

( )

• •

167982, . , . , 54

E-mail: nskuznetsova@geo.komisc.ru

2 2007 .

## THE COMPOSITION AND CONDITIONS OF FORMATION OF THE KHARBHEY COMPLEX MAFITES, THE POLAR URALS

**N.S. Kuznetsova**

*Institute of Geology, Komi Science Centre, Urals Branch of RAS*

The chemical composition characteristic of mafites from the Kharbey metamorphic complex is adduced in the paper with the purpose of the original composition and geodynamic settings reconstruction. It is shown that petrochemical and geochemical peculiarities of amphibolites and schists reveal their generation conditions. Metabasites are divided into two series: tholeiitic and calc-alkali; they have the sings of continental, island-arc, and oceanic settings. Such peculiarities may be related to establishment of mafites in geodynamic settings close to the West Pacific or island-arc types with the initial stage of continental crust rifting.

Key words: *mafites, the Kharbey complex, metabasites, continental and island-arc types.*

( . 1).

[ , 1962],

1974; ,1984; , 1994; [ , 1997].



0,1 20 , - (1,2-1,5 %) - ( 1,2 %),  
1,5 % ) , ( -

[ -

, 2006].

48,19 54,22 % ( . 1). -

- (1,07-1,15 %) -

(1,5-2,1 %), -

(0,53-0,75) (0,75-0,94)

Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> [ -

..., 1983] -

( . 2). -

- ( . 3). -

[Pearse, 1976] .

( . 4). -

1,2 %. -

49,93 % 58,69 %, -

( . 2), -

17,24-19,49 %, -

1,13-3,04 % . 3,67-6,11 % -  
 2,48 5,02 % . - 1,24 1,49 % . -  
 FeO/MgO-SiO<sub>2</sub> - 46,14 52,87 % .  
 ( . 3).  
 ( . 4).

1

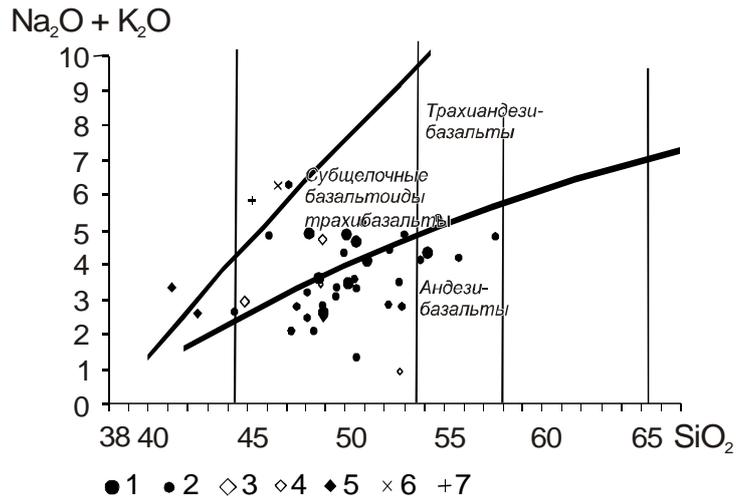
( . %)

	1	2*	3	4	5	6	7	8	9	10*
	x-11-8	-13-1	-13-10	-14-13	-116-1	-116-2	-116-3	-116-5	-115-2	-12-5
SiO <sub>2</sub>	53,19	50,06	48,89	48,19	50,57	51,10	54,22	49,62	51,51	48,66
TiO <sub>2</sub>	1,50	1,92	2,1	1,6	1,15	1,07	2,01	1,66	1,76	1,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,96	12,67	12,12	16,29	13,86	13,26	14,49	14,12	14,11	14,74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,11	6,8	6,53	5,13	2,93	3,66	3,46	5,64	3,38	4,36
FeO	7,52	8,07	9,76	4,18	6,48	5,86	7,68	9,70	7,62	7,64
MnO	0,23	0,18	0,16	0,17	0,21	0,18	0,23	0,27	0,24	0,21
MgO	3,53	4,99	5,94	8	9,02	7,88	4,18	4,81	5,61	6,35
CaO	8,40	8,21	9,59	9,03	9,49	10,78	7,26	9,03	9,11	9,91
Na <sub>2</sub> O	4,04	4,48	1,97	4,26	3,64	3,27	3,53	2,88	3,31	3,15
K <sub>2</sub> O	1,52	0,36	0,58	0,6	0,99	0,80	0,77	0,51	0,86	0,43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,27	0,42	0,12	0,19	0,01	0,47	0,32	0,04	0,29	0,37
. .	1,74	0,6	2,23	2,36	1,65	1,66	1,85	1,72	2,2	0,97
	100	99,64	100	100	100	100	100	100	100	99,21
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	5,56	4,84	2,55	4,86	4,63	4,07	4,30	3,39	4,17	3,58
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	2,65	12,44	3,39	7,1	3,67	4,08	4,58	5,65	3,84	7,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MgO)	0,80	0,63	0,54	0,94	0,75	0,76	0,94	0,70	0,85	0,8
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	-12-6	-16-1	x-16-3	-16-13	-112-6	-111-4	-114-2	-109-7	-108-2	-108-5
SiO <sub>2</sub>	50,15	49,52	52,22	48,42	50,58	50,48	48,07	53,01	49,74	49,36
TiO <sub>2</sub>	1,37	1,82	0,96	1,49	2,17	1,31	2,59	0,87	1,61	1,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,19	13,29	13,71	12,08	13,79	12,70	14,45	14,89	14,41	15,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,24	5,38	1,44	5,4	6,80	2,86	4,65	2,66	5,37	4,31
FeO	7,48	9,14	6,11	8,1	6,42	6,66	10,06	5,94	6,76	5,87
MnO	0,21	0,23	0,23	0,22	0,22	0,25	0,22	0,20	0,25	0,26
MgO	8,22	10,36	10,36	9,19	5,13	9,22	6,03	7,11	6,94	8,14
CaO	9,62	10,09	10,05	10,38	9,44	10,68	8,48	8,64	9,37	8,77
Na <sub>2</sub> O	2,82	2,49	2,48	1,71	3,02	3,18	2,93	4,64	3,44	4,09
K <sub>2</sub> O	0,61	0,55	0,33	0,34	0,25	0,36	0,25	0,20	0,32	0,24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,21	0,01	0,16	0,10	0,14	0,31	0,04	0,04	0,07
. . .	1,81	2,11	2,09	2,5	2,08	2,15	1,97	1,81	1,74	1,67
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	3,43	3,04	2,81	2,05	3,27	3,54	3,18	4,84	3,76	4,33
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	4,62	4,52	7,52	5,03	12,08	8,83	11,72	23,20	10,75	17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MgO)	0,74	0,53	0,76	0,53	0,75	0,67	0,69	0,95	0,75	0,85

	21	22*	23*	24	25	26	27*	28	29
	-112-2	-108-1	-16-10	-109-5	-100-4	-17-6	-18-1	-112-4	-112-9
SiO <sub>2</sub>	50,52	49,28	49,32	58,69	57,66	53,85	47,54	44,37	47,28
TiO <sub>2</sub>	0,5	0,71	1,95	0,84	1,65	1,97	1,56	1,50	1,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,24	17,39	14,33	19,49	15,23	15,02	13,59	14,71	13,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,32	4,54	4,25	1,13	3,50	3,5	3,77	6,61	6,79
FeO	3,86	4,28	9,21	3,67	7,24	7,01	10,74	11,08	10,47
MnO	0,15	0,16	0,49	0,06	0,25	0,21	0,24	0,53	0,27
MgO	7,55	6,8	6,23	1,39	1,66	4,46	6,17	6,91	5,58
CaO	8,12	10,36	9,01	4,77	6,13	7,64	10,59	8,66	10,12
Na <sub>2</sub> O	2,89	3,3	1,98	8,87	4,54	3,75	2,46	2,38	1,72
K <sub>2</sub> O	0,07	0,53	0,23	0,12	0,23	0,35	0,29	0,22	0,32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1	0,06	0,3	0,03	0,19	0,35	0,16	0,39	0,47
. . .	3,78	1,7	1	0,93	1,73	1,72	0,79	2,66	2,23
	100	99,54	99,31	100	100	100	99,08	100	100
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	2,96	3,83	2,21	8,99	4,77	4,1	2,75	2,60	2,04
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	41,4	6,2	8,6	73,00	19,70	10,7	8,48	10,80	5,37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /FeO+ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO	1,03	1,11	0,72	3,14	1,22	1	23	24	0,57
	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	-113-7	-113-8	-108-8(1)	-111-1	-100-6	-111-12	-119-3	-109-1	-109-6
SiO <sub>2</sub>	43,47	48,11	46,71	55,80	49,58	57,66	52,87	50,88	49,93
TiO <sub>2</sub>	1,77	1,80	2,4	1,97	2,44	1,05	1,24	1,37	0,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,43	13,28	13,69	12,69	14,51	14,71	12,37	16,27	18,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,01	4,75	6,72	4,28	4,12	4,06	2,77	3,11	3,04
FeO	12,42	10,45	10,16	6,99	9,86	6,87	11,10	7,56	4,42
MnO	0,27	0,23	0,34	0,25	0,34	0,19	0,24	0,23	0,16
MgO	6,91	6,12	5,37	3,57	3,85	3,2	5,32	6,70	6,54
CaO	9,77	10,59	9,25	8,08	8,14	7,23	9,49	7,23	10,07
Na <sub>2</sub> O	1,80	1,71	2,41	3,14	3,10	3,05	2,33	4,97	4,03
K <sub>2</sub> O	0,34	0,73	0,28	1,03	0,22	0,31	0,43	0,22	0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,42	0,23	1	0,28	2,11	0,13	0,20	0,10	0,02
. . .	2,4	2,03	1,68	1,92	1,72	1,55	1,64	1,45	2,28
	100	100	100	100	100	100	100	100	100
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	2,14	2,44	2,69	4,17	3,32	3,36	2,76	5,19	4,31
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	5,29	2,34	8,61	3,04	14,09	9,8	5,41	22,59	14,39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MgO)	0,70	0,62	0,82	0,85	0,81	1,04	0,64	0,93	1,31
	39	40	41*	42	43*	44	45	46*	47*
	-110-7	-109-4	-107-1	-107-8	-107-3	-108-6	-108-3	-109-9	-16-12
SiO <sub>2</sub>	54,72	52,25	46,14	52,76	47,13	48,17	48,94	52,80	48,76
TiO <sub>2</sub>	1,01	1,75	1,31	1,44	1,31	0,22	0,37	0,30	0,35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,46	15,57	13,14	12,77	12,11	13,47	13,08	17,08	13,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,65	3,44	4,39	3,63	4,68	3,39	4,35	1,42	3,37
FeO	4,33	6,59	11,10	9,49	10,36	5,32	5,83	6,68	6,50
MnO	0,18	0,22	0,27	0,29	0,17	0,16	0,23	0,20	0,20
MgO	3,80	5,90	6,76	6,35	7,80	15,02	12,84	6,13	11,35
CaO	7,06	7,85	7,96	7,20	6,76	8,63	9,15	11,31	8,89
Na <sub>2</sub> O	5,02	4,21	4,58	3,36	6,19	2,75	2,89	0,87	2,90
K <sub>2</sub> O	0,29	0,18	0,22	0,11	0,10	0,33	0,35	0,13	0,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,62	0,06	0,12	0,01	0,05	0,1	0,1	0,05	0,06
. . .	1,88	1,96	2,04	2,6	1,26	2,42	1,95	1,82	1,85
	100	100	99,25	100	99,05	100	100	99,52	99,08
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	5,31	4,39	4,80	3,47	6,29	3,08	3,24	1,00	3,39
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	17,30	23,30	20,80	30,50	61,00	8,3	8,26	6,60	5,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MgO)	1,71	0,97	0,59	0,65	0,53	0,57	0,56	1,20	0,60



. 2. [ ... , 1983].  
 : 1 - ; 2 -  
 ; 3 - ;  
 ; 4 - ;  
 5 - ;  
 ; 6 - ;  
 ; 7 -



( . 4).

TiO<sub>2</sub> 1,29 %.

( . 4).

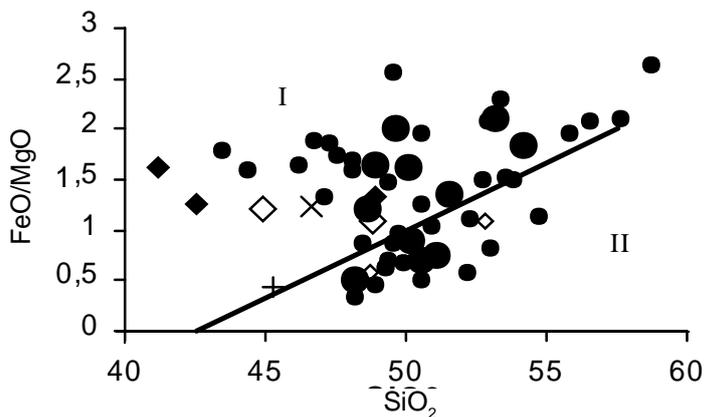
1,75 2,03 %,  
 41,2-48,92 %.

[William, Boynton, 1984].

10-15 ( . 5 , ).

( . 4).

La/Yb 1,6 2,6,



. 3.

FeO/MgO-SiO<sub>2</sub> [ ... , 1994].

: I - , II -

. 2.



( / )

	1	2	3	4	5	6	7	8
	-13-1	-12-5	-115-2	-116-1	-116-3	-16-13	-16-10	-100-4
La	13,4	17,4	9,22	9,85	11,6	10,2	11,7	13,7
Ce	30,2	35,2	22,5	20,8	25	23	27,5	31,4
Pr*	4,98	4,4	3,13	2,63	3,23	3,01	3,78	4,24
Nd	18,2	19,1	14,9	11,3	14	13,2	18,9	20,3
Sm	5,17	5,2	4,87	3,22	4,04	3,98	5,81	6,04
Eu	1,22	0,96	0,25	0,21	2,07	0,35	0,54	2,1
Gd*	7,6	5,78	6,12	4,12	5,47	5,07	7	8,12
Tb	1,18	0,8	0,93	0,59	0,82	0,75	1,02	1,22
Dy*	7,08	4,2	5,22	3,12	4,7	4,41	5,53	7,15
Ho*	1,62	0,81	1,17	0,66	1,03	0,94	1,2	1,57
Er*	4,51	2,02	3,08	1,72	2,75	2,51	3,08	4,32
Tm*	0,66	0,26	0,44	0,24	0,41	0,36	0,44	0,61
Yb	3,9	1,28	2,25	1,22	1,99	1,78	2,09	3,42
Lu	0,61	0,18	0,38	0,18	0,34	0,3	0,35	0,54
Sr	690	415	48	860	615	2165	500	620
Sr**	160	240	210	160	80	60	120	90
Y**	50	30	90	40	10	-	-	40
Nb**	-	-	-	-	-	-	-	-
Rb	-	46,6	-	-	1,89	-	77,4	-
Ba	300	-	195	105	285	135	210	80
Th	2,29	0,37	2,27	0,38	2	0,36	0,74	0,45
Zr	-	110	78	-	55	87	37	19
Hf	3,08	2,29	6,19	0,51	7	1,78	4,93	6,87
Cs	-	0,52	0,8	1,99	0,78	-	0,29	0,46
Sc	43,8	49	47,6	44,3	44,4	48,9	48,4	39,6
r	6,69	113,2	89,3	193,8	30,6	152,2	46,4	4,38
Co	41,2	27,8	38,8	35,1	30,8	40,1	22,3	16,8
Ni	-	-	120	310	-	-	-	280
Zn	200	-	-	-	-	30	-	-
Se	4,46	0,38	6,39	0,66	-	5,6	6,2	2,3
As	8,8	5,05	7,78	12	7,77	4,32	-	5,41
Sb	2,56	0,44	-	0,12	1,43	0,6	1,2	0,21
U	2,03	0,23	0,72	0,82	0,82	0,46	0,82	1,31
Br	1,37	3,22	3,32	0,57	0,87	0,88	0,28	4,75
Ta	0,14	-	-	0,79	0,22	0,45	0,47	0,54
Au	0,033	-	0,027	0,007	0,015	-	0,011	0,028
Ag	-	-	-	-	-	-	-	4,94
Na %	3,32	2,16	2,61	2,91	2,96	1,51	1,3	3,2
Ca %	5,62	5,81	4,64	4,43	5,11	6,53	7,38	4,57
Fe %	10,9	9,04	8,48	6,81	9,49	10,8	10,1	8,53
Ti	11500	9400	10560	6900	12060	8940	11700	9900
K	1400	1784	3568	4107	3194	1410	954	954
La/Yb	3,4	13,5	4,09	8,07	5,8	5,7	5,2	4
La/Sm	2,59	3,3	1,8	3,05	2,87	2,5	2	2,2
Rb/Sr	-	0,11	-	-	0,003	-	0,15	-
Ba/Sr	0,43	-	4	0,12	0,46	0,06	0,42	0,12
K/Rb	-	38,2	-	-	1689	-	12,3	-
Th/Yb	0,5	0,29	1	0,31	1	0,2	0,35	0,13
Ta/Yb	0,04	-	-	0,64	0,11	0,25	0,22	0,16

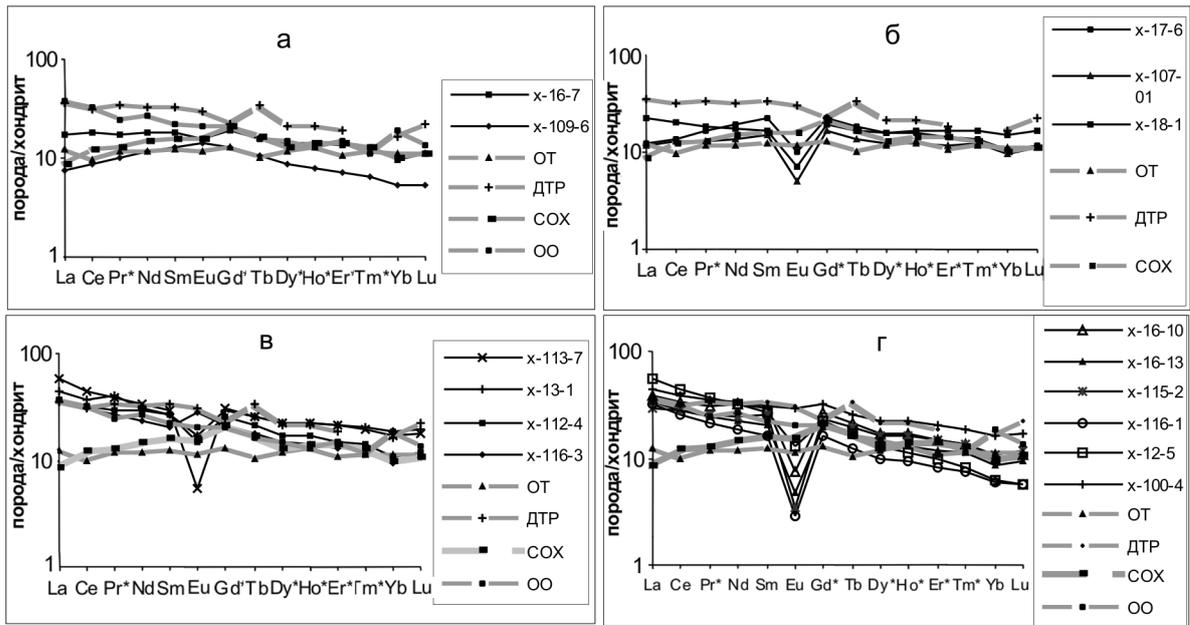
	9	10	11	12	13	14	15
	-113-7	-18-1	-112-4	107-01	-109-6	-16-7	17-6
La	17,8	6,82	11,3	3,65	2,34	5,33	3,73
Ce	36,2	16	26,4	10,2	6,92	14,4	11
Pr*	4,6	2,2	3,58	1,53	1,2	2,11	1,98
Nd	20,3	10,3	17,4	8,02	6,97	10,9	11,4
Sm	5,78	3,24	5,18	2,92	2,51	3,59	4,41
Eu	0,39	0,52	1,1	0,37	1,03	1,17	0,75
Gd*	7,9	5	6,7	4,3	3,28	4,99	5,88
Tb	1,18	0,8	0,99	0,65	0,49	0,75	0,88
Dy*	7,03	4,99	5,5	4	2,73	4,5	5
Ho*	1,57	1,19	1,2	0,88	0,57	1,01	1,11
Er*	4,38	3,47	3,13	2,5	1,47	2,75	3
Tm*	0,63	0,53	0,45	0,39	0,21	0,42	0,44
Yb	3,6	3,07	2,27	1,96	1,1	2,03	2,23
Lu	0,58	0,53	0,38	0,35	0,17	0,36	0,38
Sr	690	1430	225	1725	245	950	465
Sr**	20	60	70	20	190	110	60
Y**	30	–	80	60	20	–	70
Rb	–	–	–	33,1	–	–	41,6
Ba	410	75	65	165	98	170	280
Th	0,5	0,61	1,94	1,1	0,75	0,67	0,11
Zr	–	61	–	31	53	43	34
Hf	8,02	1,93	2,47	0,36	1,03	0,65	5,2
Cs	–	–	–	0,79	0,32	4,79	0,63
Sc	53,5	52,4	46,1	54,8	31,7	54,2	42,2
r	169,6	74,2	98,3	54,3	180,9	179,7	9,2
Co	44	36,9	37,7	45	37,7	27,4	19,1
Ni	230	750	150	300	–	240	140
Zn	–	70	160	–	–	–	–
Se	7,39	3,56	2,65	3,26	4,6	4,73	2,51
As	11,6	21	6,38	6,1	6,12	18,5	7,87
Sb	0,33	0,99	0,8	1,11	0,2	0,54	0,68
U	1,43	2,33	2,94	0,93	0,32	4,26	0,8
Br	0,75	2,43	1,6	0,76	0,79	5,62	0,4
Ta	0,33	0,4	0,23	1,53	0,22	0,44	–
Au	–	0,045	0,013	0,01	–	0,033	–
Ag	–	–	–	5,67	2,1	–	–
Na %	1,48	1,75	1,88	2,62	3,22	2,4	2,64
Ca %	7,85	6,18	6,04	4,69	8	8,65	5,83
Fe %	12,6	10,3	11,3	10,1	5,59	12,4	8,1
Ti	10620	9360	9000	7860	5220	11820	11820
K	1410	1203	912	912	1161	2364	1452
La/Yb	4,9	2,22	4,9	1,86	2,1	2,6	1,6
La/Sm	3,07	2,1	2,1	1,25	0,9	1,4	0,84
Rb/Sr	–	–	–	0,019	–	–	0,08
Ba/Sr	0,59	0,05	0,28	0,09	0,4	0,17	0,6
K/Rb	–	–	–	27,5	–	–	34,9
Th/Yb	0,14	0,19	0,85	0,56	0,68	0,33	0,05
Ta/Yb	0,09	0,13	0,1	0,78	0,2	0,21	–

(\*)

(\*\*),

: La,

Sm, Eu, Na, Sc, Co, As, Sb – 3-5 %; Ce, Nd, Tb, Yb, Lu, Rb, Cs, Cr, Fe, Zn, Se, U, Th, Hf, Ta – 5-10 %;  
– 10-20 %.



. 5.

[William, Boynton, 1984].

1976]; - [ , 1985]; - [ , 1976]; - [ , 1973].

MORB [Tarney et al., 1981].

. 6,

40-60 10-15 ( . 5 ).

N-MORB,

( , 1997).  
Th-Hf-Ta Th/Yb-Ta/  
Yb [ ..., 1991; Wood, 1980]

, 1988].

N-MORB ( . 6 ).

E-MORB ( . 7).

( -109-5, 6; -16-3),  
( -18-1,  
-107-1, 3)  
( -17-6),  
( -107-  
02) ( -16-7)

[ , 1997].





208 . . . . . - evolution of the northeastern part of the European craton: a look from the Urals. Syktyvkar: IG KSC UD RAS, 2003. 32 p.

: . . . . . - *William V., Boynton W.* Geochemistry of rare earth elements meteorite studies // Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam, 1984. P.11-30.

: . . . . . - *Tarney J., Saunders A.D., Mathey D.P. et al.,* Geochemical aspects of back-arc spreading in The Scotia Sea and western Pacific // Phil. Trans. R. Soc. Lond. A. 300. 1981. P. 263-285.

// *Wood D.A.* The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tektonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province // Earth Planet. Sci. Lett. 1980. V. 50. P. 11.

. . . . . , 1973. . 198-241.

*Pearce J.A.* Statistical analysis of major element patterns in basalts // J. Petrol. 1976. V. 17. 1. P. 15-43.

*Pystin A.M., Pystina J.I.* Early Precambrian