


Рис. 8. Соотношения La и Sm в вулканитах карамалыташской свиты

Условные обозначения см. на рисунках 3 и 7

Рис. 9. Соотношения U и Th в вулканогенных породах карамалыташской свиты

1–5 – базальты карамалыташской свиты: 1 – Карамалыташской антиклинали на левобережье р. Карагайлы (по данным ИСР ИГЕМ), 2 – то же (по данным нейтронно-активационного анализа, ГЕОХИ), 3 – района Юлдашевской антиклинали, 4 – из переходной толщи от ирендкской свиты к карамалыташской, 5 – надрудная толща Александринского рудного поля; 6–8 – базальты, андезибазальты: 6 – Файзуллинского участка; 7–8 – Александринского рудного поля; 9–10 – метасоматиты серицит-хлорит-кварцевые: 9 – по базальтам карамалыташской свиты участка Ик-Давлят, 10 – по дацитам Александринского рудного поля.  
Б – Бонинитовая серия; Н, П, О – нормальный, промежуточный и обогащенный типы базальтов окраинных морей; ИЩ – известково-щелочная серия; Т – толеитовая серия; ЩОБ – щелочной оливиновый базальт.



отрицательной корреляционной зависимостью между U и Th.

Приведенные материалы свидетельствуют о принадлежности базальтов карамалыташской свиты Сибайского рудного района к островодужной толеитовой серии, для которой характерны пониженные концентрации MgO, Cr, Ni, Sr, Zr, U, Th и РЗЭ [Фролова, Бурикова, 1997]. Сравнение вулканитов Сибайского рудного района с карамалыташским вулканическим комплексом Александринского рудного района, изученным Т.Н. Суриным [1999], обнаруживает обогащенность последнего литофильными элементами (K, Zr, Y, Ba, Rb, Th). Это может указывать на восточное падение палеосейсмофокальной зоны. Можно также предполагать выплавление базальтов из деплетированной мантии (мантийного клина) или образование их в результате плавления субдуцированной океанической плиты.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке программы MinUrals № ICA-2-СТ-2000-010011.

#### *Литература:*

- Аржавитин П.В., Аржавитина М.Ю.** Вулканогенные формации Магнитогорского мегасинклинория // Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Урала. Уфа, 1972. Вып. 5. С. 35–62.
- Аржавитин П.В., Аржавитина М.Ю., Малахов Д.А.** Химизм вулканитов Карамалыташской структуры // Химизм колчеданосных вулканогенных формаций Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 57–62.
- Бобохов А.С.** Эндогенная динамическая система Южноуральской палеоостровной дуги. М.: Наука, 1991. 181 с.
- Косарев А.М., Голованова И.В., Селезнева Г.В.** Калий, уран и торий в вулканитах ордовикско-нижнекаменноугольного формационного ряда в Магнитогорском мегасинклинории // Геологический сборник № 1 / ИГ УНЦ РАН. Уфа. 2000. С. 88–92.
- Петрология** и геохимия островных дуг и окраинных морей // *Под ред. О.А. Богатикова и др.* М.: Наука, 1987. 335 с.
- Серавкин И.Б.** Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.
- Сурин Т.Н.** Петрология и геохимия вулканитов раннеживетской базальт-риолитовой колчеданосной формации: Препринт доклада Президиуму УНЦ РАН. Уфа, 1993. 44 с.
- Сурин Т.Н.** Геохимические и металлогенические особенности рудоносных магматических комплексов Восточно-Магнитогорской палеоостровной дуги // Геохимическая и металлогеническая специализация структурно-вещественных комплексов. М., 1999. С. 284–328.
- Фролова Т.И., Бурикова И.А.** Геосинклиальный вулканизм (на примере восточного склона Южного Урала). М.: Изд-во МГУ, 1977. 266 с.
- Фролова Т.И., Бурикова И.А.** Магматические формации современных геотектонических обстановок: [Уч. Пособие]. М.: Изд-во МГУ, 1997. 320 с.
- Язева Р.Г.** К петрохимии вулканогенных комплексов Александринского меднорудного района // Химизм колчеданосных вулканогенных формаций. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 43–49.