

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ МИНЕРАЛОВ БОНИНИТОВЫХ ВАРИОЛИТОВ БУРИБАЙСКОГО ПАЛЕОВУЛКАНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Определение типа петрогенетической серии и анализ последовательности формирования вулканических пород, включая постмагматические процессы, являются главными задачами петролого-геохимических исследований палеовулканических комплексов Южного Урала. Бурибайский риолит-базальтовый комплекс позднеэмского возраста наиболее детально изучен в Бурибайском рудном районе, где в вулканогенных толщах этого комплекса залегают рудные тела Бурибайского и Юбилейного медноколчеданных месторождений. Образование серноколчеданных и медноколчеданных руд названных месторождений происходило в кровле толщи пиллоу-базальтов (b-br<sub>2</sub>), которые вместе с рудной залежью перекрыты вулканитами кислого состава, сформировавшимися позднее основной массы медноколчеданных руд [Серавкин, 1986].

Бурибайский риолит-базальтовый комплекс (D<sub>1e2</sub>b-br) знаменует начальный этап формирования энсиматической островной дуги [Вулканизм ..., 1992; Spadea et al., 1998]. Комплекс состоит из трех толщ: нижней долерито-базальтовой (b-br<sub>1</sub>), средней пиллоу-базальтовой (b-br<sub>2</sub>) и верхней риодацит-базальтовой (b-br<sub>3</sub>).

Объектом нашего исследования являются минералогические особенности бонинитовых вариолитов (пробы Т-27 и Т-21, b-br<sub>2</sub>), изученных на микрозонде в лабораториях Департамента Минералогии в Музее Естественной Истории, г. Лондон, Университета г. Удины (Италия) и МГУ (г. Москва).

Бонинитовые вариолиты слагают лавовый поток подушечного строения, залегающий в средней части разреза толщи пиллоу-базальтов (b-br<sub>2</sub>), в разрезе по реке Таналык, представляющем собой удаленную зону Юбилейного рудного поля. По характеру вторичных изменений это периферическая область конвективной ячейки с проявлением окислительного диагенеза [Косарев и др., 2000].

Бонинитовые вариолиты (b-br<sub>2</sub>, Т-27) состоят из стекловатых вариолей, по составу представляющих кварц-альбитый агрегат, и существенно хлоритового матрикса. В основной массе вариолитов содержатся скелетные игольчатые выделения тонких длинных лейст клинопироксена (пироксеновый спинифекс), присутствуют также Cr-шпинель, сфен, замещенные вторичными минералами оливин

и ранний пироксен, пироксен микрофенокристов и микролитов, плагиоклаз в метельчатых структурах в слабо девитрифицированном стекле и вариолях. Из вторичных минералов присутствуют гематит, гранат, кварц, актинолит, эпидот, хлорит, сфен, пренит, карбонат. В толще также присутствуют пумпеллиит и селадонит.

Среди клинопироксенов бонинитовых вариолитов установлены эндиопсиды, салиты, авгиты и субкальциевые авгиты. Преобладающая направленность эволюции химизма пироксенов — понижение кальциевости, возрастание железистости. Салитовый тренд: салит (Ca<sub>47,64</sub>Mg<sub>38,26</sub>Fe<sub>14,10</sub>) → салит (Ca<sub>48,78</sub>Mg<sub>34,46</sub>Fe<sub>16,77</sub>). Эндиопсид-авгитовый тренд: эндиопсид (Ca<sub>44,2</sub>Mg<sub>46,3</sub>Fe<sub>9,5</sub>) → авгит (Ca<sub>44</sub>Mg<sub>39,4</sub>Fe<sub>16,6</sub>) → (Ca<sub>40,1</sub>Mg<sub>48,6</sub>Fe<sub>11,3</sub>) → (Ca<sub>37,67</sub>Mg<sub>52,3</sub>Fe<sub>10,02</sub>) → авгит (Ca<sub>30,05</sub>Mg<sub>51,47</sub>Fe<sub>18,48</sub>) → субкальциевый авгит (Ca<sub>24,5</sub>Mg<sub>36,7</sub>Fe<sub>38,8</sub>). Приведенные ряды пироксенов являются идеализированными и представлены выборочными составами. На диаграмме Wo — En — Fs (рис. 1), на которую вынесены все 43 пробы (табл.) выделяется поле салитов и поле эндиопсидов — авгитов — субкальциевых авгитов. В последнем намечаются два тренда: «авгитовый» и «пижонитовый». Последний завершается субкальциевыми авгитами, пограничными с авгитами. В целом рассматриваемые пироксены «среднего» стратиграфического уровня сходны с ассоциацией клинопироксенов, присутствующих в колчеданосных вулканитах надсубдукционного офиолитового комплекса Троодос [Crawford, 1989; Bailey et al., 1991; Sobolev et al., 1991].

Наиболее кремнекислые разновидности бонинитовых вариолитов характеризуются следующим составом: SiO<sub>2</sub> — 59,38%; TiO<sub>2</sub> — 0,29%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 10,31%; FeO — 6,25%; MgO — 9,2%; CaO — 7,51%; Na<sub>2</sub>O — 3,32%; K<sub>2</sub>O — 0,32%; Mg# — 73; Rb — 3,9 г/т; Sr — 128 г/т; Ba — 21,8 г/т; Cr — 435 г/т; Ni — 324 г/т; Y — 6,3 г/т; Nb — 0,38 г/т; Ta — 0,039 г/т; Zr — 19 г/т; Hf — 0,49 г/т; Th — 0,04 г/т; La — 0,7 г/т; Sm — 0,51 г/т; Yb — 0,74 г/т; La/Yb — 0,94. В бонинитовых вариолитовых базальтах «среднего» стратиграфического уровня (обр. Т-21) содержания SiO<sub>2</sub> — 52,5%; MgO — 14%; Mg# — 75,3; Cr — 791 г/т; Nb — 0,72 г/т; Zr — 23,9 г/т; La — 1,5 г/т; Yb — 0,97 г/т; La/Yb — 1,5.

Бонинитовые базальты и бонинитовые вариолиты бурибайского вулканического комплекса ближе всего соответствуют высококальциевым бонинитам, которые присутствуют в офиолитовом

<sup>1</sup>Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс.

надсубдукционном комплексе Троодос. Подтверждением этого вывода является высококальциевый состав клинопироксенов из палеобонинитов b-br<sub>2</sub> геологического разреза по реке Таналык, представленных диопсидами и салитами. По результатам исследований бонинитов низкокальциевые разновидности выплавляются при давлении 8–10 кбар, температуре 1200–1300 °С из флюидонасыщенного мантийного перидотита, при высокой (29–35%) степени плавления субстрата, при высоком Pn<sub>2</sub>O [Cameron et al., 1983; Высоцкий, 1989]. Высококальциевые бониниты выплавляются при более высоких температурах (1250–1350 °С) [Crawford, 1989].

**Шпинель** представлена богатой Cr разновидностью (табл.). Содержания Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> варьируют от 54,03% до 60,28%, Cr# 0,73–0,8, Mg# 0,55–0,56. По приведенным характеристикам шпинели фигуративные точки ее составов попадают в поле бонинитов и высокомагнезиальных андезитов [Spadea et al., 1998].

**Кварц-альбитовый агрегат** слагает лейкократовые вариолы диаметром до 1 см. Лейкократовый агрегат присутствует в виде девитрифицированного стекла, иногда с элементами метельчатых структур, или представлен агрегатом микрогранобластового-микрозернистого строения с зернами плагиоклаза (альбита) и кварца. В некоторых случаях на границе лейкократовых вариолей и меланократового существенно хлоритового матрикса располагаются микролиты пироксена. Внутри вариолей присутствуют микрофенокристы и микролиты пироксена, чешуйки хлорита, выделения рудного минерала, нередко имеет место интенсивная гематитизация. Валовый состав вариолей: SiO<sub>2</sub> — 63,05%; TiO<sub>2</sub> — 0,31%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 13,11%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 1,02%; FeO — 3,19%; MgO — 6,75%; CaO — 6,16%; Na<sub>2</sub>O — 4,66%; K<sub>2</sub>O — 0,21% [Серавкин, Косарев, 1979]. Результаты микронзондового анализа кварц-альбитового агрегата приведены в таблице. Количества окислов варьируют в следующих пределах: SiO<sub>2</sub> 64,7–74,36%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 20,58–23,8%; MgO 0,06–2,1%; CaO 0,2–2,58%; Na<sub>2</sub>O 6,07–11,37%; K<sub>2</sub>O 0,04–3,4%. Обособление лейкократовой (вариоли) и меланократовой фаз расплава произошло, вероятно, при участии ликвации исходного магнезиального базальтового расплава [Серавкин, Косарев, 1979].

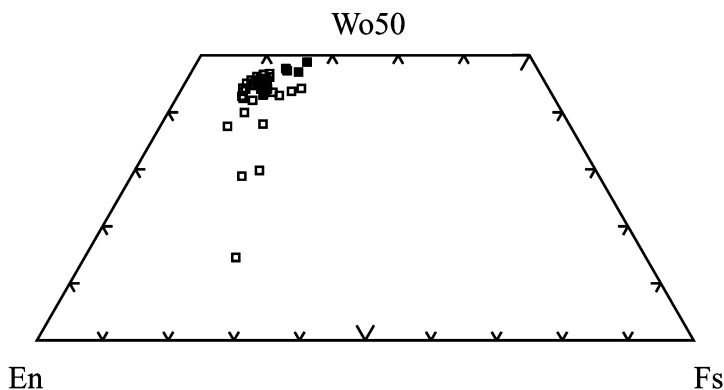
Изученные на микрозонде вторичные минералы представлены гранатом, хлоритом, сфеном, эпидотом, кварцем и кальцитом.

Рис. 1. Составы клинопироксенов бонинитовых вариолитов Бурибайского палеовулканического комплекса на диаграмме En — Wo — Fs. Залитые квадраты — клинопироксены образца Т-21, полые квадраты — клинопироксены образца Т-27

**Гидрогранаты** имеют округлую, реже октаэдрическую форму, размер зерен 0,1–0,12 мм, по составу они близки к андрадитам (см. табл.). Скопление гранатов обнаружено в миндалине кварц-гранат-хлоритового состава. Гидрогранаты образуют цепочку сросшихся округлых выделений во внешней зоне миндалины, часто соприкасаясь с краем миндалины. Иногда между границей миндалины и гидрогранатовой зоной присутствуют халцедоновидный кварц и хлорит. В некоторых зернах видны коррозионные взаимоотношения граната с кварцем и хлоритом, чем, вероятно, и обусловлена утрата гранатом характерных кристаллографических границ. В основной массе породы в интерстициях микролитов пироксена вблизи миндалины с гранатами встречаются единичные зерна гидрогранатов октаэдрической формы. Гидрогранаты обнаруживают ксеноморфизм по отношению к позднемагматическим микролитам пироксена. Кристофер-Мишель-Леви получила андрадит при давлении 500 бар и 500 °С, а Янич синтезировал андрадит под давлениями 150 атм и температуре 480 °С [Дир и др., 1965].

Судя по концентрации гидрограната во внешней зоне миндалины вместе с халцедоновидным кварцем и хлоритом, можно предполагать, что гранат возник на ранней стадии гидротермального автометаморфизма при температурах близких к 500 °С. При понижении температуры кристаллизовались высокотемпературный β-кварц и хлорит. На умереннотемпературной стадии, видимо, возникли зоны гематитизации во внешней зоне «подушек» пиллоу-базальтов в Бурибайском комплексе.

**Хлорит** является ведущим минералом зеленокаменно измененных вулканитов и околорудных метасоматитов колчеданных месторождений Южного Урала. В исследуемых породах хлорит присутствует в основной массе матрикса и в миндалинах, представлен магнезиально-железистой разновидностью, близко стоящей к прохлоритам. Колебания главных окислов в хлоритах имеют следующие пределы (см. табл.): FeO' — 10,47–15,6%; MgO — 19,8–26,3%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 11,3–18,2%; FeO'/MgO — 0,43–0,67.



## Химический состав минералов бонинитовых вариолитов Бурибайского комплекса

№.№ п/п	№.№ анализов	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Клинопироксены</b>											
1	T-21-1	52,92	0,17	0,9	8,64	0,05	0,22	13,49	23,36	0,23	0,02
2	T-21-2	52,51	0,13	1,08	9,96	0,15	0,16	12,74	22,75	0,48	0,02
3	T-21-3	52,01	0	0,93	10,2	0,28	0,32	12,14	23,9	0,16	0,05
4	T-27.5	52,25	0,34	3,97	6,97	0,2	0,34	16,04	20,37	0,16	0
5	T-27.5	51,64	0,38	4,46	5,78	0,33	0,11	16	22,02	0,15	0
6	T-27.5	51,46	0,43	4,55	5,92	0,13	0,11	15,4	21,95	0,18	0
7	T-27.5	50,02	0,44	5,45	6,35	0,07	0,11	15,12	22,45	0,1	0
8	T-27.5	51,57	0,28	4,15	7,73	0,32	0,25	15,22	21,23	0,14	0
9	T-27.5a	50,88	0,41	4,81	6,54	0,06	0,16	15,57	21,93	0,15	0
10	T-27.5a	51,44	0,23	4,02	7,88	0,2	0,27	15,59	21,15	0,11	0
11	T-27.5a	49,93	0,45	3,55	7,07	0,15	0,26	14,09	22,26	0,21	0
12	73	42,807	0,244	11,635	12,746	2,403	0,204	19,708	6,376	0,608	0,173
13	75	50,399	0,621	6,749	7,399	0,146	0,168	14,669	21,577	0,202	0,004
14	79	50,506	0,609	6,779	7,562	0,075	0,124	14,613	21,697	0,148	0,014
15	82	51,632	0,604	6,014	9,324	0,272	0,275	16,223	18,378	0,17	0,01
16	83	50,367	0,544	5,967	8,399	0,212	0,213	14,374	20,572	0,286	0,012
17	85	50,504	0,694	6,656	7,754	0,199	0,221	14,646	20,971	0,208	0,002
18	86	50,718	0,467	6,845	7,159	0,088	0,19	14,513	21,914	0,166	0,01
19	91	50,936	0,517	6,173	6,403	0,178	0,147	15,327	22,062	0,144	0,005
20	93	50,77	0,507	6,373	7,432	0,126	0,173	14,312	22,177	0,154	0,005
21	94	50,834	0,717	6,356	6,654	0,294	0,138	14,712	21,901	0,199	0
22	101	49,48	0,824	7,393	9,897	0,158	0,245	13,231	20,403	0,235	0,054
23	105	48,543	0,912	8,34	8,42	0,083	0,119	12,643	21,736	0,276	0,055
24	106	52,44	0,375	4,425	5,688	0,257	0,154	16,446	21,743	0,178	0,011
25	107	50,819	0,522	6,114	6,784	0,153	0,151	14,682	22,572	0,182	0,027
26	110	52,686	0,409	4,52	7,131	0,21	0,19	17,116	19,647	0,115	0,002
27	113	51,384	0,465	6,099	6,414	0,158	0,207	15,415	22,162	0,155	0,004
28	118	50,827	0,47	6,343	7,438	0,184	0,225	14,543	21,469	0,209	0,002
29	119	54,798	0,183	2,233	6,538	0,272	0,189	19,166	19,173	0,104	0,001
30	126	51,285	0,58	5,989	6,718	0,26	0,204	15,195	21,738	0,199	0,014
31	127	51,253	0,359	5,937	7,28	0,21	0,178	15,175	21,214	0,178	0
32	133	52,404	0,412	4,793	5,964	0,367	0,147	16,518	20,776	0,191	0
33	134	53,063	0,255	4,257	5,965	0,25	0,207	16,355	21,691	0,255	0,017
34	135	49,285	0,742	7,187	9,085	0,088	0,199	14,029	20,154	0,171	0
35	138	50,996	0,667	6,012	7,643	0,298	0,205	14,986	20,499	0,363	0,043
36	140	59,41	0,06	1,438	8,691	0,061	0,278	16,281	11,981	0,34	0,112
37	143	53,715	0,22	2,834	6,299	0,127	0,218	16,957	21,114	0,274	0,019
38	145	51,396	0,604	5,906	6,281	0,262	0,165	15,533	21,543	0,187	0
39	149	53,151	0,03	2,604	10,002	0,976	0,312	15,601	12,629	0,31	0,096
40	161	99,092	0,042	0,527	0,449	0,031	0,026	0,123	0,091	0,027	0,172
41	162	45,167	6,896	13,207	14,304	0,016	0,27	4,747	11,317	1,41	0,106
42	163	43,41	0,365	14,675	18,584	0	0,252	9,826	9,166	0,948	0,094
43	164	47,026	0,262	13,379	9,717	0,037	0,256	11,592	18,922	0,266	0,049

Таблица (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Шпинель</b>											
44	114	0,103	0,3	13,57	18,343	54,03	0,245	13,299	0,063	0,027	0
45	115	0,113	0,24	11,017	18,042	57,953	0,195	12,722	0,035	0,022	0,011
46	116	0,098	0,224	11,025	18,491	58,526	0,182	12,794	0,036	0	0,007
47	117	0,107	0,234	10,996	18,354	57,855	0,254	12,542	0,05	0,019	0,005
48	128	0,139	0,22	10,705	18,249	58,232	0,218	12,641	0,048	0,024	0
49	129	0,073	0,22	9,925	18,079	60,284	0,248	12,639	0,028	0	0
50	144	14,025	0,294	13,201	23,215	34,447	0,728	9,743	0,19	0,423	0,101
51	146	0,081	0,244	10,859	18,525	58,009	0,231	12,469	0,063	0	0,004
52	147	0,086	0,309	12,597	19,078	55,571	0,146	13,152	0,067	0	0,018
53	148	0,186	0,242	10,817	18,743	57,082	0,285	12,515	0,141	0,054	0,019
54	171	45,528	0,072	8,247	14,981	33,176	0,634	5,686	0,136	0,035	0,171
55	152	71,842	0,112	4,89	7,568	17,759	0,307	3,412	0,074	0,034	0,035
<b>Сфен</b>											
56	111	32,765	31,477	3,361	2,796	0,186	0,063	0,796	27,378	0,058	0,08
<b>Гранат</b>											
57	81	37,166	0,242	7,854	17,427	0,044	0,204	0,783	33,116	0,015	0,034
58	104	36,15	0,032	8,784	17,229	0,044	0,239	0,086	34,358	0,046	0,031
<b>Хлорит</b>											
59	76	43,9	0,195	11,321	13,073	0,322	0,318	20,819	6,233	0,404	0,141
60	77	35,495	0	16,068	10,736	0,389	0,132	22,298	0,812	0,043	0,83
61	80	40,514	0,088	12,242	11,966	1,83	0,354	22,765	4,041	0,152	0,102
62	88	32,346	0,013	15,973	15,606	0,202	0,118	23,163	0,76	0,018	0,09
63	90	34,226	0,033	16,162	14,255	0,675	0,179	23,591	0,8	0,049	0,217
64	95	37,658	0,045	13,534	11,608	0,824	0,214	24,803	2,791	0,106	0,246
65	98	36,038	0	16,413	11,165	0,303	0,145	21,487	0,479	0,042	2,056
66	99	28,724	0,028	13,122	11,842	0,772	0,129	21,374	0,939	0,011	0,232
67	102	32,239	0,022	16,105	14,05	0,3	0,15	24,17	0,658	0,066	0,072
68	109	32,485	0,018	15,627	13,548	0,371	0,148	22,749	0,562	0,026	0,076
69	122	31,334	0,025	18,237	14,984	0,174	0,201	24,977	0,329	0,032	0,023
70	123	31,334	0,017	15,263	15,026	0,767	0,208	24,012	0,505	0,018	0,008
71	125	32,626	0,023	16,145	15,986	0,457	0,146	24,637	0,939	0,007	0,028
72	131	26,121	0	11,926	11,446	4,404	0,136	20,786	1,023	0,054	0,072
73	132	31,223	0	15,04	11,407	0,409	0,17	26,33	0,365	0,04	0,027
74	141	28,427	0,002	12,204	11,088	0,564	0,074	19,792	3,664	0,168	0,648
75	150	30,121	0,015	16,181	12,574	0,509	0,147	25,455	0,402	0,08	0,084
76	153	32,327	0,003	15,62	12,15	0,615	0,161	26,307	0,498	0,086	0,14
77	168	28,619	0,027	13,307	10,469	0,583	0,136	22,57	6,063	0,518	0,24
78	172	31,824	0	15,954	11,81	0,931	0,116	23,717	0,4	0,046	0,084
<b>Апостекловатые кислые вариолы, кварц-альбитовые агрегаты</b>											
79	84	64,709	0,087	23,812	2,322	0,018	0	2,124	2,58	6,073	3,407
80	87	74,173	0,023	21,744	0,243	0,031	0,005	0,058	0,834	10,545	0,216
81	89	74,357	0,01	21,783	0,395	0	0,012	0,096	0,533	10,347	0,531
82	103	73,042	0,003	20,582	0,624	0,034	0	0,841	0,263	11,377	0,043
83	108	71,737	0,038	22,996	0,66	0,057	0,015	0,612	1,753	9,331	0,955
84	142	73,649	0,002	22,889	0,252	0,003	0,023	0,26	1,466	9,983	0,301
85	136	93,476	0,028	0,389	1,717	0	0,08	3,563	3,194	0,139	0,057

Таблица (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
86	139	94,98	0,013	0,983	0,67	0,044	0,026	0,799	0,288	0,096	0,508
<b>Эпидот</b>											
87	154	36,886	0,239	11,792	13,262	0,102	0,245	0,161	35,56	0,059	0,03
88	155	36,374	0,375	10,664	14,393	0,105	0,183	0,313	34,779	0,04	0,024
89	160	37,335	0,399	10,668	14,285	0,102	0,208	0,323	34,375	0,057	0,035

**Примечание:** микронзондовый анализ минералов проведен в лабораториях Геологического факультета МГУ (пробы №№ 1–3), Университета г. Удины (Италия) (пробы №№ 4–11), Департамента Минералогии Музея Естественной Истории, г. Лондон (пробы №№ 12–89).

На Юбилейном колчеданном месторождении состав хлоритов [Пшеничный и др., 1974] имеет более широкий диапазон колебаний: FeO' — 4,39–17,69%; MgO — 11,94–30,67%; FeO'/MgO — 0,16–0,98.

Среди хлоритов Г.Н. Пшеничный с соавторами [1974] выделяет клинохлоры и преобладающие прохлориты, а также клинохлоры-прохлориты и редко встречающиеся прохлорит-корундофиллиты. Присутствие в рудных телах Юбилейного месторождения и в хлоритолитах основания рудной залежи низкожелезистых хлоритов (FeO'/MgO — 0,2–0,27), а высокожелезистых хлоритов — со стороны висячего бока рудного тела и умеренно повышенная железистость прохлоритов в удаленной от месторождения зоне в разрезе по реке Таналык (обр. Т-27) позволяют сделать вывод о том, что появление низкожелезистых хлоритов связано с процессами выноса железа из вмещающих околорудных пород [Прокин, 1977; Серавкин, 1986] в процессе формирования месторождения. Заметного выноса железа из удаленной зоны окислительного диагенеза, видимо, не было.

#### Выводы:

1. Химические составы вулканитов и клинопироксенов бонинитовых вариолитов, присутствие среди них салитов, эндиопсидов, авгитов, субкальциевых авгитов позволяют относить эти породы к типу высококальциевых бонинитов. Выплавление исходных для высококальциевых бонинитов магм происходило в надсубдукционном мантийном клине при высоких концентрациях флюидной фазы, высокой степени плавления мантийного субстрата и высокой температуре. Формирование бонинитов и магнезиальных толеитов фиксирует прогрессивную стадию эволюции поднимающегося мантийного диапира.

2. Постмагматическая стадия включает высокотемпературный автометаморфизм (гидрогранат, высокотемпературный кварц) — умереннотемпературный автометаморфизм (хлорит, эпидот, гематит) — гальмиролиз и окислительный диагенез

(селадонит) — метаморфизм погружения пренилпумпеллиитовой и эпидот-актинолитовой фаций. Судя по составу хлорита, процессы окислительного диагенеза и метаморфизма погружения выносом железа не сопровождалось. Пониженные концентрации железа являются характерной первичномагматической чертой бонинитовых петрогенетических серий.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Поволжье 08–05–97005; № 40/39-П.

#### Литература:

**Вулканизм Южного Урала / И.Б. Серавкин, А.М. Косарев, Д.Н. Салихов и др.** М.: Наука, 1992. 197 с.

**Высоцкий С.В.** Офиолитовые ассоциации островодужных систем Тихого океана. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 196 с.

**Дир У.А., Хауи Р.А., Зуслан Дж.** Породообразующие минералы. Т. 1 М.: Мир, 1965. 366 с.

**Косарев А.М., Серавкин И.Б., Бородулин А.А., Миннибаева К.Р.** Медь, цинк и некоторые элементы группы железа в вулканитах баймак-бурибаевской свиты на Юбилейном колчеданном месторождении и его флангах // Геологический сборник № 1 / ИГ УНЦ РАН. Уфа, 2000. С. 94–98.

**Пшеничный Г.Н., Середина М.А., Боброва М.С.** Хлориты Юбилейного месторождения и их взаимоотношения с оруденением // Минералогия, геохимия, метаморфизм и полезные ископаемые Башкирского Зауралья. Уфа: БФАН СССР, 1974. С. 17–26.

**Прокин В.А.** Закономерности размещения колчеданных месторождений на Южном Урале. М.: Недра, 1977. 176 с.

**Серавкин И.Б.** Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.

**Серавкин И.Б., Косарев А.М.** О происхождении контрастных и непрерывных серий базальт-липаритовой формации Южного Урала // Докл. АН СССР. 1979. Т. 245, № 5. С. 1210–1214.

**Bailey D.G., Langdon G.S., Malpas J., Robinson P.T.** Ultramafic and related lavas from the Margi area, Troodos ophiolite // Cyprus crystal study project initial report, holes CY-1 and 1a. Geological survey of Canada Paper 90–20. 1991. P. 187–202.

**Cameron W.E., McCulloch M.T., Walker D.A.** Boninite petrogenesis: chemical and Nd-Sr isotopic constraints // *Earth Planet Sci. Lett.* 1983. V. 65. P. 75–89.

**Crawford A.J., Falloon T.J., Green D.H.** Classification petrogenesis and tectonic setting of boninites // *Boninites / A.J. Crawford (Ed.)*. Unwin Hyman, London, 1989. P. 2–49.

**Sobolev A.V., Dmitriev O.P., Tsameryan et al.** A possible primary melt composition for the ultramafic lavas of the Margi

area, Troodos ophiolite, Cyprus // Cyprus crustal study project: initial report, holes Cy-1 and 1a. Geological survey of Canada Paper 90–20. 1991. P. 203–216.

**Spadea P., Kabanova L., Scarrow J.H.** Petrology, geochemistry and geodynamic significance of Mid-Devonian boninitic rocks from the Baimak-Buribai area (Magnitogorsk zone, Southern Urals) // *Ofioliti*. 1998. V. 23, No 1. P. 17–36.