

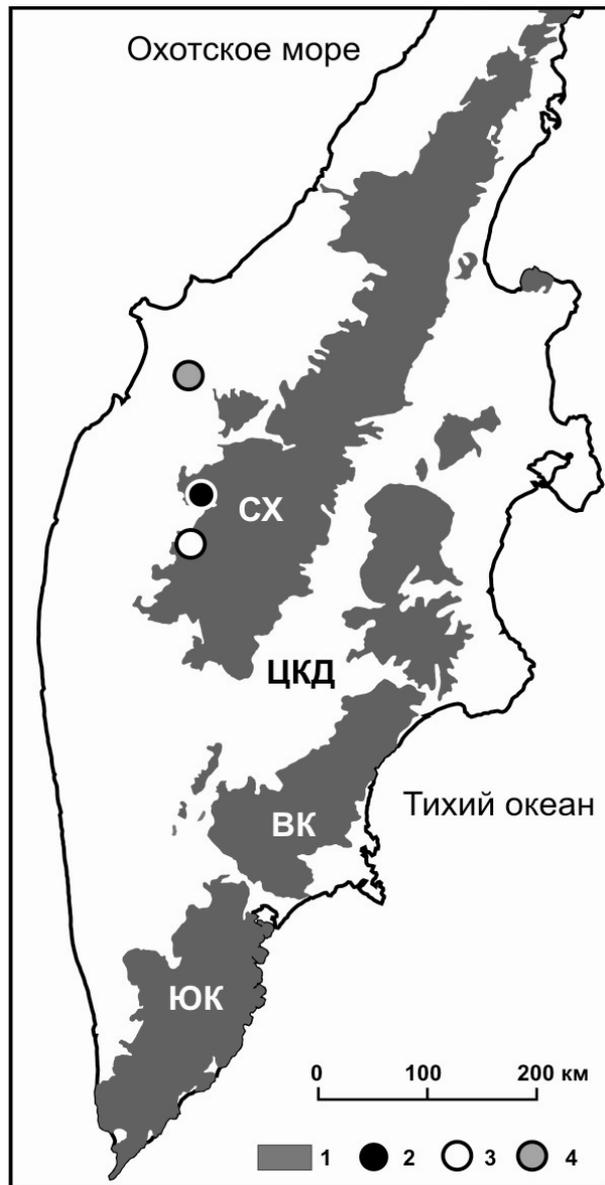
**Геохимия, минералогия и первые данные по  
редкоземельным силикатам щелочных  
трахитов Срединного хребта Камчатки**

Ю.Д. Щербаков, Н.С. Карманов, А.Б. Перепелов

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН

# Расположение трахитов на Камчатке

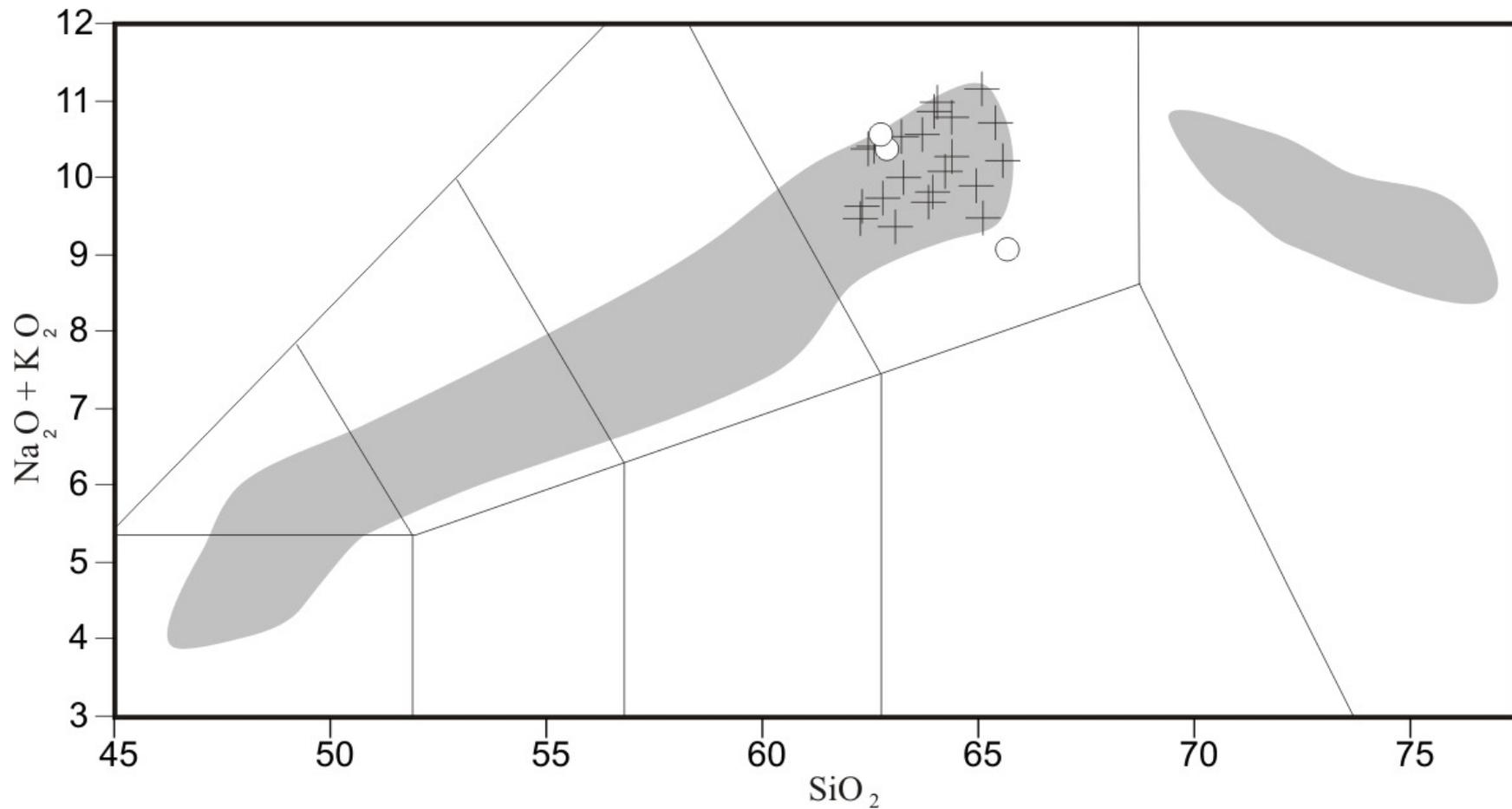


1. Вулканические пояса
2. Вулкан Большой
3. Вулкан Белоголовский
4. Калиевые трахиты



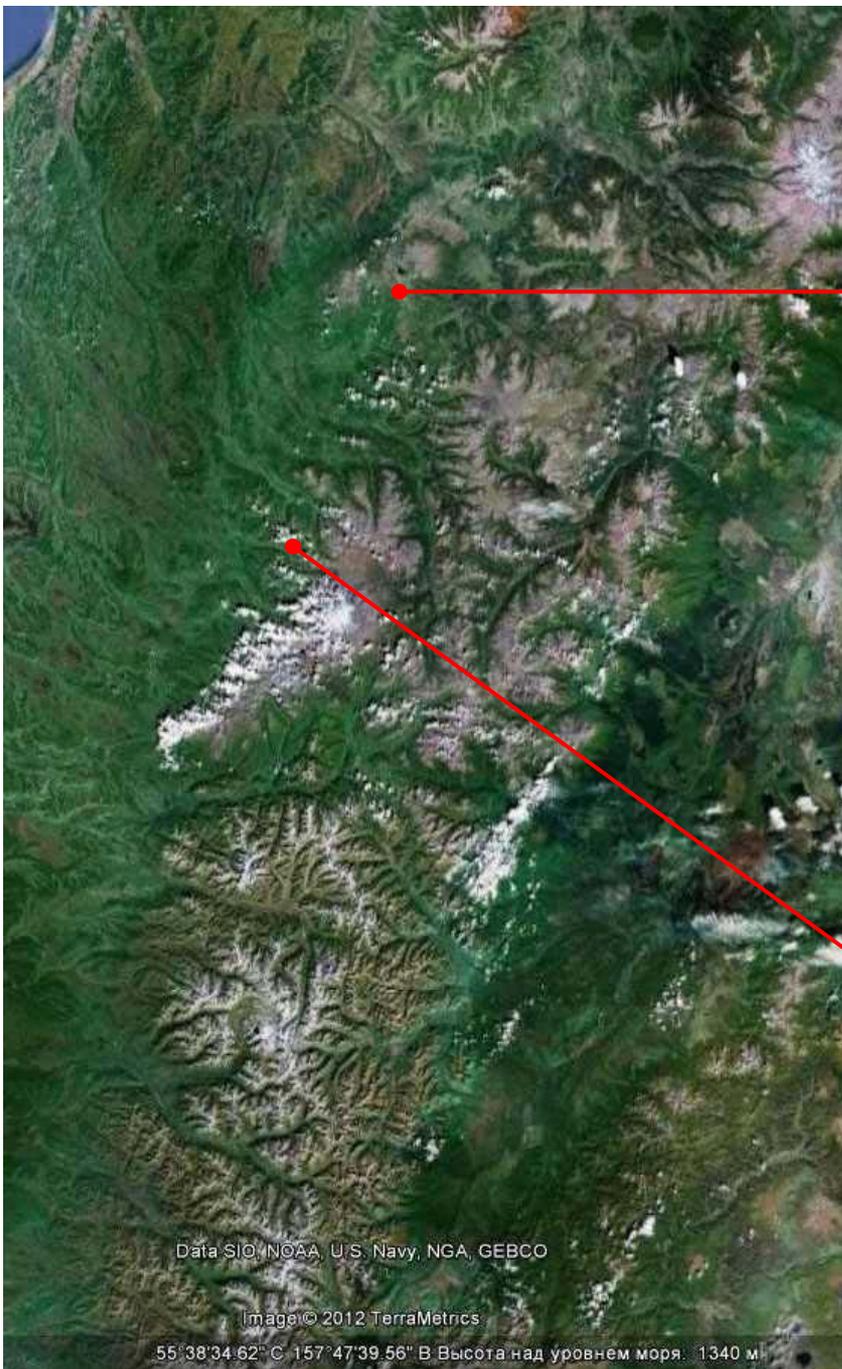
## Представительные силикатные анализы трахитов Камчатки

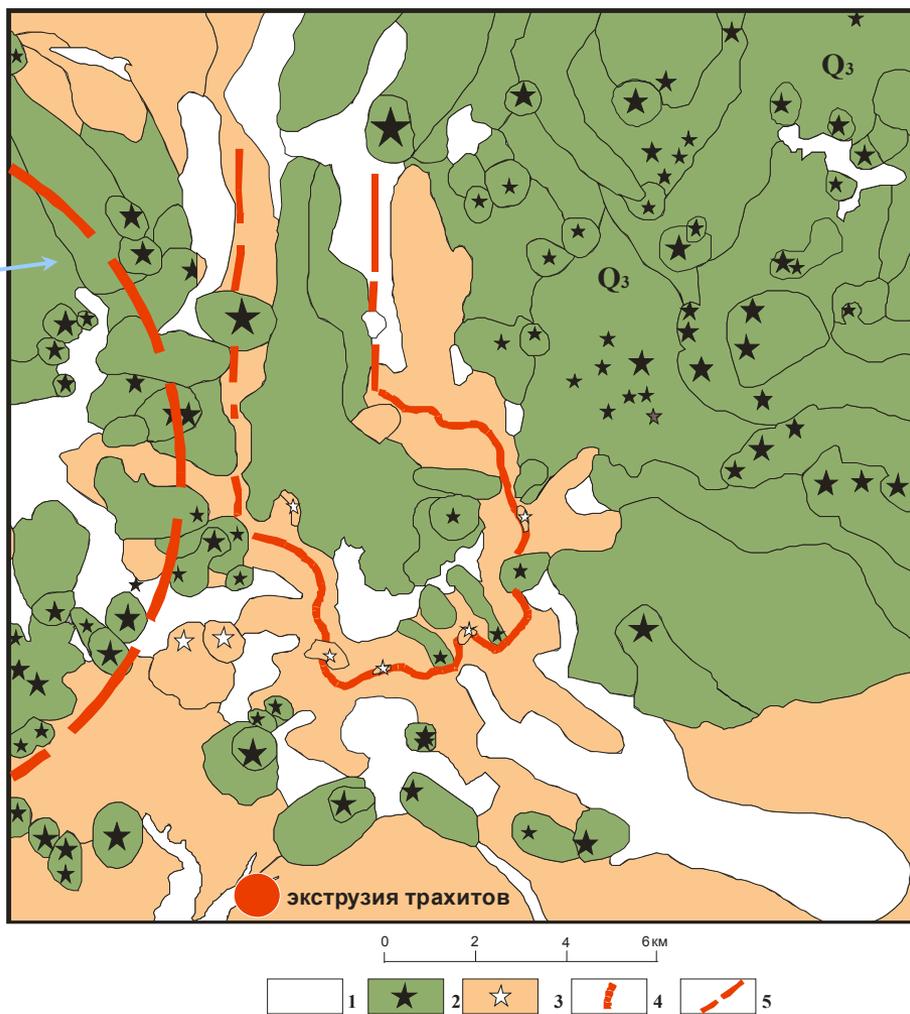
|                                    | <b>К-На Трахиты</b> |             |             |             |             |             | <b>К Трахиты</b> |             |
|------------------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
|                                    |                     |             |             |             |             |             |                  |             |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 62.74               | 63.20       | 62.90       | 62.33       | 64.43       | 65.53       | 59.66            | 59.52       |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 0.59                | 0.66        | 0.69        | 0.88        | 0.79        | 0.77        | 1.23             | 1.26        |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 18.23               | 18.61       | 18.71       | 17.72       | 16.89       | 16.54       | 18.35            | 18.46       |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 2.28                | 2.51        | 3.66        | 4.51        | 2.73        | 3.21        | 2.25             | 1.72        |
| <b>FeO</b>                         | 1.51                | 1.15        | 0.43        | 0.29        | 0.93        | 0.47        | 1.62             | 1.53        |
| <b>MnO</b>                         | 0.11                | 0.11        | 0.04        | 0.14        | 0.13        | 0.11        | 0.60             | 0.40        |
| <b>MgO</b>                         | 0.58                | 0.61        | 0.27        | 0.98        | 0.71        | 0.82        | 1.25             | 1.59        |
| <b>CaO</b>                         | 2.04                | 2.20        | 1.67        | 2.10        | 1.89        | 1.75        | 1.72             | 1.37        |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | <b>5.85</b>         | <b>5.58</b> | <b>5.80</b> | <b>6.03</b> | <b>5.65</b> | <b>5.55</b> | 4.24             | 4.00        |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | <b>4.72</b>         | <b>4.48</b> | <b>4.58</b> | <b>4.34</b> | <b>4.66</b> | <b>4.86</b> | <b>8.25</b>      | <b>8.55</b> |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  | 0.17                | 0.19        | 0.20        | 0.29        | 0.22        | 0.20        | 0.24             | 0.24        |
| <b>LOI*</b>                        | 1.16                | 0.78        | 1.27        | 0.46        | 0.93        | 0.35        | 1.75             | 1.36        |
| <b>Сумма</b>                       | 99.99               | 100.08      | 100.22      | 100.07      | 99.95       | 100.16      | 101.17           | 100.02      |



■ 1 ○ 2 + 3

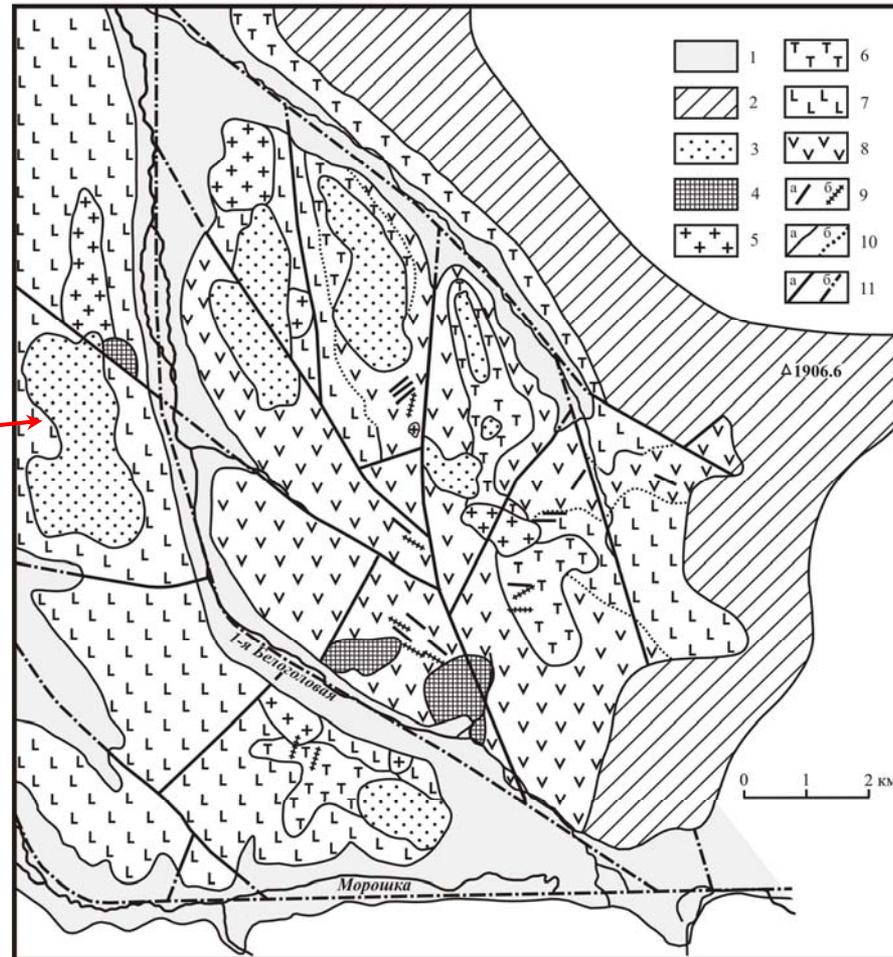
1 – Щелочно- базальт – трахит – трахириолит - комендитовая серия; 2 – трахиты в. Большого; 3 – трахиты в. Белоголовского.



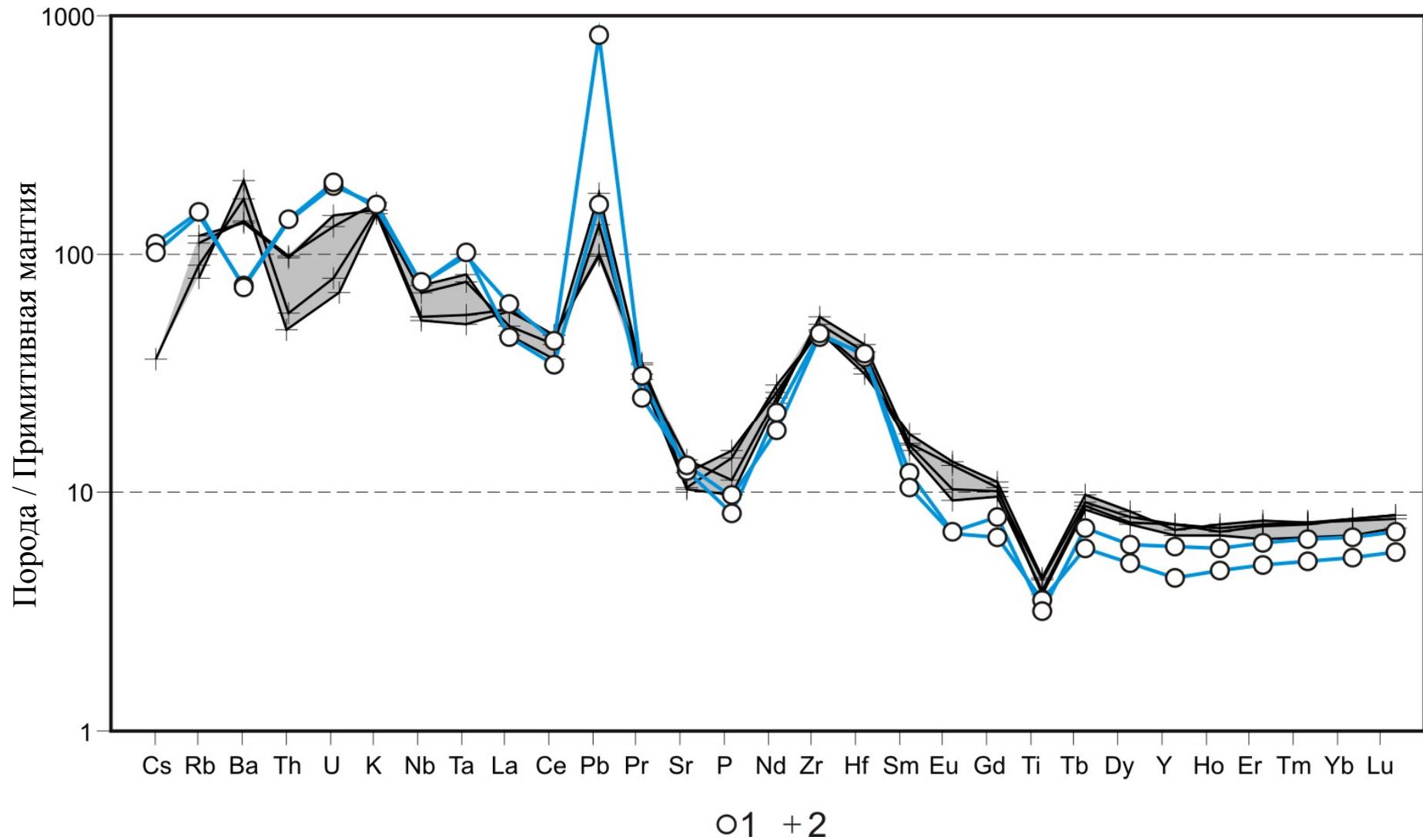


1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – поздний плейстоцен – голоценовые вулканические постройки и лавы; 3 – поздний плиоцен – ранне четвертичные вулканические толщи; 4 – кальдера вклина Кекукнайский; 5 – условная граница борта вулкана Большой.

# Геологическая схема вулкана Белоголовский

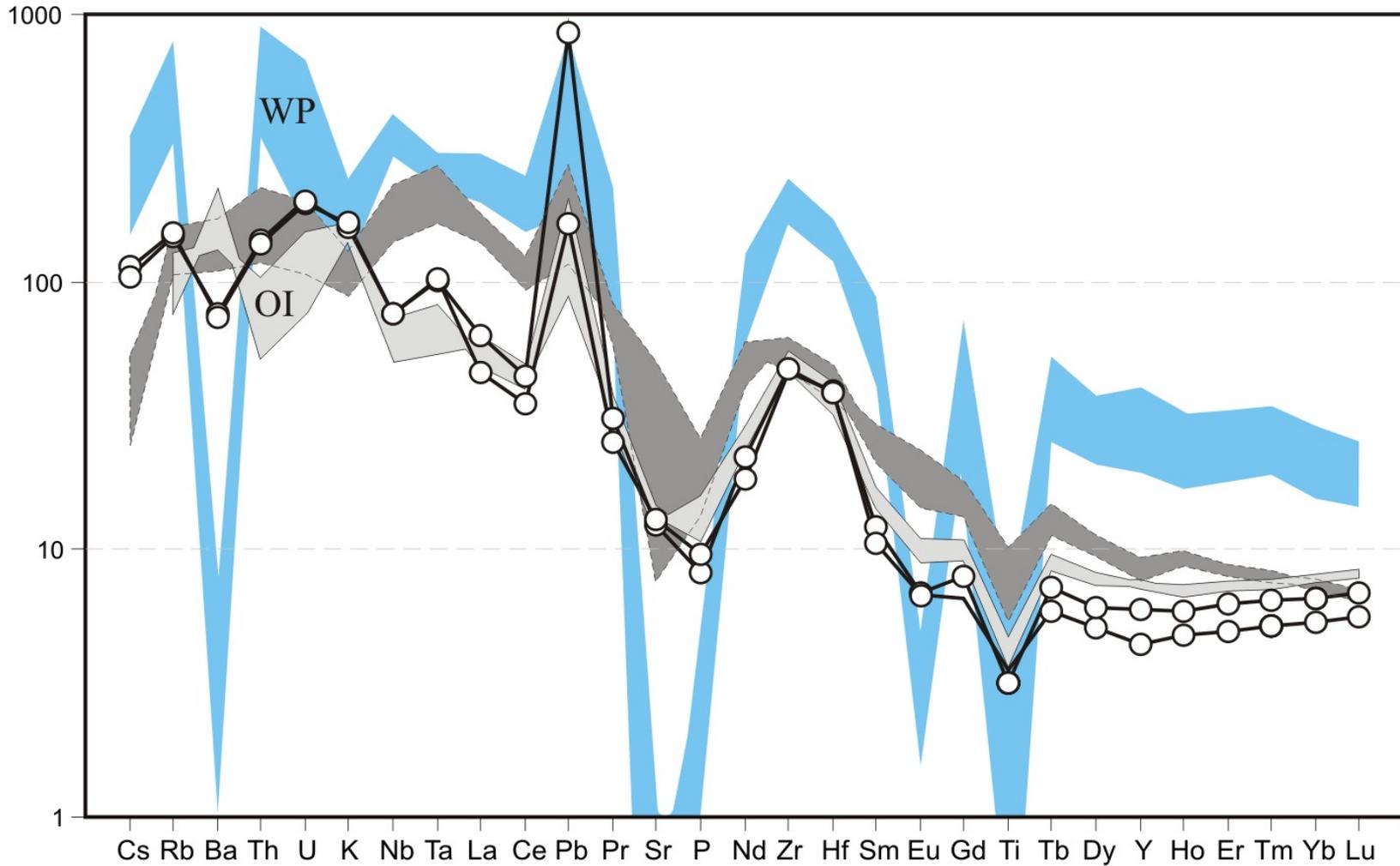


- 1 - рыхлые четвертичные отложения; 2 - оливиновые базальты, QШKs; 3 - базальты, андезибазальты Россошинского комплекса, QE-1 rs;  
 4 - 8 - Белоголовский комплекс, N2b1; 4 - субвулканические тела трахириолитов, комендитов; 5 - экструзии трахитов; 6 - лавы, туфы трахитов; 7 - породы ряда трахибазальт - трахиандезит; 8 - породы ряда базальт - андезит; 9 - дайки: андезибазальтов (а), трахитов (б); 10 - геологические границы: а - установленные, б - предполагаемые; 11 - разрывные нарушения: а - установленные, б - скрытые под рыхлыми отложениями.



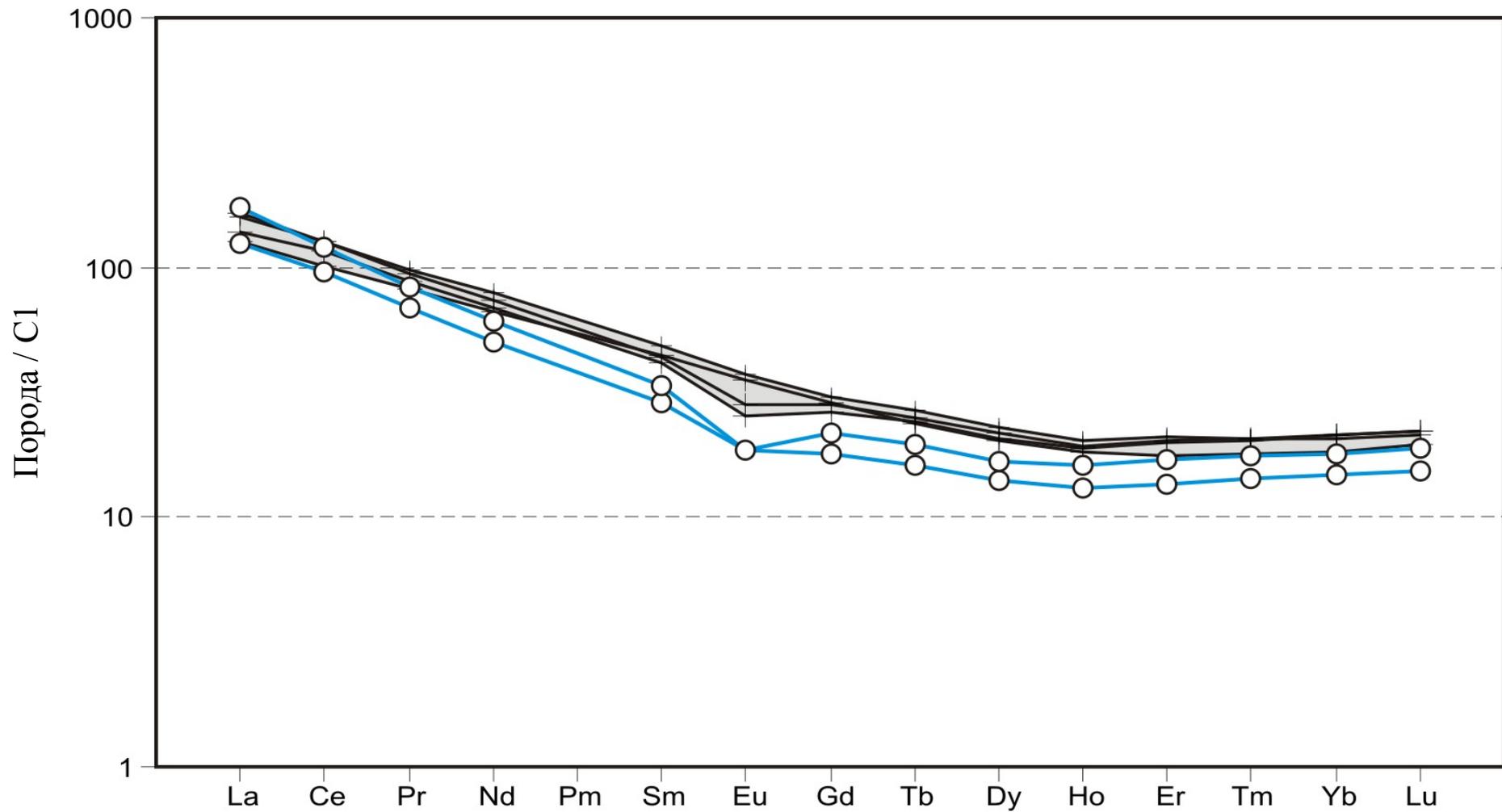
1 – трахиты в. Большого; 2 – трахиты в. Белоголовского.

Порода / Примитивная мантия



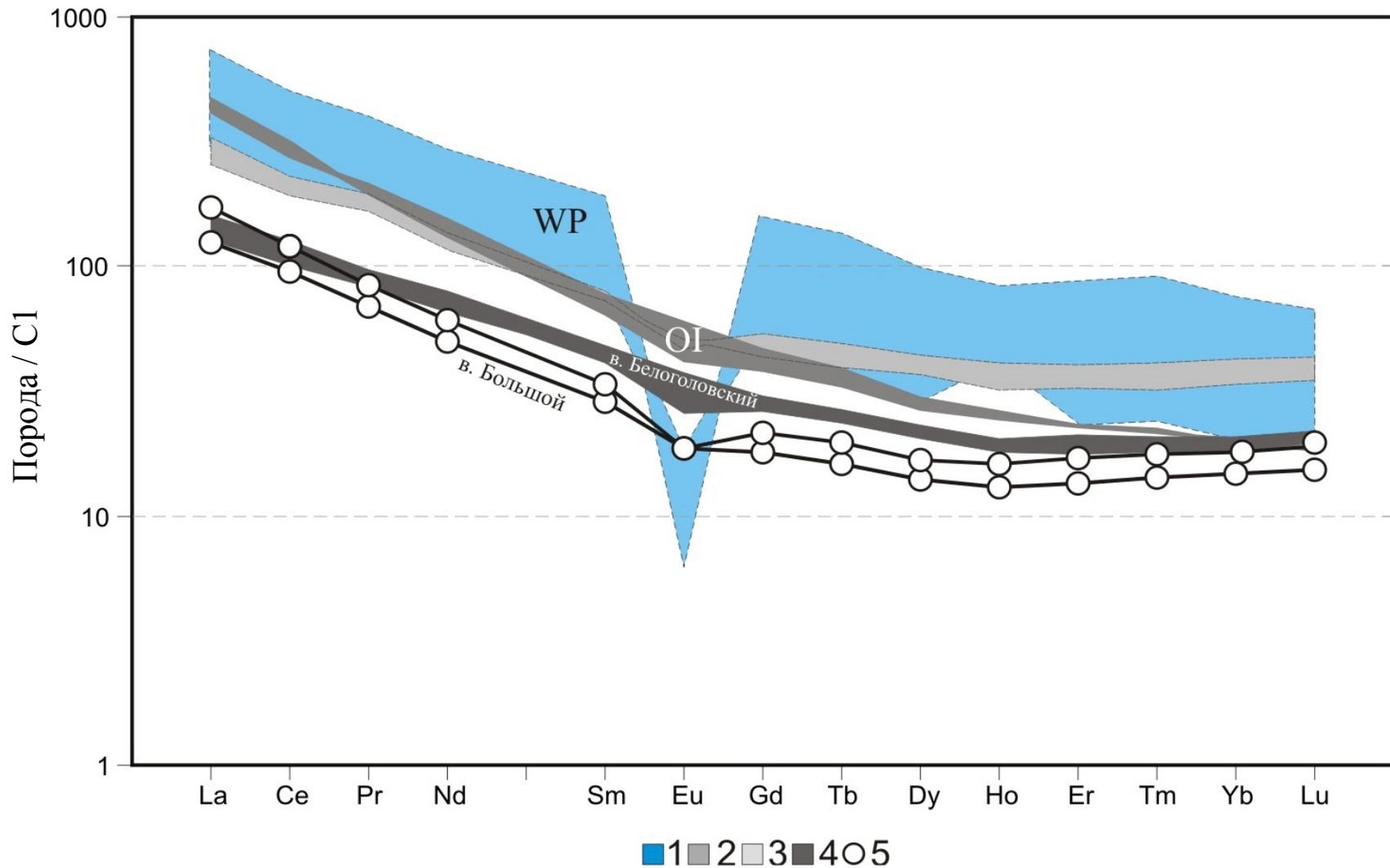
■1 □2 ■3 ○4

1 – внутриплитные трахиты (Пектусан); 2 – трахиты океанических островов (Канарские острова); 3 – в. Белоголовский; 4 – в. Большой.



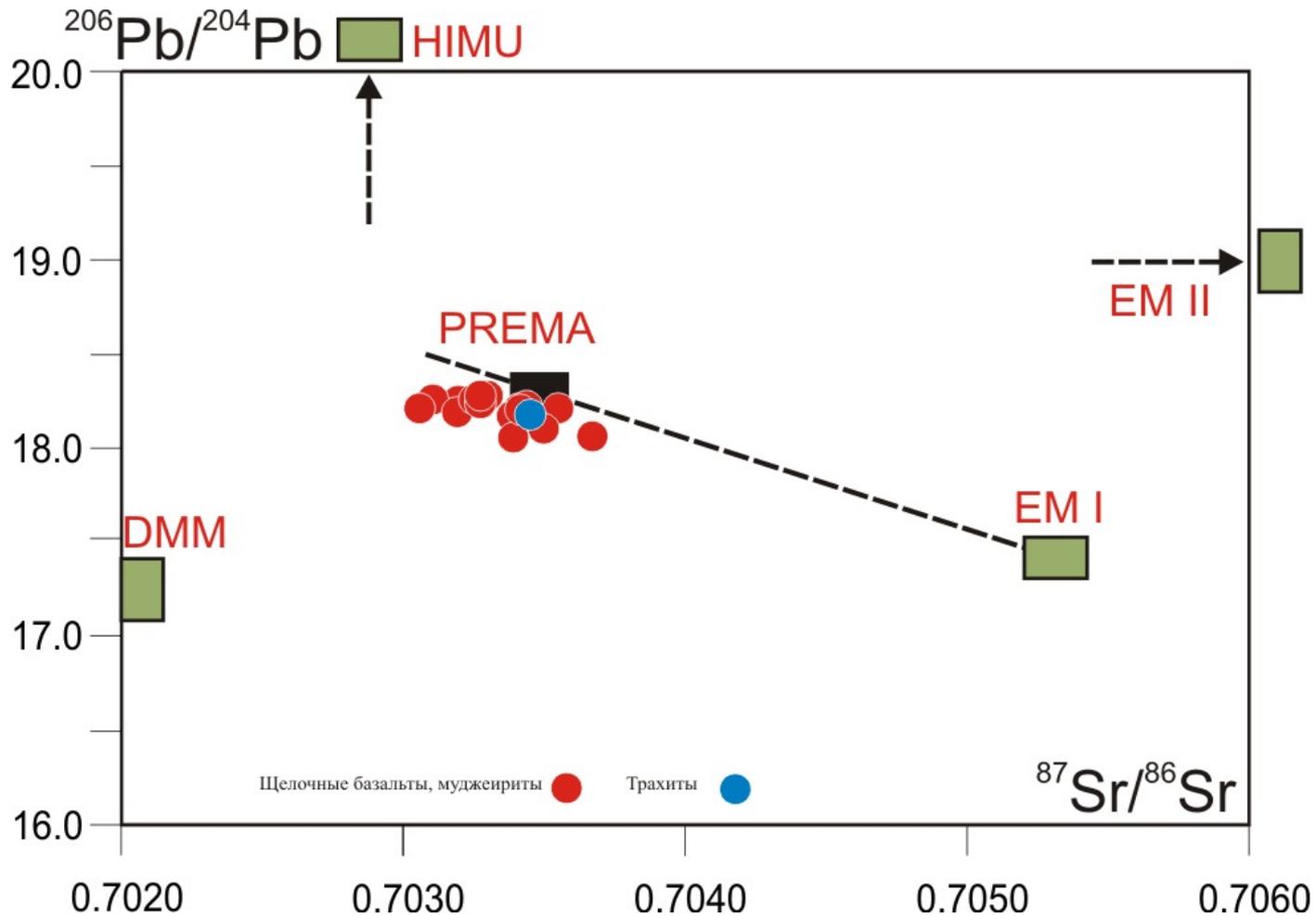
○1 + 2

1 – трахиты в. Большого; 2 – трахиты в. Белоголовского.



1 – внутриплитные трахиты (Пектусан); 2 – трахиты океанических островов (Гавайи); 3 – трахиты океанических островов (Канарские острова); 4 – в. Белоголовский; 5 – в. Большой.

Изотопная диаграмма пород щелочно базальт – трахит – трахириролит  
комендитовой серии  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  и  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$



К источникам расплавов пород серии могут быть отнесены мантия PREM и EM1 типов.

Представительные анализы минералов из трахита экструзии вулканического массива  
Большой-Кекукнайский.

| Минерал                        | Срх   |       | Орх   | Kfs   |       | Ti-Mgt |       | Ilm   |       | Bt    | Amph  |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | В     | М     | М     | В     | М     | М      | М     | М     | М     | В     | М     | М     |
| SiO <sub>2</sub>               | 51.54 | 49.31 | 48.50 | 63.65 | 66.75 | 0.36   | 0.34  | 0.28  | 0.00  | 36.30 | 52.03 | 45.93 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.28  | 0.65  | 0.17  | 20.75 | 19.10 | 18.55  | 13.19 | 51.44 | 48.32 | 7.47  | 0.58  | 1.78  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.89  | 0.34  | 0.00  | 0.21  | 0.74  | 0.42   | 3.74  |       |       | 14.10 | 1.51  | 2.32  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.81  | 2.71  | 1.24  |       |       | 31.67  | 38.56 | 5.57  | 4.98  |       | 4.97  | 10.93 |
| FeO                            | 11.76 | 1.74  | 1.24  |       |       | 47.30  | 39.67 | 40.42 | 43.40 | 11.76 | 8.12  | 10.75 |
| MnO                            | 1.10  | 1.74  | 2.25  |       |       | 1.45   | 1.11  | 1.60  | 2.03  | 0.00  | 0.83  | 0.87  |
| MgO                            | 11.34 | 8.71  | 12.42 |       |       |        | 2.09  | 2.55  | 0.36  | 15.92 | 16.05 | 11.28 |
| CaO                            | 20.34 | 16.44 | 4.30  | 2.41  | 0.27  |        |       |       |       |       | 8.12  | 7.68  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.59  | 0.63  | 0.27  | 8.01  | 7.36  |        |       |       |       | 1.06  | 4.43  | 3.75  |
| K <sub>2</sub> O               |       |       |       | 3.51  | 6.48  |        |       |       |       | 8.14  | 0.87  | 0.93  |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |       |       |       |       |       |        |       |       | 2.45  |       |       |       |
| Сумма                          | 100.4 | 98.5  | 96.0  | 100.7 | 98.5  | 99.8   | 98.7  | 101.9 | 101.5 | 96.1  | 97.5  | 96.2  |
| Wo/An                          | 43.0  | 36.8  | 9.9   | 1.3   | 11.4  |        |       |       |       |       |       |       |
| En/Ab                          | 33.4  | 27.1  | 39.7  | 36.2  | 19.8  |        |       |       |       |       |       |       |
| Fs/Or/Fe#                      | 23.6  | 36.1  | 50.4  | 62.5  | 68.8  | 100.0  | 95.3  | 91.2  | 98.7  | 29.3  | 31.9  | 51.6  |

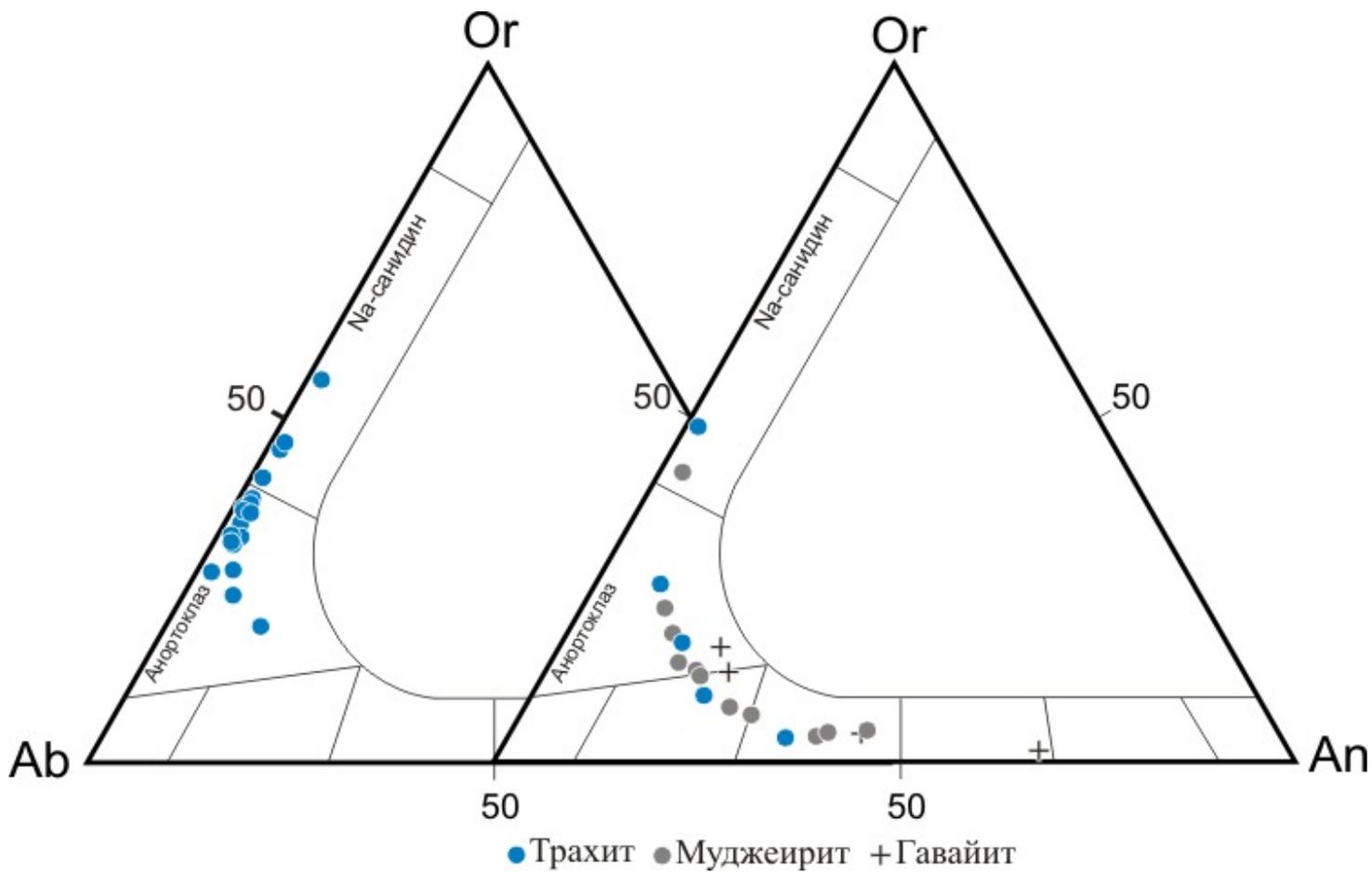
Анализы выполнены в лаборатории рентгеноспектрального анализа Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН на электронном сканирующем микроскопе JSM-6510LV с энерго-дисперсионным спектрометром INCA Energy-350+.

Представительные анализы минералов из трахита вулкана  
Белоголовского.

|                                    | <b>KFS</b> | <b>Pl</b> | <b>Apatite</b> | <b>Opx</b> | <b>Cpx</b> | <b>Edenite</b> | <b>Riebeckite</b> |
|------------------------------------|------------|-----------|----------------|------------|------------|----------------|-------------------|
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 64.76      | 60.71     |                | 53.25      | 51.77      | 48.33          | 39.09             |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             |            | 22.77     |                | 0.50       | 0.43       | 0.75           | 6.52              |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 21.09      |           |                | 0.47       | 1.04       | 6.16           | 13.89             |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> |            |           |                |            | 1.99       | 4.85           | 20.18             |
| <b>FeO</b>                         | 0.36       |           |                | 21.51      | 8.93       | 0.95           | 9.23              |
| <b>MnO</b>                         |            |           | 0.63           | 1.38       | 0.88       | 0.48           | 0.35              |
| <b>MgO</b>                         |            |           |                | 21.47      | 13.86      | 19.82          | 3.15              |
| <b>CaO</b>                         | 3.02       | 4.95      | 52.78          | 1.37       | 20.22      | 12.31          | 2.77              |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | 7.63       | 7.05      |                |            | 0.40       | 1.52           | 4.15              |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 3.14       | 1.33      |                |            |            | 1.01           | 1.77              |
| <b>FeO</b>                         |            |           | 0.72           | 21.51      | 10.70      |                |                   |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  |            |           | 40.92          |            |            |                |                   |
| <b>Cl</b>                          |            |           | 0.50           |            |            |                |                   |
| <b>F</b>                           |            |           | 4.09           |            |            |                |                   |
| <b>BaO</b>                         | 0.52       |           |                |            |            |                |                   |
| <b>Total</b>                       | 100.5      | 96.8      | 99.6           | 100.0      | 99.5       | 99.5           | 101.1             |
| <b>Wo/Ab</b>                       | 67.13      | 66.13     |                | 2.85       | 42.24      |                |                   |
| <b>En/An</b>                       | 14.69      | 25.66     |                | 62.19      | 40.28      |                |                   |
| <b>Fs/Or</b>                       | 18.18      | 8.21      |                | 34.96      | 17.48      |                |                   |
| <b>Mg#</b>                         |            |           |                |            |            | 86.94          | 17.02             |

Анализы выполнены в лаборатории физических методов анализа Института геологии СО РАН на электронном сканирующем микроскопе LEO 1430VP с энергодисперсионным спектрометром INCAEnergy 350.

# Полевые шпаты вулканов Большой и Белоголовский





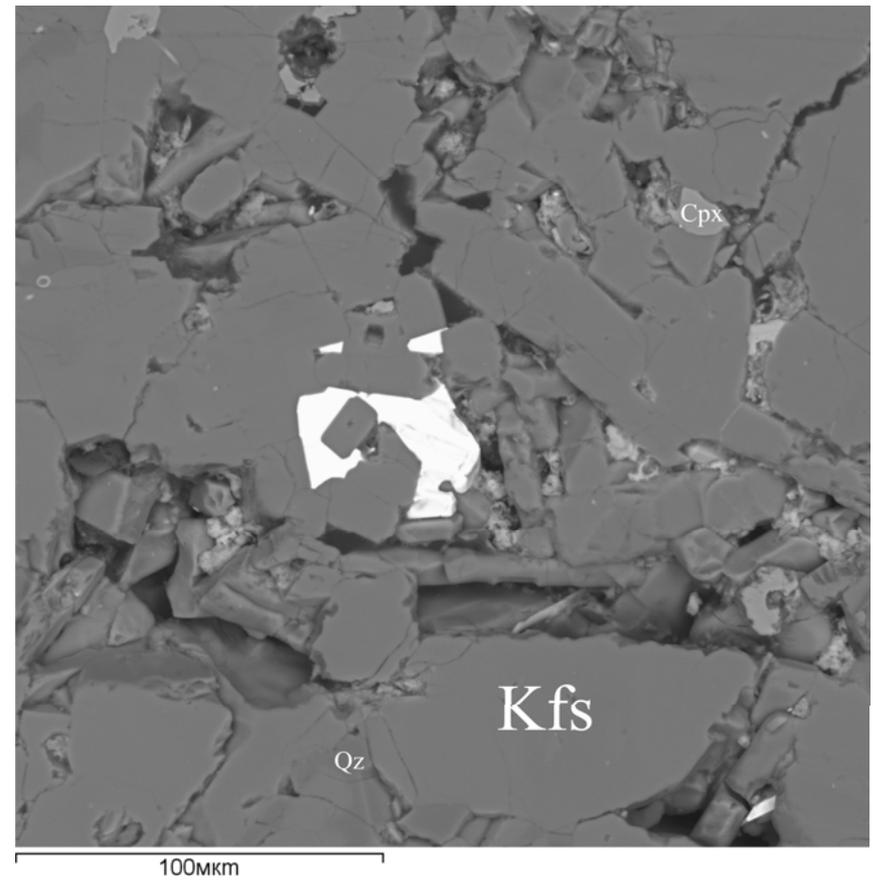
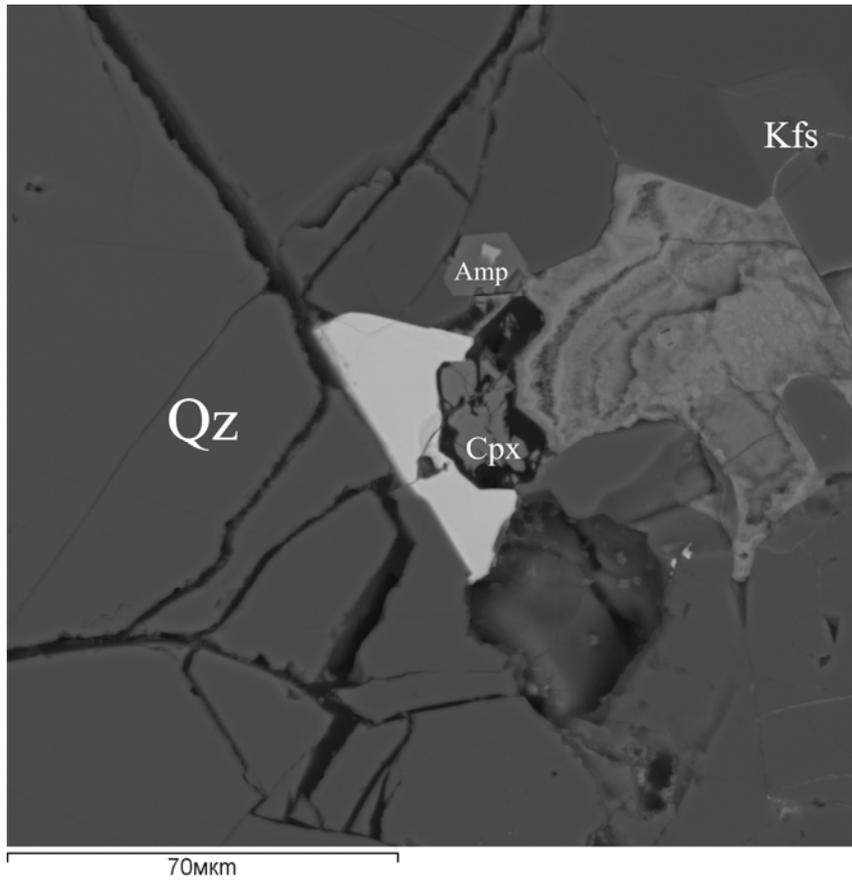
# Минералы группы шевкениита

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Chevkinite-(Ce)       | $(\text{Ce,La,Ca,Th})_4(\text{Fe,Mg})_2(\text{Ti,Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{22}$                  |
| Strontiochevkinite    | $(\text{Sr,REE})_4\text{Fe}(\text{Ti,Zr})_2\text{Ti}_2\text{Si}_4\text{O}_{22}$                   |
| Perrierite-(Ce)       | $(\text{Ce,La,Ca})_4(\text{Fe,Mg})_2(\text{Ti,Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{22}$                     |
| Orthochevkinite       | $(\text{Ce,La,Ca,Na,Th})_4(\text{Fe,Mg})_2(\text{Ti,Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{22}$               |
| Rengeite              | $\text{Sr}_4\text{ZrTi}_4\text{Si}_4\text{O}_{22}$  |
| Matsubaraite          | $\text{SrTiTi}_4\text{Si}_4\text{O}_{22}$   |
| Polyakovite           | $(\text{Ce,La,Nd,Pr,Ca})_4(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Fe})_2(\text{Ti,Nb})_2\text{Si}_4\text{O}_{22}$ |
| Maoniupingite         | $(\text{REE,Ca})_2(\text{Fe,Ti,Fe,[]})(\text{Ti,Fe,Fe,Nb})_4\text{Si}_4\text{O}_{22}$             |
| <b>Dingdaohengite</b> | $(\text{Ce,La})_4\text{Fe}(\text{Ti,Fe,Mg,Fe})_2\text{Ti}_2\text{Si}_4\text{O}_{22}$              |

# Состав и кристаллохимические формулы редкоземельных силикатов трахитов вулкана Большого.

|                                    | 1     | 2     | 3     | 4     |               | 1           | 2           | 3           | 4           |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 18.80 | 18.98 | 18.51 | 19.17 | <b>La</b>     | 1.239       | 1.300       | 1.251       | 1.114       |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 16.56 | 16.36 | 15.86 | 15.91 | <b>Pr</b>     | 0.000       | 0.000       | 0.097       | 0.094       |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> |       |       | 0.32  | 0.40  | <b>Nd</b>     | 0.224       | 0.142       | 0.217       | 0.247       |
| <b>FeO</b>                         | 8.15  | 8.14  | 6.72  | 8.07  | <b>Ca</b>     | 0.980       | 0.979       | 0.793       | 0.850       |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 2.47  | 2.77  | 4.65  | 3.02  | <b>Th.</b>    | 0.031       | 0.032       | 0.048       | 0.032       |
| <b>MgO</b>                         |       |       | 0.25  | 0.00  | <b>A(4)</b>   | <b>4.1</b>  | <b>4.0</b>  | <b>4.0</b>  | <b>4.0</b>  |
| <b>CaO</b>                         | 4.31  | 4.30  | 3.47  | 3.75  | <b>Fe+2</b>   | <b>1.0</b>  | <b>1.0</b>  | <b>1.0</b>  | <b>1.0</b>  |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              |       |       | 0.17  | 0.12  | <b>Fe+2</b>   | 0.446       | 0.448       | 0.198       | 0.428       |
| <b>Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 20.30 | 19.60 | 20.31 | 20.50 | <b>Fe+3</b>   | 0.394       | 0.444       | 0.745       | 0.481       |
| <b>La<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 15.83 | 16.58 | 15.91 | 14.27 | <b>Ti</b>     | 0.643       | 0.615       | 0.542       | 0.532       |
| <b>Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0.00  | 0.00  | 1.25  | 1.22  | <b>Al</b>     | 0.000       | 0.000       | 0.080       | 0.100       |
| <b>Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 2.95  | 1.87  | 2.85  | 3.27  | <b>Nb</b>     | 0.286       | 0.265       | 0.253       | 0.279       |
| <b>ThO<sub>2</sub></b>             | 0.65  | 0.66  | 0.99  | 0.67  | <b>Zr</b>     | 0.191       | 0.215       | 0.120       | 0.163       |
| <b>ZrO<sub>2</sub></b>             | 1.85  | 2.07  | 1.15  | 1.58  | <b>Mg</b>     | 0.000       | 0.000       | 0.079       | 0.000       |
| <b>Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | 2.98  | 2.76  | 2.63  | 2.92  | <b>B (2)</b>  | <b>2.0</b>  | <b>2.0</b>  | <b>2.0</b>  | <b>2.0</b>  |
| <b>Total</b>                       | 94.85 | 94.10 | 95.04 | 94.87 | <b>Ti</b>     | <b>2.0</b>  | <b>2.0</b>  | <b>2.0</b>  | <b>2.0</b>  |
|                                    |       |       |       |       | <b>Si</b>     | <b>4.0</b>  | <b>4.0</b>  | <b>3.9</b>  | <b>4.1</b>  |
| <b>K</b>                           | 0.000 | 0.000 | 0.046 | 0.032 | <b>Катион</b> | <b>13.0</b> | <b>13.0</b> | <b>13.0</b> | <b>13.0</b> |
| <b>Ce</b>                          | 1.577 | 1.525 | 1.585 | 1.588 | <b>Анион</b>  | <b>22.0</b> | <b>22.0</b> | <b>22.0</b> | <b>22.0</b> |

## Редкоземельные силикаты в трахите вулкана Большого



# Выводы

1. Присутствие в трахитах Камчатки щелочных темноцветных минералов (рихтерит, рибекит) подтверждает отнесение этих пород к щелочным.
2. К-Na трахиты Камчатки отличаются от трахитов внутриплитного типа более низкими содержаниями многих некогерентных элементов.
3. Источниками магм для пород ЩБТК серии, включая трахиты, согласно изотопным данным, могли служить мантия EM1 и PREMA типов. Одним из источников была, вероятно, надсубдукционная метасоматизированная мантия и астеносферный источник проникающий в надсубдукционную мантию через структуру типа slab-window.
4. Находка редкоземельных силикатов на Камчатке в вулканических породах является первой и дальнейших минералого-геохимических исследований.

Спасибо за внимание

