

552.2 550

01201282371



12 26.11.2015

.....

.....

« 26 » 2015

VIII.71.

VIII.71.1.

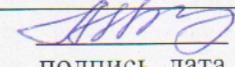
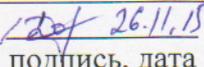
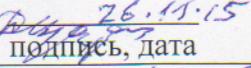
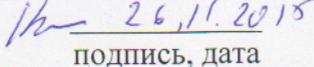
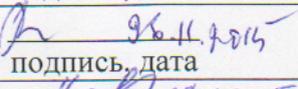
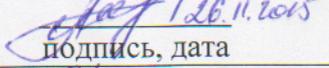
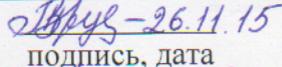
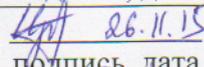
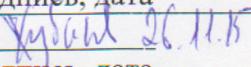
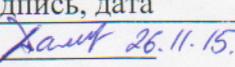
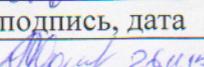
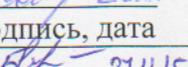
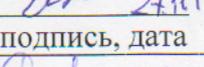
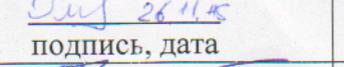
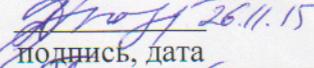
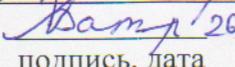
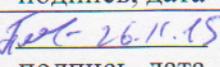
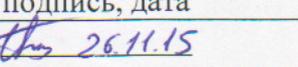
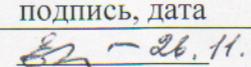
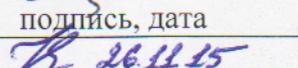
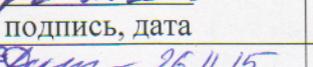
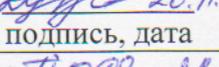
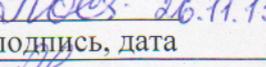
VIII.71.1.5.

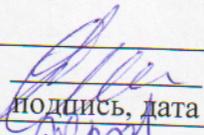
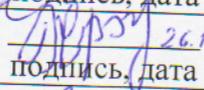
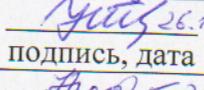
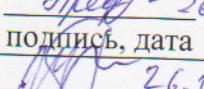
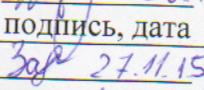
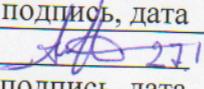
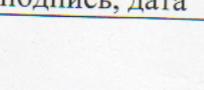
()

.....

.....
ОЛПИСЬ, ЦИФР

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы д.г.-м.н., дир.	 подпись, дата 26.11.2015.	А.А. Цыганков (введение, раздел 1, заключение, общая редакция)
Исполнители темы:		
д.г.-м.н., в.н.с (0.2)	 подпись, дата 26.11.15	Дорошкевич А.Г. (раздел 2)
д.г.-м.н., в.н.с (0.3)	 подпись, дата 26.11.15	Д.И. Царев (раздел 3)
к.г.-м.н., зав. лаб.	 подпись, дата 26.11.2015	С.В. Канакин (раздел 4)
к.г.-м.н., в.н.с.	 подпись, дата 26.11.2015	Г.С. Рипп (раздел 2)
к.г.-м.н., уч. сек.	 подпись, дата 26.11.2015	Т.Н. Анциферова (раздел 1.2)
к.г.-м.н., с.н.с.	 подпись, дата 26.11.15	Т.Т. Врублевская (раздел 1)
к.г.-м.н., с.н.с.	 подпись, дата 26.11.15	И.А. Избродин (раздел 2)
к.г.-м.н., н.с.	 подпись, дата 26.11.15	В.Б. Хубанов (раздел 4)
к.г.-м.н., н.с.	 подпись, дата 26.11.15.	Л.Б. Дамдинова (раздел 3)
к.г.-м.н., н.с.	 подпись, дата 26.11.15	Е.И. Ласточкин (раздел 2)
к.г.-м.н., н.с.	 подпись, дата 26.11.15	М.О. Рампилов (раздел 2)
к.г.-м.н., м.н.с.	 подпись, дата 27.11.15	Г.Н. Бурмакина (раздел 1)
к.г.-м.н., м.н.с.	 подпись, дата 26.11.15	М.В. Рампилова
к.г.-м.н., м.н.с.	 подпись, дата 26.11.15	Д.Т. Аюржанаева
м.н.с.	 подпись, дата 26.11.15	А.А. Батуева
с.н.с.	 подпись, дата 26.11.15	В.Ф. Посохов (раздел 2)
м.н.с	 подпись, дата 26.11.15	Б.Т. Цыренов (раздел 1)
инж. 1 категории	 подпись, дата 26.11.15	Н.Н. Егорова (подготовка иллюстраций)
инж. 1 категории	 подпись, дата 26.11.15	К.В. Непомнящих (раздел 4)
инж. 2 категории	 подпись, дата 26.11.15	Е.Е. Дугданова (подготовка иллюстраций)
вед. инж.	 подпись, дата 26.11.15	В.Л. Посохова (графическая обработка изотопных данных)
инж. 2 категории	 подпись, дата 26.11.15	Е.В. Ходырева (определение состава минералов)
инж.	 подпись, дата 26.11.15	А.М. Хубанова

вед. инж.	 подпись, дата 26.11.2015	В.А. Тюгашев
инж. 1 категории	 подпись, дата 26.11.15	Е.А. Хромова (эл. микроскопические исследования)
вед. инж.	 подпись, дата 26.11.15	Е.Д. Утина (пробоподготовка)
инж. 2 категории	 подпись, дата 26.11.15	Н.А. Арефьева (пробоподготовка)
инж. 2 категории	 подпись, дата 26.11.15	М.Д. Буянтуев
аспирант, (лаб. 0.5)	 подпись, дата 27.11.15	Замбалов В.П. (1 раздел)
студ., (лаб. 0.5)	 подпись, дата 27.11.15	Извекова А.Д (2 раздел)

УДК 552.2 550

Ключевые слова: научный отчет, магматическая петрология, щелочные граниты, изотопная геохимия, абсолютный возраст, редкометалльные месторождения, масс-спектрометрия, Саяно-Байкальская складчатая область

26 ., 16 , 1 ., 1 .

, , -

, - -

-

- . - -

- , - -

- , -

- .

, -

, (), -

(ICP-MS)

- (), -

(U-Pb,).

(, , , S,

Sr, Nd)

- ,

, .

,

- ,

LA-ICP-MS

-

, -

,

LA-ICP-MS

-

-

	7
1. - : , -	9
2. - : , -	15
3. - , -	18
4. LA-ICP-MS : ,	23
	26
	27
	28

(7.32-2001).

,

- -

-

-

- -

$A/CNK = Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$, .

Ap -

Bt-

Ep-

$f \# FeO^{tot.} / (FeO^{tot.} + MgO)$, .

HFSE -

Ilm -

Kfs -

LA-ICP-MS - - - -

LILE -

MSWD –

Or – ,

Qtz -

PR

REE –

SMOW –

SHRIMP-RG –

TAS – $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$

Ttn -

U-Pb – -

« ».

280

120

()

, -
- , -
- , / -
- . -
, -
- , -
, -
- . -
- , - -
- - -
- , -
- , -
- , -
- . -
2015 , - -
- - -
- (, -
).

1.

,
 ,
 (280 – 273 .),
 (1600 ²) (2000 ²) ,
 [., 2010; Litvinovsky et al., 2015].
 (-)
 (-)
 230 212 . [Litvinovsky et al., 2015].
 ,
 ,
 Nd: -5 0 [
 , 2014; Litvinovsky et al., 2011],
 Nd 0 5.
 U-Pb
 (PR?).
 (1).
 200 ²

85 %

K-Na-

.%

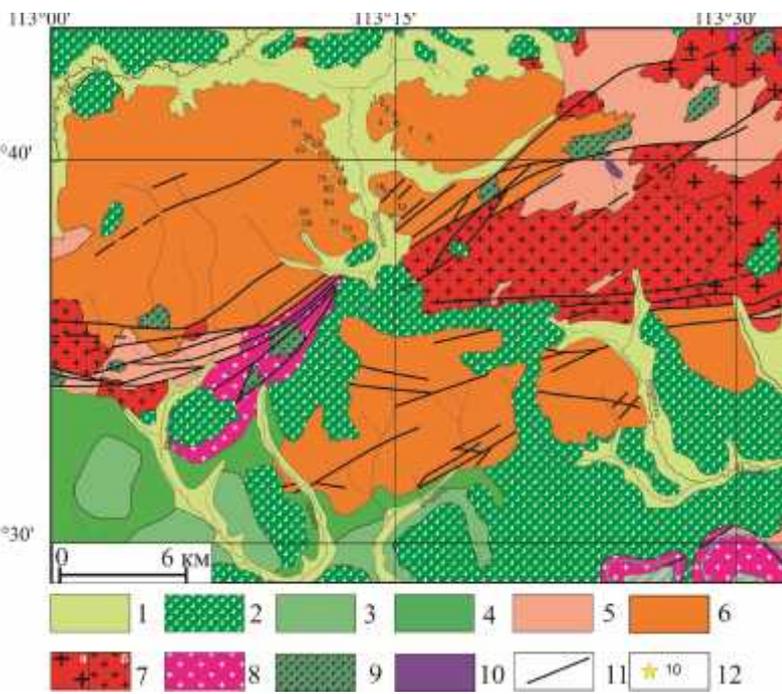
(-);

(%) -

Ca-Na

(

),



1.

N-49-XXIV.

1 -

:

; 2 -

(3)

(4)

:

; 5 -

(?)

; 6 -

(); 7 -

:

(),

(); 8 -

; 9 -

; 11 -

; 10 -

, 12 -

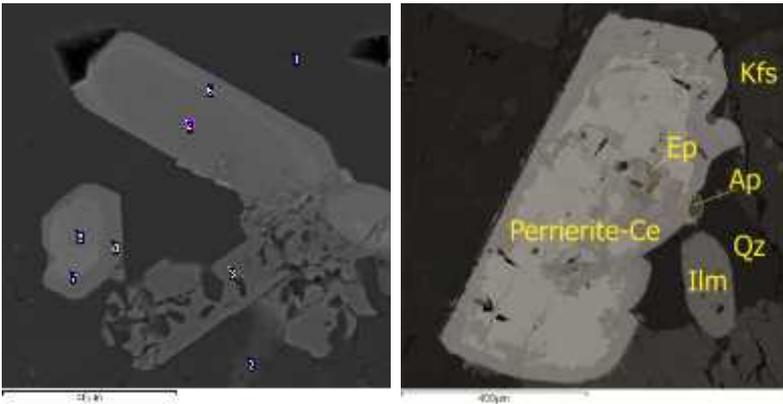
K-Na

(50 - 65 .%),

(30-35 .%)

8 - 10 .%.

..., ..., ..., ..., ..., ..., ..., ..., (2).



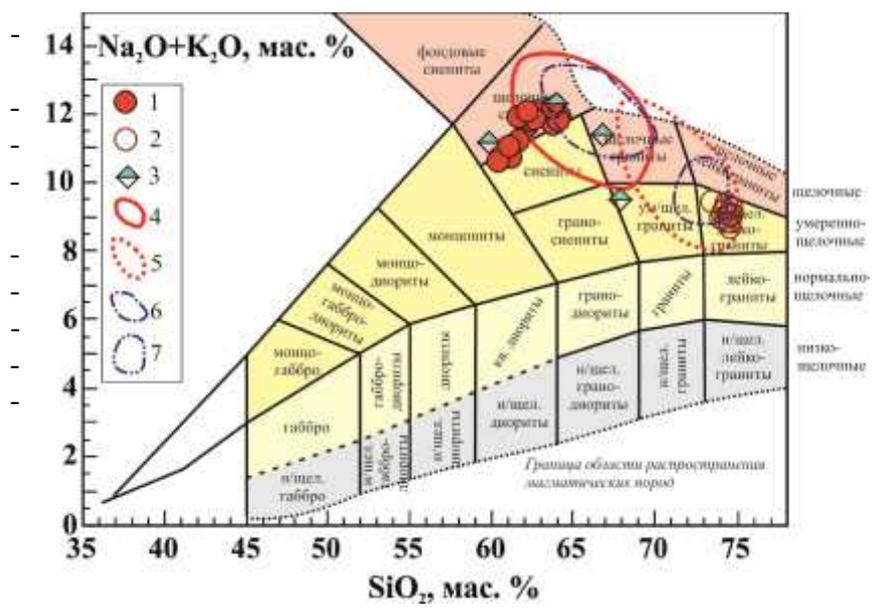
2. - -
(REE - $La_{2 3}$, $Ce_{2 3}$, Pr_2O_3 , $Nd_{2 3}$ -
7 . %; F- 5 . % (-
) 7 . % -
; -
().

..., ..., ..., ..., ..., ..., ..., ..., ()

(Na_2O+K_2O)	10.7 – 12.3 . %	9.5 – 8.7	(3);
A/CNK	0.93 – 1.02,	K_2O/Na_2O	0.66 – 1.1.
	(f # 0.77 – 0.84 –	0.9 – 0.93),

3. TAS

: 1 -
, 2 -
, 3 -
; -
: 4 -
, 5 -
; -
: 6 -
, 7 -

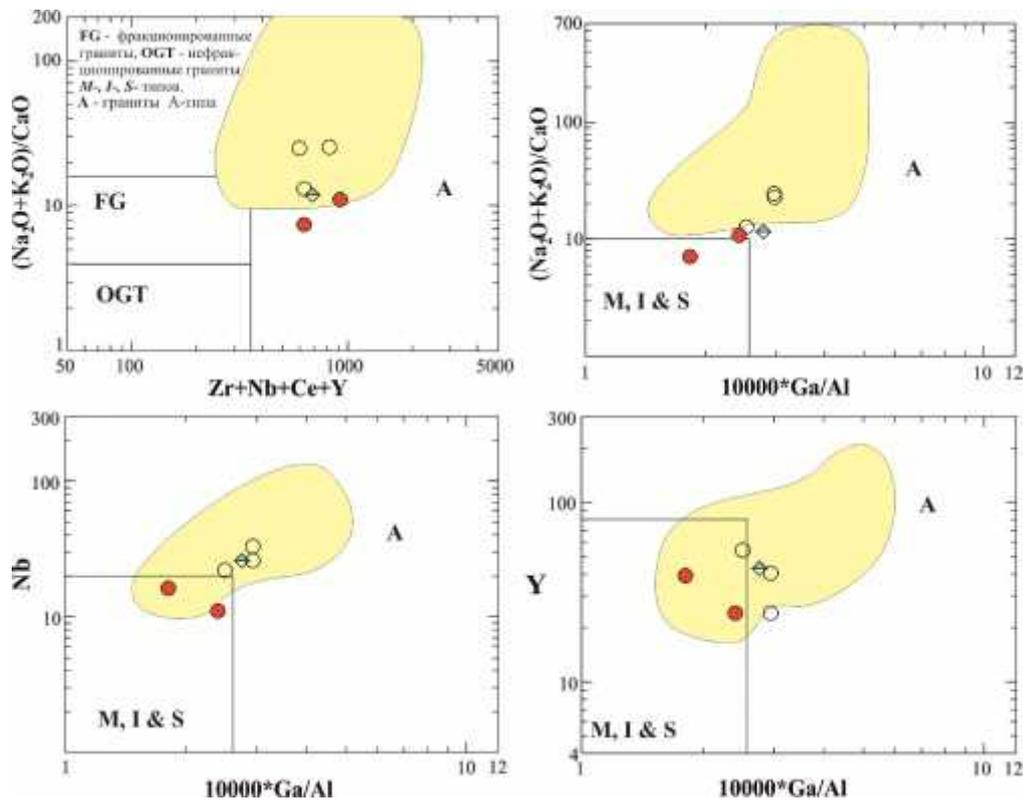


()

Zr, Nb, Ce, Y Ga (4).

(5)

M-I-S



4.

3.

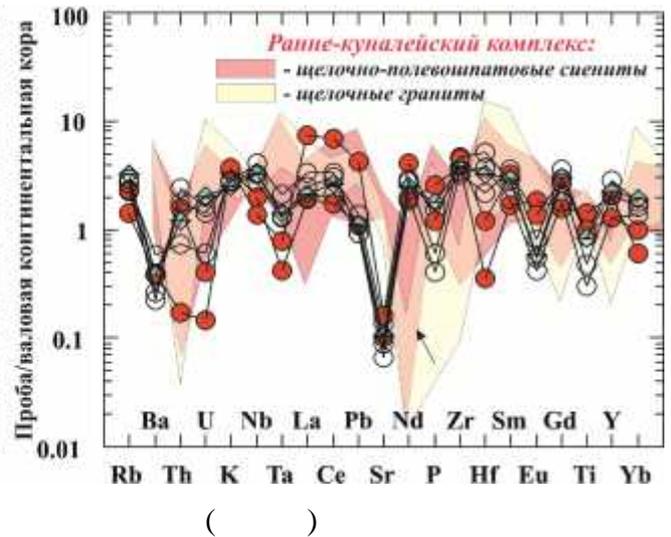
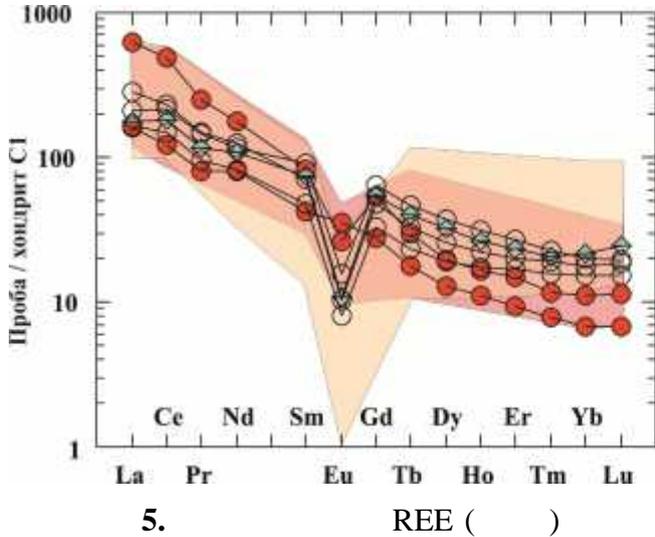
(HFSE)

(LILE)

(5.)

(-

).



5.

REE ()

()

3.

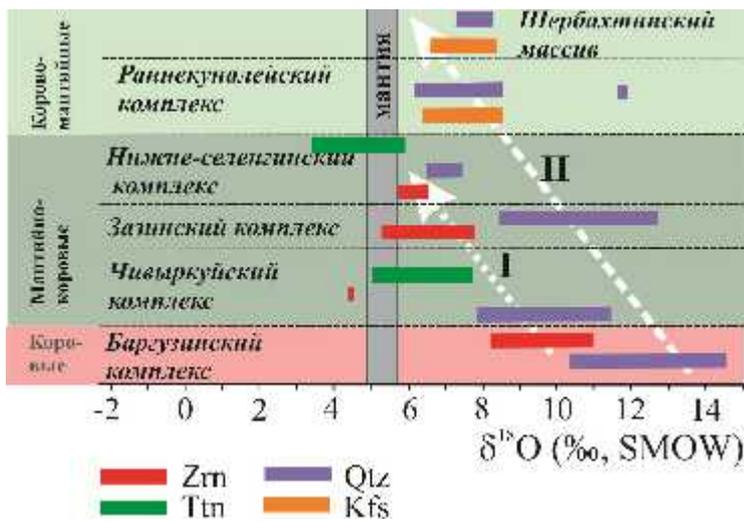
¹⁸ (‰, SMOW)

7.3 – 8.22 ‰

6.6 – 8.3 ‰

6.

()



¹⁸ 6. (‰, SMOW)

Zrn – ; Qtz – ; Ttn – ; Kfs – . I –

(-); II –

U-Pb -
SHRIMP-RG

()

LA-ICP-MS

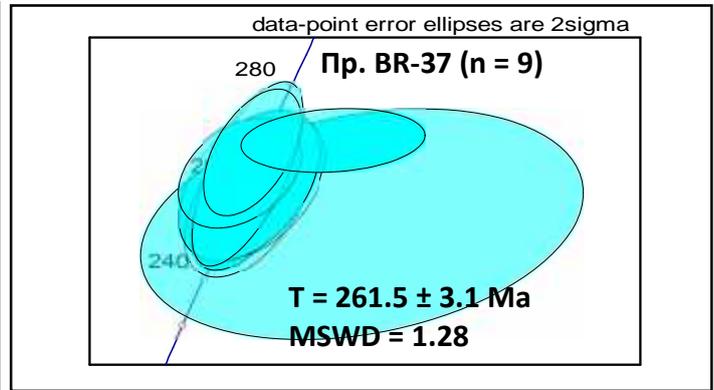
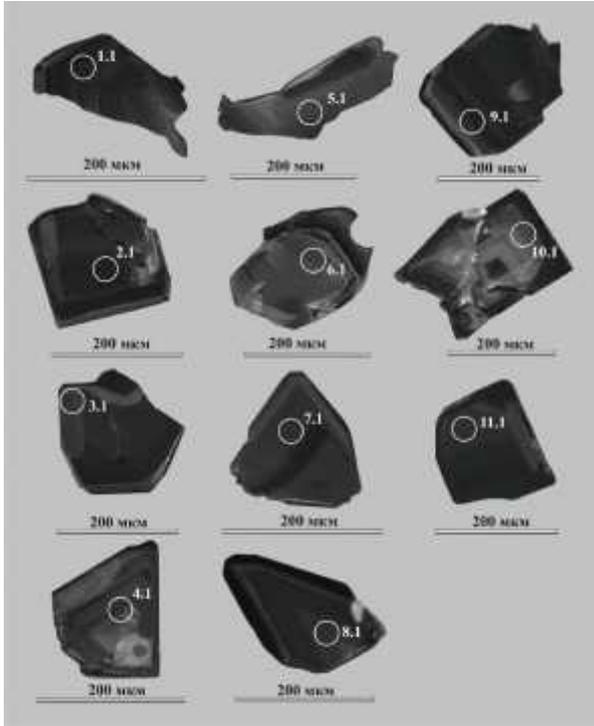
(-).

SHRIMP

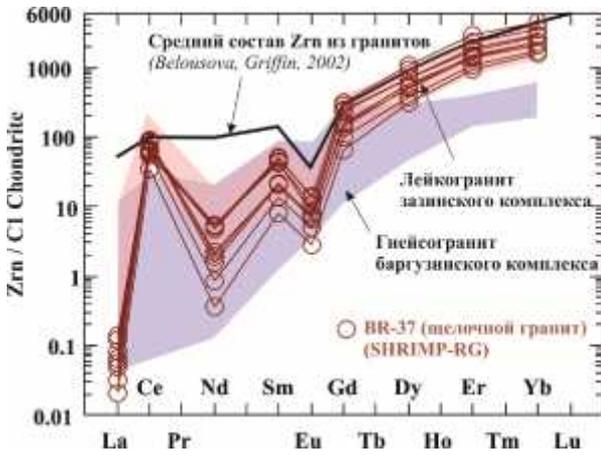
7,

REE

8.



7.



8.

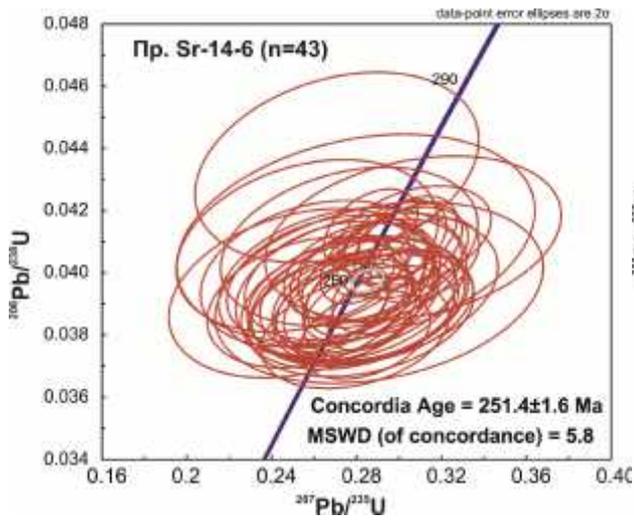
REE

., 2010].

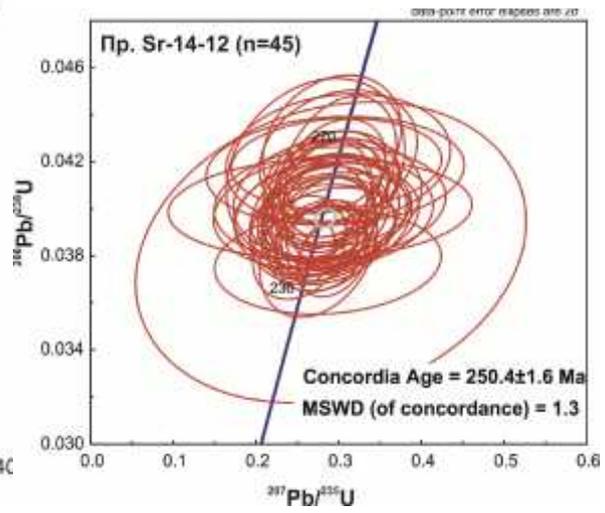
LA-ICP-MS

SHRIMP

9.



9.



LA-ICP-MS

260 – 250

280 210

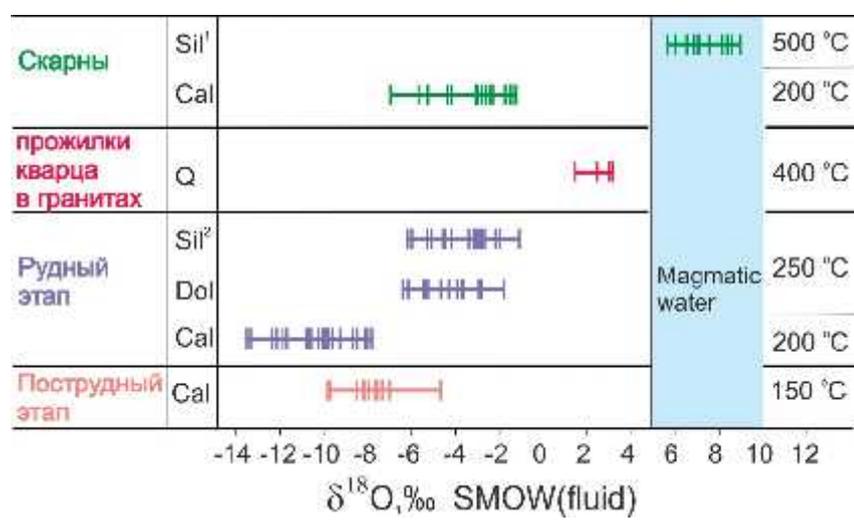
2.

, S, Sr, Nd,

(,).

(") (10).
 (")
 (14.6 29.3 ‰ 34S).

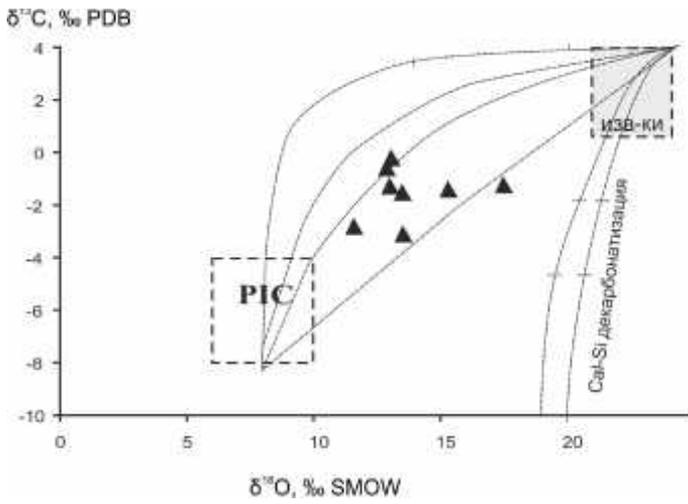
(10).
 ()



10.

(Sil¹ Sil² - , Dol - , Cal -).

(11).

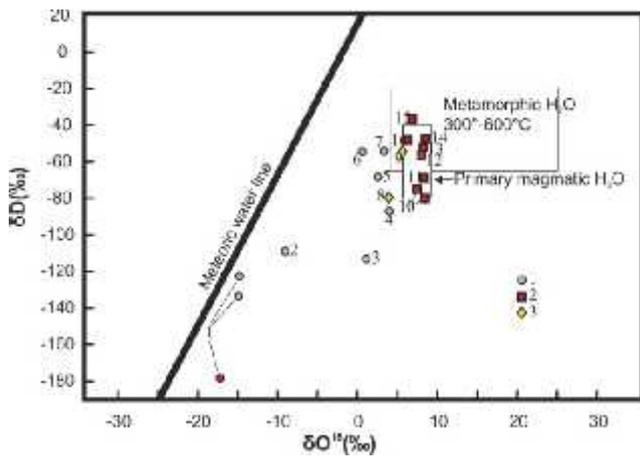


11.

13

^{18}O

(, , -),
 (-),
 (, ,).
 ()



- 1 - Британская провинция
- 2 - Чунчэон (Корея)
- 7 - Туркестан (China)
- 4 - Алашань (China)
- 5 - Каракаш в Юннань (China)
- 6 - Wyoming (USA)
- 7 - Cowal (Australia)
- 8 - Германия
- 9 - Германия
- 10 - Хэмп-Худдлсское
- 11 - Кара-Нур
- 12 - Red Mountain (New Zealand)
- 13 - Ogden (Canada)
- 14 - Shulaps Range (Canada)
- 15 - Чера (Siberia)
- 16 - Паранское

(12).

D ^{18}O (1),

(2)

12.

(3)

3.

1.

XVIII

XVIII

Linkam THMSG600

(+ +)

+130 +320°

-2.5 -7.8°

4.1 11.46 %

(. NaCl).

-30 -34.5 °

FLINCORE,

5-77

LA-ICP-MS

ICP-MS NexION

NWR-213 (, .).

: Li, Be, Na, Mg, Al, Si, Cl, K,

Mn, Fe, Cu, Zn, Nb, Mo, Ag, Sn, W, Pb (. 1).

LA-ICP-MS,

LA-ICP-MS,

(J)

(k),

NIST-610,

J,

J

J

(J= J - J).

- ()

Ca,

Na 1,

(13).

Ca
(CaF₂)

Ca

– Na, K Mg
()

Na (. %).

Na ppm.

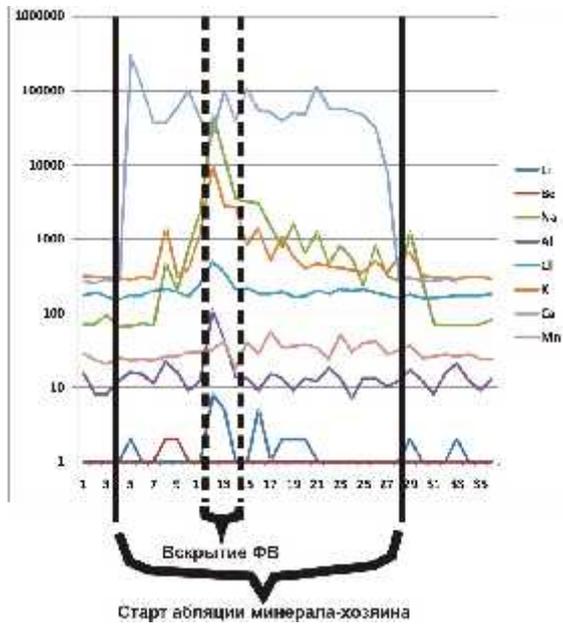
1.

LA-ICP-MS.

	Ep5 1	Ep5 2	Ep5 3a	Ep5 5	Ep2 1	Ep2 2	Ep 5a 1	Ep 5a 2a
Li	2,95	16,09	2,18	11,63	2,98	12,42	7,80	2,21
Be	863,14	16,78	0,19	17,87	0,37		2,66	
Na	29451,87	31569,38	27957,68	28725,00	27212,00	30178,00	29900,00	37920,38
Mg	97,80	105,95	3,12	89,49	6,14	84,46	8,58	30,37
Al	20,30	152,14	0,28	11,47		31,18	8,31	2,05
Si	16499,31		187,26	4423,62	246,85		1290,57	314,22
Cl	59208,51	37729,85	36530,09	43952,44	35053,24	41361,11	41969,50	14489,02
K	8541,89	6600,16	10268,63	9345,15	11060,24	7975,08	9864,99	3318,49
Mn	1516,63	21,87	0,38	4,13	0,95	6,01	1,12	0,23
Fe			7,05	43,08	26,84			15,73
Cu	6,66		2,07	87,91	0,87	9,91	3,33	0,25
Zn		19,55	0,03		2,73	224,57	1,96	
Nb	0,98			9,68	0,00		0,43	0,13
Mo				4,61				
Ag	1,41		0,88					0,26
Sn	0,63	7,27			0,15	3,45		
W	38,10	101,35	9,91	387,43	30,17	158,83	12,53	5,82
Au			0,09					
Pb	1,82	7,62	0,03	3,51	1,07	9,78		0,62

Na

NIST 610



Li, Na, Mg, K, Mn.

(4-12 % NaCl)

XVIII

2

ICP-MS

: Li, Be, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Mn, Fe, Cu, Zn, Nb, Mo, Ag,

Sn, W, Au, Pb.

0.19 16.78 / .

/

XVIII

(I II).

13.

(5-2)

LA-ICP-MS.

C
863.14 / ,

XVIII

0.19

16.78 / .

50-60 .% 0.2-2.5 .% BeO.

(50-60 .%),

10 15 .%.

FeO MnO, Mg,

22.09 .% FeO.

SrO 0.69 .%.

Kfs

Kfs 8 10 .%.

Kfs

BaO. BaO 10.42 .%, Kfs

Na₂O (2.33%), Ca (1.25%) SrO (1.37%).

Fe. 3-5%.

FeO (33 – 38 .%) MgO. SiO₂ ZrO₂
 Al₂O₃
 FeO. Yb₂O₃ (4%), Y₂O₃ (6%), ThO₂ (3%), P₂O₅ (6%).
 (6%) Ti.
 (40-60 .%).
 (,).
 15 .%,
 FeO, MnO, MgO SrO.
 (10 .%) (8-10 .%)
 Kfs
 Kfs BaO (0.67 %).
 (5-10 .%) Kfs
 FeO (0.32 %) K₂ (0.34 %).
 Kfs, 3-5 .%

FeO (14.76–21.41 . %),

TiO₂ (2.15 .%) F (5.24 .%).

Kfs

–Nb.

Yb, Th, Ca,

(4800

/).

(

);

(

),

4. LA-ICP-MS

:

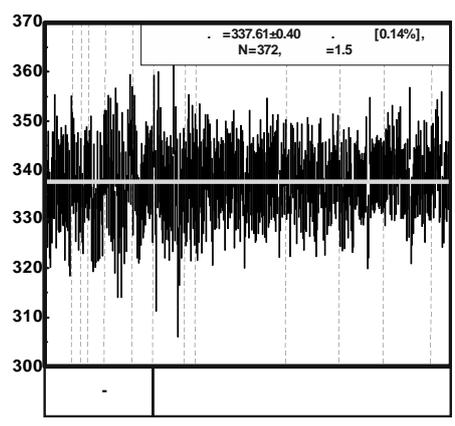
Element XR

UP-213

LA-ICP-MS

GJ-1 [Jackson et al., 2004], Plešovice [Sláma et al., 2008], Temora-2 R-33 [Black et al., 2004],
 U-Pb LA-ICP-MS (1 - 6),
 (2): $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – 0.28 1.33%, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – 0.56 4.17%.
 [Frei, Gerdes, 2009].

() Plešovice (14).
 372, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – 0.14% $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – 0.28%.

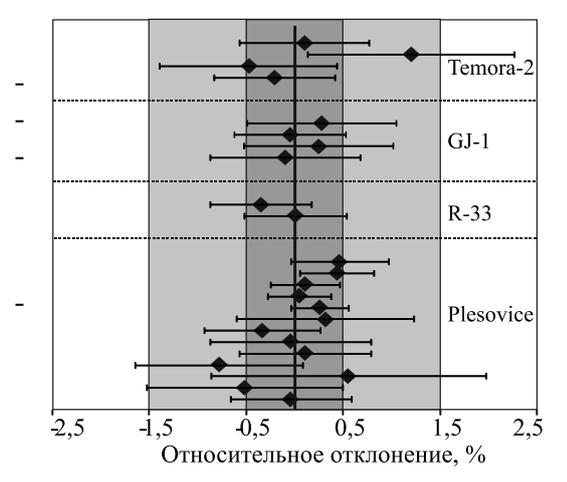


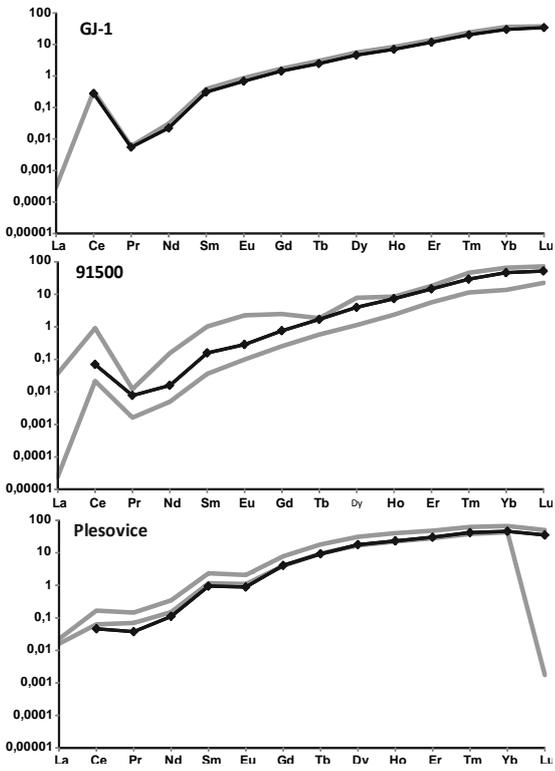
14. $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Plešovice (LA-ICP-SF-MS) – 372, 13 (2).

LA-ICP-MS U-Pb

15, 1% 1.2%

15. (ID-TIMS) LA-ICP-SF-MS
 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
 LA-ICP-MS





16.

LA-ICP-MS

(GeoReM).

1.

260 – 250

280 210

2.

(, , S, Sr, Nd,)

F-Be

3.

4.

XVIII

F-Be

12 % . NaCl)

2

F Ca,

ICP-MS

: Li, Be, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Mn, Fe, Cu, Zn, Nb, Mo, Ag,

Sn, W, Au, Pb.

0.19 16.78 / .

5.

Element XR

UP-213

LA-ICP-MS

- ... (U-Pb) //
- ... , 2010, . 51, 9, . 1249-1276.
- Litvinovsky B.A., Jahn B.M., Eyal M. Mantle-derived sources of syenites from the A-type igneous suites – New approach to the provenance of alkaline silicic magmas // *Lithos*, 2015, v. 232, pp. 242-265.
- ... // ... , 2014, . 55, 2, . 197-227.
- Litvinovsky B.A., Tsygankov A.A., Jahn B.M., Katzir Y., Be'eri-Shlevin Y. Origin and evolution of overlapping calc-alkaline and alkaline magmas: The Late Palaeozoic post-collisional igneous province of Transbaikalia (Russia) // *Lithos*, 2011, v. 125, pp. 845–874.
- Jackson S. E., Pearson N. J., Griffin W. L., Belousova, E. A. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology // *Chemical Geology*, 2004, v. 211, pp. 47-69.
- Sláma J., Košler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hanchar J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M.N., Whitehouse M.J. Plesovice zircon - A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis // *Chemical Geology*, 2008, v. 249, pp. 1-35.
- Black L.P., Kamo S.L., Allen C.M., Davis D.W., Aleinikoff J.N., Valley J.W., Mundil R., Campbell I.H., Korsch R.J., Williams I.S., Foudoulis C. Improved $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ microprobe geochronology by the monitoring of a trace-element-related matrix effect; SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS and oxygen isotope documentation for a series of zircon standards // *Chemical Geology*, 2004, v. 205, pp. 115-140.
- Frei D., Gerdes A. Precise and accurate in situ U–Pb dating of zircon with high sample throughput by automated LA-SF-ICP-MS // *Chemical Geology*, 2009, v. 261, pp. 261–270.

