

УДК 552.323.5 + 550.42

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГАТОНОСНЫХ БАЗАЛЬТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КУЗБАССА (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.В. Звягинцева<sup>1</sup>, Н.Н. Борозновская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Новокузнецкий краеведческий музей, Новокузнецк, Россия

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия



В работе исследуются породы пермотриасовой вулcano-плутонической провинции центрального Кузбасса. Целью является рассмотрение геохимических особенностей базальтов, вмещающих агаты. По результатам исследования видно, что геохимические показатели образцов разных проявлений схожи, но есть небольшие различия. Установлена обогащенность крупноионными литофильными элементами и деплетированность тяжелыми лантаноидами. В базальтах наблюдается высокое содержание Cr, Co, Mn, V, что отмечается для пород трапповой формации Сибири. Все пробы попадают в поле внутриплитных базальтов, близких к границе с базальтами вулканических дуг. Кузбасские базальты близки к базальтам сыверминской свиты сибирских траппов, что может быть следствием сходных геохимических параметров источников.

**Ключевые слова:** базальт, РЗЭ, агат, траппы, Кузбасс.

### Введение

Исзуемые породы относятся к пермотриасовому комплексу Кузбасского магматического ареала и представлены трапповой трахибазальтовой формацией Салтымаковской палеовулканической структуры [Буслов и др., 2010].

Траппы Кузбасса давно стали объектом научных исследований, так как с ними связывают проявления и месторождения исландского шпата в Кемеровской области [Кутолин, 1963] и агатов, а в последнее время рассматриваются как результат последствий действия Сибирского суперплюма.

Наш интерес связан с проявлениями кварц-халцедоновых образований в исследуемых базальтах. Ранее была дана геохимическая характеристика кварц-халцедоновых образований Кузбасса [Звягинцева, 2018], где были рассмотрены геохимические и минералогические особенности агатовых проявлений, которые расположены в изучаемых базальтах. *Целью работы* является изучение геохимических характеристик агатоносных базальтов нескольких проявлений Кузбасса и сравнение их друг с другом, их сопоставление с базальтами других территорий на основе имеющихся данных [Hetzel, Glodny, 2002; Медведев и др., 2003; Буслов и др., 2010; Davies и др., 2010; Наставко и др., 2012].

Для достижения поставленной цели были проанализированы полученные нами данные по геохимии Салтымаковского комплекса пермотриасовой вулcano-плутонической провинции центрального Кузбасса относительно других агатоносных объектов, изученных ранее, проведено сравнение их с предшествующими результатами по исследуемой территории.

### Фактический материал

Основные запасы агатового сырья сосредоточены в раннемезозойских породах региона. Проявления локализуются в так называемой Мелафировой подкове, которой отвечают Караканский, Салтымаковский, Ажендаровский хребты, Осташкин камень, Кайлотские горы, Тарадановский увал (рис. 1).

За период 2013–2016 гг. была собрана авторская коллекция образцов кварц-халцедоновых образований и вмещающих пород. Каменный материал был отобран нами со следующих проявлений:

– проявление участка Терсюк (Новокузнецкий район), где миндалекаменные базальты с агатовой минерализацией вскрыты в правом борту р. Терсюк (рис. 2, а). Базальт здесь был отобран с двух точек вскрытой части разреза, третий был взят в борту р. Афониха (10 км от агатовых проявлений);

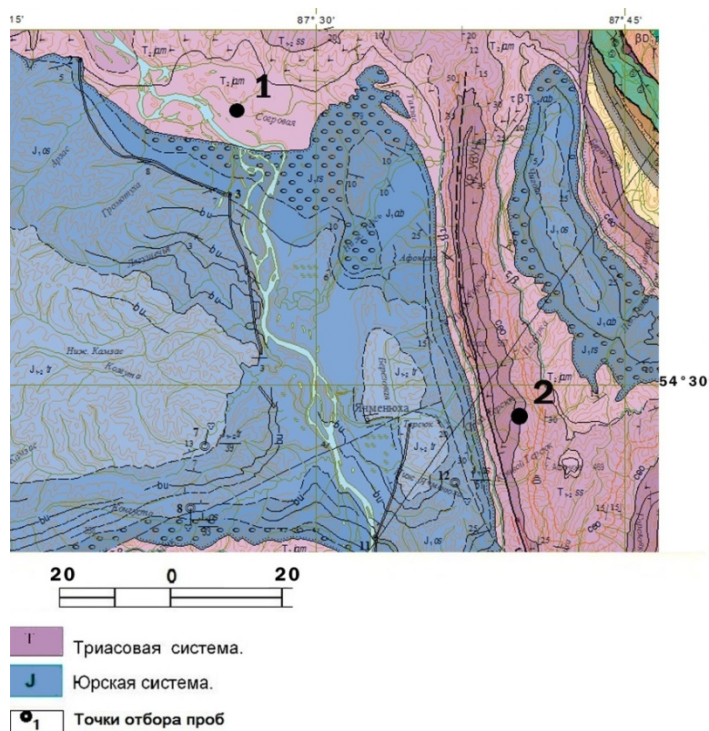
– проявления Салтымаковского хребта (Крапивинский район), где миндалекаменные базальты с агатовой минерализацией вскрыты в левом борту р. Томь (рис. 2, б).

### Краткая геологическая характеристика участков проявлений

Участок Терсюк примыкает к западному склону Кузнецкого Алатау, приурочен к Кузнецкой котловине и расположен в западной части Татарской мульды. Татарская мульда является основной пликативной структурой района. Участок Терсюк – это общее название территории, в которой выделено ранее [Юрьев, 1992] два участка: Пустоваловский и Ливановский. В геологическом строении участка

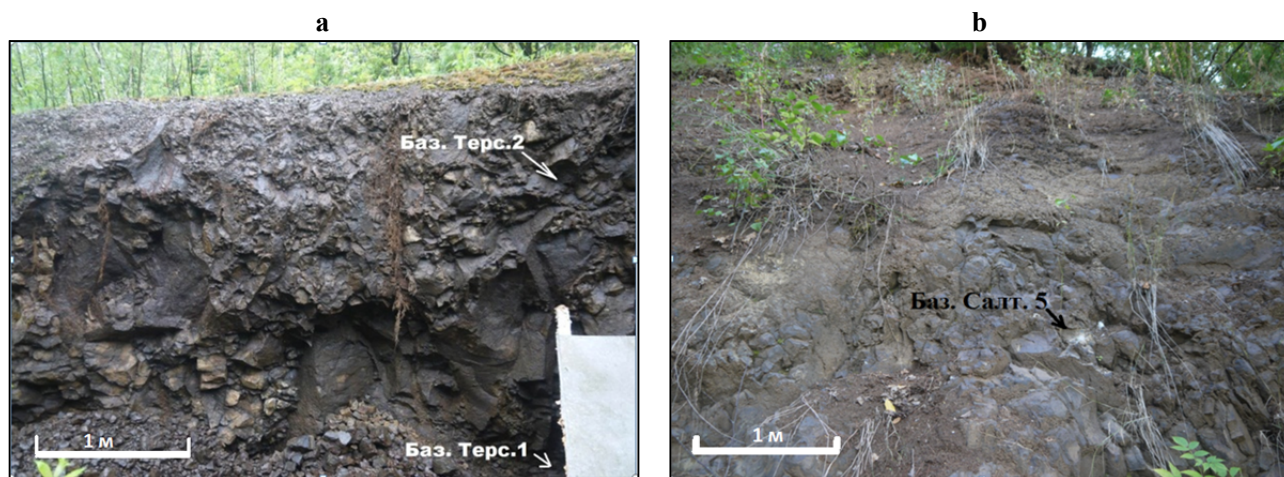
принимают участие триасовые, юрские и четвертичные отложения. Для нас наиболее интересны триасовые отложения, так как в них и заключены кварц-халцедоновые образования.

Триасовые отложения представлены нижним отделом, сосновской и яминской свитами. Сосновская свита ( $T_{1ss}$ ) не имеет базальтов, средняя ее мощность составляет 650 м.



**Рис. 1. Локализация точек отбора проб базальта центрального Кузбасса**  
1 – проявление Салтымаковского хребта, 2 – участок Терсюк. Вырезка из [Лавренов и др., 2015]

**Fig. 1. Allocation of basalt sampling points in the central Kuzbass**  
1 – occurrence of the Saltymakovsky ridge, 2 – Tersyuk site. Geological map clipping [Lavrenov et al., 2015]



**Рис. 2. Точки отбора проб базальта с проявлений**  
а – участка Терсюк (Терс. 1,2); б – Салтымаковского хребта (Салт. 5)

**Fig. 2. Basalt sampling points from the occurrences**  
а – Tersyuk site (Терс. 1,2); б – Saltymakovsky range (Салт. 5)

В яминской свите (*Tijam*) базальты от грязно-зеленоватого до черного цветов, массивной текстуры, афанитовой и брекчиевидной структуры, в той или иной степени миндалекаменные. Мощность базальтов в свите по данным [Юрьев, 1992] – 30–40 м. В верхней части базальтового покрова здесь отмечается горизонт насыщенный кварц-халцедоновыми образованиями. В Пустоваловском участке продуктивный горизонт представлен темно-серыми до черных миндалекаменными базальтами. Мощность продуктивного горизонта составляет 0,7 м. Количество миндалинов около 10%. Здесь встречаются агаты и серые халцедоны, имеющие моховидные и дендритовидные включения. Также встречены образцы с «муровым» эффектом. Для этого проявления характерно наличие кварц-халцедоновых трубок. Как правило, такие образования имеют множество трещин и при извлечении из породы рассыпаются на кусочки. Подробное описание текстур и структур кварц-халцедоновых образований дано в [Звягинцева, 2018].

В строении продуктивного горизонта наблюдается следующая вертикальная зональность (сверху вниз):

1. Горизонтально-рассланцованные выветрелые, зеленовато-серые миндалекаменные базальты. Миндалины мелкие, имеют лепешкообразную форму. В этой же зоне находятся кварц-халцедоновые трубки.

2. Темно-серые базальты с миндалинами (3–7 см).

3. Базальты от темно-серых до черных, размеры миндалинов (3–5 см).

В северо-западной части участка длина продуктивного горизонта составляет 370 м, мощность – 0,7 м. Ширина предполагаемой отработки продуктивного слоя – 12 м. Среднее содержание кварц-халцедонового сырья – примерно  $15,5 \text{ кг/м}^3$ , торгового материала –  $2,4 \text{ кг/м}^3$ , коллекционного и галтовочного –  $18,7 \text{ кг/м}^3$ . В юго-восточной части участка длина продуктивного горизонта составляет 100 м, мощность – 0,7 м. Среднее содержание кварц-халцедонового сырья – примерно  $36,9 \text{ кг/м}^3$ , торгового материала –  $2,8 \text{ кг/м}^3$ , коллекционного и галтовочного –  $22,8 \text{ кг/м}^3$ .

Участок Ливановский расположен в правом борту р. Средний Терсюк. Продуктивный горизонт прослежен на 160 м вдоль осевой части хребта, полого погружаясь под рыхлые отложения и базальты в северо-восточном направлении, практически параллельно плоскости северо-восточного склона. Разрез продуктивных отложений в юго-восточной части имеет следующий вид (сверху вниз) [Юрьев, 1992]:

- грязно-зеленые, зеленовато-серые базальты с крупными (до 20 см) миндалинами караваеподобной и лепешкообразной формы. Содержание кварц-халцедонового сырья составляет  $50\text{--}60 \text{ кг/м}^3$ ;

- массивные темно-серые до черных миндалекаменные базальты. Содержание кварц-халцедонового

материала невысокое –  $10\text{--}20 \text{ кг/м}^3$ . Характерны миндалины малых размеров – до 7 см в диаметре. Формы миндалинов близки к шаровидной. Образцы часто заполнены серым халцедоном.

Триасовые отложения Салтымаковского хребта достаточно хорошо изучены в работах геолого-разведочной партии под руководством В.П. Болтухина [Болтухин, Ивлиева, 1984]. Район сложен триасовыми породами трапповой формации. Эксплозивный индекс толщи довольно высок (около 40). Значительную часть мощности разрезов составляют витрокластические алевролитовые туфы. Базальты практически не затронуты метаморфическими преобразованиями и имеют свежий, кайнотипный облик [Болтухин, Ивлиева, 1984]. В верхних частях покровов, а также по зонам трещиноватости часто наблюдается интенсивная цеолитизация. Триасовые отложения расчленены на мальцевскую, сосновскую и яминскую свиты [Казаков и др., 2002]. Различные части покровов и отдельных потоков базальтов обладают своими текстурно-структурными особенностями. В верхних частях базальты афировые, миндалекаменные, черные. Основная масса гялиновой или гялопилитовой структуры. Кварц-халцедоновый материал и пробы базальта были собраны нами со склона южной экспозиции Салтымаковского хребта в месте впадения реки Остяковой в р. Томь в борту дорожного карьера. Центральные и нижние части сложены массивным базальтом; структура – пойкилоофитовая и микродолеритовая с элементами интерсертальной. Интерстиции обычно заполнены стеклом желто-бурого цвета [Лавренов и др., 2015]. Миндалины выполнены хлоритом, халцедоном, цеолитом. Агаты (по большей части ониксы) этого проявления характеризуются голубовато-серой окраской. В центральной части миндалинов часто присутствует кварц (иногда в виде раухтопаза или горного хрусталя).

### Методы исследования

Определение элементов-примесей проводилось в центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Национального исследовательского Томского государственного университета на квадрупольном ICP-MS спектрометре Agilent 7500 сх, позволяющем определять концентрации рассеянных элементов от Li до U включительно (аналитик – Е.С. Рабцевич). Для всех анализов использовались порошковые пробы, истертые до состояния пудры.

### Результаты исследований и обсуждение

В данной работе был исследован микроэлементный состав агатосодержащих базальтов Кузбасского магматического ареала (табл. 1).

Таблица 1

Содержание элементов-примесей (г/т) в агатоносных базальтах Кузбасса

Table 1

Content of impurity elements (ppm) in agate-bearing basalts of Kuzbass

| Element | Баз. Салт. | Баз. Тер.1 | Баз. Тер.2 | Баз. Тер.3 |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| Li      | 14,43      | 13,86      | 10,78      | 13,20      |
| Be      | 1,75       | 1,40       | 1,94       | 2,16       |
| B       | 4,72       | 0,28       | 0,26       | 6,31       |
| Sc      | 26,83      | 27,07      | 24,28      | 29,10      |
| Ti      | 7 973,79   | 10 047,93  | 9 368,09   | 9 407,51   |
| V       | 172,89     | 288,61     | 269,58     | 188,95     |
| Cr      | 27,43      | 64,84      | 49,18      | 12,93      |
| Mn      | 1 218,62   | 1 322,70   | 333,98     | 1 653,53   |
| Co      | 25,46      | 34,00      | 32,33      | 25,51      |
| Ni      | 5,89       | 17,67      | 19,85      | 3,59       |
| Cu      | 12,17      | 17,41      | 16,59      | 26,10      |
| Zn      | 119,62     | 128,11     | 118,63     | 117,93     |
| Ga      | 18,09      | 18,22      | 19,03      | 20,84      |
| Rb      | 14,99      | 4,14       | 16,38      | 26,60      |
| Sr      | 493,19     | 475,44     | 491,55     | 541,85     |
| Y       | 32,30      | 30,83      | 32,58      | 37,92      |
| Zr      | 189,16     | 207,90     | 198,64     | 226,05     |
| Nb      | 11,79      | 10,04      | 9,83       | 13,73      |
| Sb      | 0,27       | 0,07       | 0,23       | 0,25       |
| Cs      | 0,93       | 0,21       | 0,80       | 2,04       |
| Ba      | 479,87     | 449,42     | 781,82     | 598,69     |
| La      | 29,11      | 24,20      | 27,44      | 34,03      |
| Ce      | 65,55      | 58,15      | 60,60      | 77,05      |
| Pr      | 8,23       | 7,37       | 7,91       | 9,66       |
| Nd      | 33,56      | 31,66      | 32,69      | 39,62      |
| Sm      | 7,00       | 6,75       | 6,84       | 8,15       |
| Eu      | 1,98       | 1,93       | 1,77       | 2,12       |
| Gd      | 6,63       | 6,50       | 6,53       | 7,43       |
| Tb      | 1,02       | 1,02       | 1,02       | 1,19       |
| Dy      | 6,11       | 6,13       | 6,15       | 7,02       |
| Ho      | 1,33       | 1,30       | 1,33       | 1,49       |
| Er      | 3,71       | 3,54       | 3,73       | 4,21       |
| Tm      | 0,58       | 0,53       | 0,58       | 0,65       |
| Yb      | 3,65       | 3,42       | 3,73       | 4,15       |
| Lu      | 0,55       | 0,50       | 0,56       | 0,63       |
| Hf      | 4,58       | 5,54       | 5,23       | 5,66       |
| Ta      | 0,77       | 0,72       | 0,64       | 0,88       |
| Pb      | 9,46       | 9,77       | 10,36      | 11,00      |
| Th      | 4,12       | 4,36       | 3,94       | 4,92       |
| U       | 2,19       | 1,33       | 2,45       | 2,56       |
| ΣРЗЭ    | 169,01     | 153        | 160,9      | 197,4      |
| ΣРЭ     | 11034,3    | 13334,8    | 12979,8    | 13177,2    |

Приводятся данные о содержании редких и редкоземельных элементов в агатоносных базальтах Кузбасского магматического ареала (см. рис. 3, 4).

В целом можно говорить о схожести характера распределения редких элементов для образцов Салтымаковского хребта и участка Терсюк. Для всех участков отмечены повышенные содержания Ti, V, Mn, Zn, Sr, Zr, Ba. Все пробы характеризуются преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми  $(La/Yb)_{ch} = 6,0-5,1$  и деплетированы тяжелыми  $(Sm/Yb)_{ch} = 2,2-2,0$ . Характерно наличие минимумов высокозарядных элементов (HFSE) – Nb, Ta. Спектры РЗЭ обогащены легкими элементами относи-

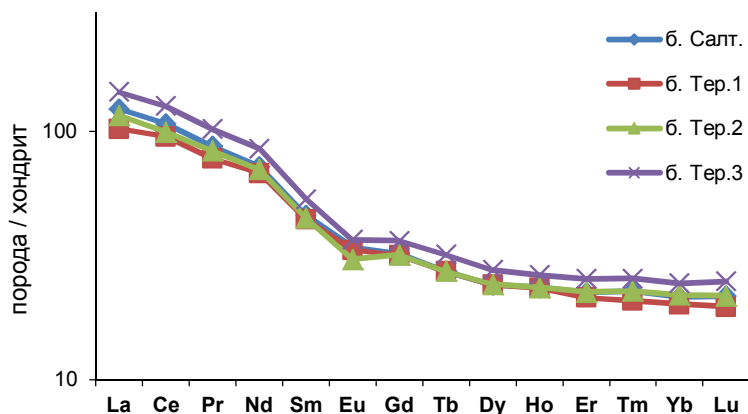
тельно хондрита  $((La/Sm)n = 2,3-2,7)$ . Низкое отношение  $(Gd/Yb)n = 1,5-1,6$  в наших базальтах коррелирует с данными [Буслов и др., 2010], что допускает, по их мнению, мантийный источник плавления на уровне шпинелевой фации. Наши показатели также коррелируют и с данными [Наставко и др., 2012] по распределению элементов для пород Салтымаковского комплекса, нормированных по примитивной мантии (PM) (см. табл. 2, рис. 4).

В породах Салтымаковского комплекса наблюдается обогащенность легкими лантаноидами  $(La/Yb)_{PM} = 2,0-1,7$ , и крупноионными литофильными элементами  $((U/La)_{PM} = 2,9-1,8$ , и деплетированность тяже-



лыми лантаноидами  $(\text{Gd/Yb})_{\text{PM}} = 0,6\text{--}0,5$ . Деплетированность тяжелыми лантаноидами может свидетельствовать о присутствии граната в родоначальных расплавах [Медведев и др., 2003], а обогащенность легкими РЗЭ – о мантийном источнике. Величина европиевой аномалии в образце Терс. 1 (агатоносный слой) – 0,89, а в образце Терс. 2 (неагатоносный верхний слой) – 0,80, что может говорить о более восстановительной среде в агатоносном слое (рис. 3). Дело в том, что концентратором Eu в ба-

зальтах является плагиоклаз. Известно, что в плагиоклазе накапливается главным образом восстановленная форма Eu ( $\text{Eu}^{2+}$ ) [Беликова, Мороз, 2016], а для этого нужны определенные восстановительные условия среды. Величина европиевой аномалии в пробе Салт. (агатоносный слой) и аналогичной пробы участка Терсюк примерно одинаковая – 0,88 и 0,89 соответственно. Суммарное содержание РЗЭ достаточно высокое для всех проб – от 153 до 197,4 г/т (см. табл. 1).



**Рис. 3. Нормированные на хондрит [Sun, McDonough, 1989] графики распределения редкоземельных элементов во вмещающих базальтах**  
1–3 – участок Терсюк, 5 – Салтымаковский

**Fig. 3. Normalized to chondrite [Sun, McDonough, 1989] distribution charts of rare-earth elements in the enclosing basalts**  
1–3 – Tersyuk site, 5 – Saltymakovsky range

Таблица 2

Элементы-примеси в базальтах Караканского хребта по [Наставко и др., 2012]

Table 2

Impurity elements in the basalts of the Karakan ridge. according to [Nastavko et al., 2012]

| Обр.  | Rb | Sr  | Cs  | Cr | Co | Sc | Y  | Zr  | Nb   | Ta  | Hf  | U   | Th  | La | Ce | Nd | Sm  | Eu  | Gd  | Tb   | Yb  | Lu   |
|-------|----|-----|-----|----|----|----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| Кр-25 | 48 | 399 | 1,8 | 20 | 25 | 32 | –  | –   | –    | 0,8 | 5,3 | 2,3 | 4,4 | 33 | 70 | 37 | 8,6 | 2,1 | 9,2 | 1,4  | 4,7 | 0,6  |
| К-716 | 43 | 471 | 2,2 | 22 | 24 | 31 | 44 | 226 | 13,7 | 0,8 | 4,7 | 4,7 | 4,2 | 36 | 67 | 36 | 8,8 | 2,1 | 8,1 | 1,35 | 3,8 | 0,55 |

В агатоносном слое (проба Терс. 1) происходил, возможно, вынос РЗЭ, так как сумма РЗЭ в пробе Терс. 1 меньше, чем в пробе Терс. 2 (табл. 1). Несмотря на геохимическую схожесть проб базальтов Салтымаковского проявления и участка Терсюк, образцы базальтов Терсюк относительно Салтымаковских содержат большее количество Cr, Ni, Cu, Co, Mn, V. В то же время в агатах, изученных нами ранее [Звягинцева, 2018], наблюдается обратная картина: в салтымаковских агатах значительно больше концентрация Cr, Ni, Cu, V, Co относительно тер-

сюкских образцов. Соответственно, «Салтымаковские флюиды» более интенсивно заимствовали эти элементы из базальтов, нежели Терсюкские. Отсюда и различная обогащенность элементами.

В табл. 2 приводятся данные по элементам-примесям для базальтов Караканского хребта, который простирается в северо-западном направлении южнее на 30 км Ажendarовского хребта и Тарадановского увала. По приведенному редкоэлементному составу и концентрациям в целом наблюдается схожесть с изученными нами образцами, но есть и

различия. В частности, в образцах Караканского хребта содержание Rb в несколько раз больше, чем в образцах Салтымаковского хребта и участка Терсюк. Подобная картина отмечается для Cs. Что касается концентраций Sr и Co, то отмечается примерно одинаковое содержание этих элементов для образцов Салтымаковского и Караканского хребтов, но образцы участка Терсюк отличаются повышенным содержанием (см. табл. 2). В Караканских образцах чуть больше La, Gd, Tb (см. рис. 3).

На дискриминационной диаграмме Ti–Zr для базальтов (модификация Дж. Пирса) [Интерпретация... 2001] наши образцы попадают в поле внутриплит-

ных базальтов близко к границе с базальтами вулканических дуг (рис. 5).

Образцы исследуемых пород характеризуются высокими содержаниями V (170–280 ppm), особенно терсюкские базальты, что отмечается для пород трапповой формации Сибири [Борисенко, 1973]. На рисунке даны графики соотношений Zr–Nb (a) и Zr–Ti (b) для образцов авторов в сравнении с другими базальтами. По диаграмме Zr–Ti (b) точки наших образцов располагаются в поле точек Кузбасских базальтов по данным [Буслов и др., 2010; Davies, 2010], сюда же попадают образцы сыверминского типа Восточно-Сибирских траппов (рис. 6).

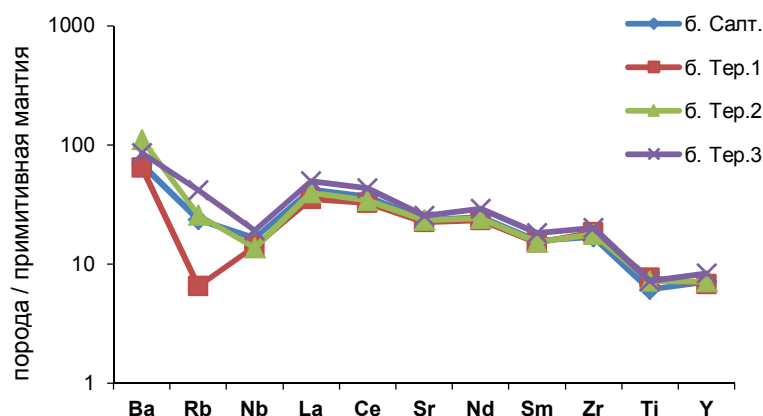


Рис. 4. Нормированные на примитивную мантию [Sun and Mc Donough, 1989] графики распределения РЗЭ во вмещающих базальтах  
1–3 – участок Терсюк, 5 – Салтымаковский

Fig. 4. Normalized to primitive mantle [Sun and Mc Donough, 1989] distribution charts of REE in host basalts  
1–3 – Tersyuk site, 5 – Saltymakovsky range

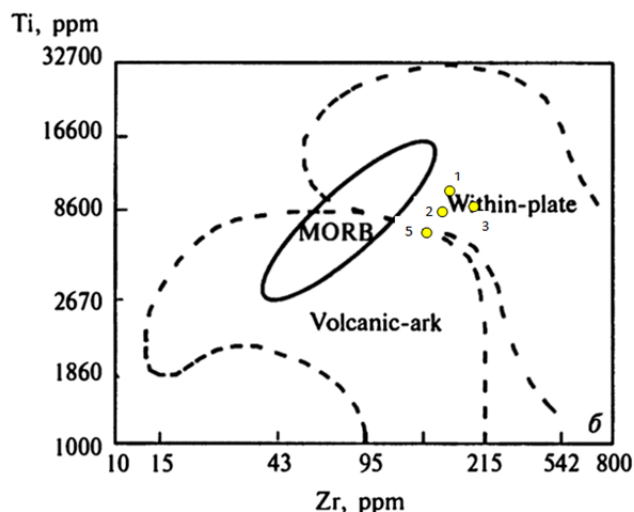
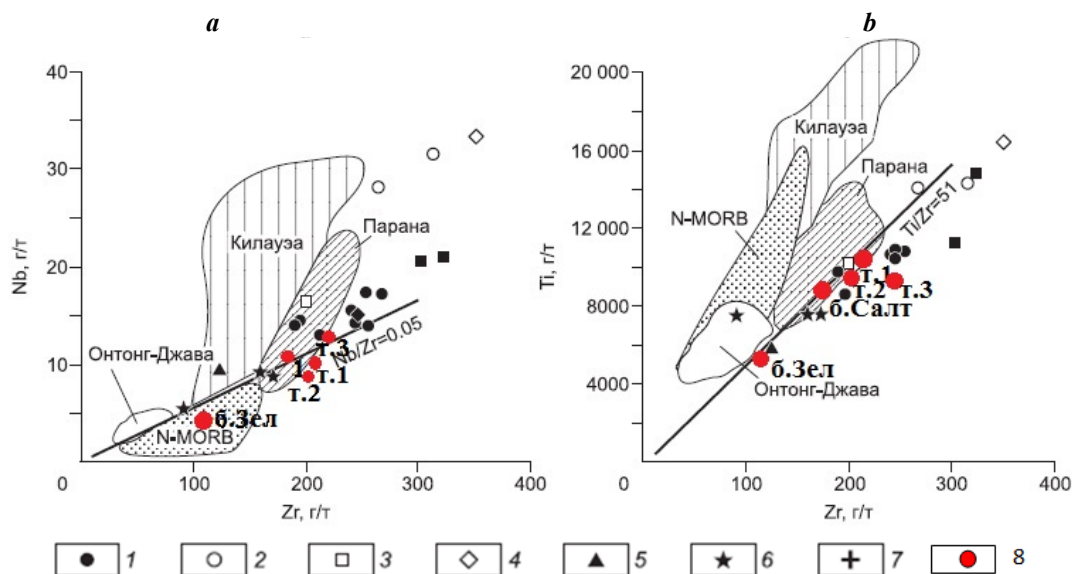


Рис. 5. Дискриминационная диаграмма Ti–Zr для базальтов, модификация Дж. Пирса

Желтые точки: 1–3 – базальт участка Терсюк; 5 – базальт Салтымаковского хребта. MORB – базальты срединно-океанических хребтов; Within-plate – внутриплитные базальты; Volcanic-ark – базальты вулканических дуг

Fig. 5. The Ti–Zr discriminatory basalt diagram, J. Pierce modification

Yellow points: 1–3 – basalt from the Tersyuk occurrence; 5 – basalt from the Saltymakovsky range. MORB – mid-ocean range basalts; Within-plate – intra-plate basalts; Volcanic-ark – volcanic arc basalts



**Рис. 6. Графики соотношений Zr–Nb (a) и Zr–Ti (b) в сравнении со спектрами кузбасских базальтов по данным [Буслов и др., 2010], траппов Западной и Восточной Сибири, базальтов Килауза, океанического плато (Онтонг-Джава), N-MORB и Параны**

1–6 – пермотриасовые базальты: 1 – Кузнецкого бассейна [Буслов и др., 2010]; 2 – Кузнецкого бассейна [Крук и др., 1999]; 3–5 – Восточно-Сибирских траппов: 3 – сыверминская, 4 – ивакинская, 5 – надеждинская свиты; 6 – Уренгойского рифта Западно-Сибирского бассейна; 7 – триасовые базальты Северо-Монгольской магматической области, 8 – пермотриасовые базальты Кузбасса (авторские данные)

**Fig. 6. Graphs of Zr–Nb (a) and Zr–Ti (b) for kuzbas basalts according to data [Buslov et al, 2010], oceanic plateau (Ontong-Java), N-MORB and Parana**

1–6 – Permian-Triassic basalts of: 1 – Kuznetsk basin [Buslov et al., 2010]; 2 – Kuznetsk basin [Kruk et al., 1999]; 3–5 – East Siberian traps: 3 – syverminskaya, 4 – Ivakinskaya, 5 – Nadezhdinskaya Formations; 6 – Urengoi rift of West Siberian basin; 7 – Triassic basalts of North Mongolian igneous region, 8 – Permian-Triassic basalts of Kuzbass

Такие сходные показатели могут быть объяснены наличием одного мантийного источника для данных образцов. По этим соотношениям кузбасские базальты близки к базальтам сыверминской свиты сибирских траппов.

### Выводы

Таким образом, все исследуемые базальты попадают в поле внутриплитных базальтов (Within-plate) близко к границе с базальтами вулканических дуг. По геохимическому составу они схожи между собой. Незначительные отличия отмечены для базальтов участка Терсюк, которые более обогащены Sr, Co, Mn, V относительно Салтымаковского хребта, тогда как в самих агатах ранее было отмечено пониженное содержание этих элементов для участка Терсюк относительно агатов Салтымаковского хребта и Ажендаровского (д. Ключи) [Звягинцева, 2018], что может

быть следствием более активного выноса этих элементов из базальтов Салтымаковского хребта. Спектры РЗЭ обогащены легкими элементами ((La/Sm) $n$  = 2,3–2,7). Низкое отношение (Gd/Yb) $n$  = 1,5–1,6 в исследуемых базальтах коррелирует с данными других исследователей и подтверждает допущение о мантийном источнике плавления на уровне шпинелевой фазии. По соотношению Ti–Zr кузбасские базальты близки к базальтам сыверминской свиты сибирских траппов, что может быть следствием единого мантийного источника.

Исследования были проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Национального исследовательского Томского государственного университета» при поддержке Правительства РФ в рамках проекта № 14.Y26.31.0012.

### ЛИТЕРАТУРА

- Беликова Г.И., Мороз Т.Н. Индикаторная роль европиевой аномалии в эволюции минералообразующих сред // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии, Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. 2016. № 11. С. 84–86.  
Болтухин В.П., Ивлиева Т.И. Оценка продуктов пермо-триасового вулканизма в Кузбассе с целью выявления их промышленной цеолитонности и перспектива на другие полезные ископаемые. Новокузнецк, 1984. 212 с.

- Борисенко Л.Ф.** Ванадий. М. : Недра, 1973. 192 с.
- Буслов М.М., Сафонова И.Ю., Федосеев Г.С., Рейков М., Дэвис К., Бабин Г.А.** Пермотриасовый плюмовый магматизм Кузнецкого бассейна (Центральная Азия): геология, геохронология, геохимия // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 9. С. 1310–1328.
- Звягинцева Е.В.** Геохимическая характеристика кварц-халцедоновых образований Кузбасского магматического ареала // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 4 (280). С. 19–26. DOI: 10.19110/2221-1381-2018-4-19-25
- Интерпретация** геохимических данных : учеб. пособие. / Е.В. Скляр и др. ; под ред. Е.В. Склярова. М. : Интермет-Инжиниринг, 2001. 288 с.
- Казаков А.М., Константинов А.Г., Курушин Н.И.** Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Триасовая система. Новосибирск : СО РАН. 2002. 322 с.
- Крук Н.Н., Плотников А.В., Владимиров А.Г., Кутюлин В.А.** Геохимия и геодинамические условия формирования траппов Кузбасса // Доклады РАН, 1999, т. 369, № 6, С. 812–815.
- Кутюлин В.А.** Трапповая формация Кузбасса. Новосибирск : СО АН СССР, 1963. 122 с.
- Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Кирда Н.П.** Геохимия пермо-триасовых вулканитов Западной Сибири // Геология и геофизика, 2003. Т. 44, № 1–2. С. 86–100.
- Наставко А.В., Бородина Е.В., Изох А.Э.** Петролого-минералогические особенности вулканитов центральной части Кузбасса (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 4. С. 435–449.
- Лавренев П.Ф., Снежко Б.А., Щигрев А.Ф., Дмитриева Н.В., Филиппова Н.Е., Носков Ю.С., Зейферт Л.Л.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. 2-е изд. Серия Кузбасская. Лист N-45-IX (Крапивинский). Объяснительная записка. М. : МФ ВСЕГЕИ, 2015. 156 с.
- Юрьев А.И.** Отчет по результатам поисково-оценочных работ в междуречье рр. Нижняя и Средняя Терсь с целью оценки миндалекаменных базальтов на поделочные и коллекционные агаты. Новокузнецк, 1992. 65 с.
- Davies C., Allen M.B., Buslov M.M., Safonova I.** Deposition in the Kuznetsk Basin, Siberia: insights into the Permian-Triassic transition and the Mesozoic evolution of Central Asia // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology. 2010. V. 295, № 1–2. P. 307–322.
- Hetzl R., Glodny J.** A crustal-scale, orogen-parallel strike-slip fault in the Middle Urals: age, magnitude of displacement, and geodynamic significance // Int. J. Earth Sci. 2002. V. 91. P. 231–245.
- Sun S.S., McDonough W.F.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the ocean basins // Geol. Soc. Spec. 1989. № 42. P. 313–345.

#### Авторы:

**Звягинцева Елизавета Владимировна**, заведующая отделом Муниципальное автономное учреждение культуры «Новокузнецкий краеведческий музей», Новокузнецк, Россия.

E-mail: zmei7772006@mail.ru

**Борозновская Нина Николаевна**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, кафедра минералогии и геохимии, Томский государственный университет, Томск, Россия,

E-mail: boroznovskaya@mail.ru

*Geosphere Research*, 2019, 4, 74–82. DOI: 10.17223/25421379/13/7

**E.V. Zvyaginceva<sup>1</sup>, N.N. Boroznovskaya<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Novokuznetsk Local History Museum, Novokuznetsk, Russia*

<sup>2</sup> *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

#### GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF AGATE BEARING BASALTS OF THE CENTRAL KUZBASS (KEMEROVO REGION)

In this paper are results of study the rocks of Permian–Triassic volcano-plutonic province of central Kuzbass. The studied rocks are classified as traps and associated with them outcrops and deposits of Iceland spar and agates. The aim of the proposed work is to discuss the geochemical features of agate-bearing basalts. It is important to trace how the content of impurity elements in each of the samples of different deposits varies, to note significant variations in the concentrations of individual elements. Taking into account the identified features, compare the data of samples of the central Kuzbass relative to each other. Stone material was selected from the deposits of the site Tersyuk and Saltymakovsky ridge. Deposits are localized in the so-called “Melaphyro horseshoe”, which is expressed geomorphologically in the form of the Karakan, Saltymakovsky, Ajendarovsky ridges, Ostashki Kamen, the Kaylot mountains and the Tarananovsky ridge. The results of the study showed that the geochemical parameters of the samples of different deposits are similar, but there are slight differences. In the Tersyuk samples, the content of Cr, Co, Mn, V is higher relative to basalt samples of the Saltymakovskiy ridge. Also, it was noted earlier that samples of agate from deposit to deposit have clearer differences than samples of host rock. All samples are characterized by the predominance of light lanthanides over heavy ones. Our data show a correlation with data from earlier studies by other authors. The enrichment of large-ionic lithophilic elements and the depletion of heavy lanthanides, which may indicate the presence of garnet in parental melts, had been established. In basalts, a high content of vanadium is observed, which is noted for the rocks of the trap formation of Siberia. All samples fall into the field of within-plate basalt, to the border with basalts of volcanic arcs. Also, it is noted that agate samples from deposits to deposits have more distinct differences than the samples of the host rock. By the Ti–Zr ratio, the Kuzbass basalts are close to the basalts of the Syverminsky suite of Siberian traps, which may be a consequence of a single mantle source.

**Keywords:** basalt, geochemistry, REE, agate, traps, Kuzbass.



## REFERENCES

- Belikova G.I., Moroz T.N. *Indikatornaya rol' evropievoj anomalii v evolyucii mineraloobrazuyushchih sred* [The indicator role of the European anomaly in the evolution of mineral-forming media] // *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geokologii*, Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorij. No 11. 2016. pp. 84–86. In Russian
- Boltuhin V.P., Ivlicheva T.I. *Ocenka produktov permo-triasovogo vulkanizma v Kuzbasse s cel'yu vyyavleniya ih promyshlennoj ceolitonosnosti i perspektiva na drugie poleznye iskopaemye* [Evaluation of Permian-Triassic volcanism products in Kuzbass in order to identify their industrial zeoliticity and the prospect for other minerals]. Novokuznetsk. 1984. 212 p. In Russian
- Borisenko L.F. *Vanadij* [Vanadium]. Moscow: Izd. «Nedra», 1973. 192 p. In Russian
- Buslov M.M., Safonova I.YU., Fedoseev G.S., Rejkov M., Devis K., Babin G.A. Permo-Triassic plume magmatism of the Kuznetsk basin (Central Asia): geology, geochronology, geochemistry // *Russian Geology and Geophysics*. No 9. 2010. pp. 1021–1036.
- Zvyagintseva E.V. *Geohimicheskaya karakteristika kvarc-halcedonovykh obrazovanij Kuzbasskogo magmaticheskogo areala* [Geochemical characteristics of quartz-chalcedony formations of the Kuzbass magmatic area.] // *Vestnik Instituta geologii Komi nauchnogo centra UrO RAN*. No (280). 2018. pp. 19–26. In Russian
- Kazakov A.M., Konstantinov A.G., Kurushin N.I. *Stratigrafiya neftegazonosnykh bassejnov Sibiri. Triasovaya sistema* [Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Triassic system]. Novosibirsk: SO RAN. 2002. 322 p. In Russian
- Kruk N.N., Plotnikov A.V., Vladimirov A.G., Kutolin V.A. *Geohimiya i geodinamicheskie usloviya formirovaniya trappov Kuzbassa* [Geochemistry and geodynamic conditions for the formation of Kuzbass traps] // *Doklady RAN*, 1999, V. 369, No 6, pp. 812–815. In Russian
- Kutolin V.A. *Trappovaya formaciya Kuzbassa* [Trapp formation of Kuzbass] Novosibirsk: SO AN SSSR. 1963. 122 p. In Russian
- Medvedev A.Ya., Al'muxamedov A.I., Kirda N.P. Geochemistry of Permian-Triassic volcanic rock of Western Siberia // *Russian Geology and Geophysics*, 2003. No 1–2. pp. 82–98.
- Nastavko A.V., Borodina E.V., Izoh A.E. Petrological and mineralogical features of volcanics in the central part of Kuzbass (South Siberia) // *Russian Geology and Geophysics*, No 4. 2012. pp. 334–346.
- Lavrenov P.F., Snezhko B.A., Shhigrev A.F., Dmitrieva N.V., Filippova N.E., Noskov Yu.S., Zejfert L.L. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy federatsii. Masshtab 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Kuzbasskaya. List N-45-IX (Krapivinskiy). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. Second edition. Series Kuzbass. Sheet N-45-IX (Krapivinsky). Explanatory note]. Moscow: MF VSEGEI. 2015. 156 p. In Russian
- Interpretaciya geohimicheskikh dannykh* [Interpretation of geochemical data] Uchebnoe posobie. E.V. Sklyarov i dr., edit by Sklyarov E.V. Moscow: Izd-vo IntermetInzhiniring. 2001. 288 p. In Russian
- Yur'ev A.I. *Otchet po rezul'tatam poiskovo-ocenочnykh rabot v mezhdurech'e rr. Nizhnyaya i Srednyaya Ters' s cel'yu ocenki mindalekamennykh bazalt'ov na podelochnye i kollekcionnye agaty* [Report on the results of prospecting and appraisal work between rivers Lower and Middle Ters in order to evaluate almond-stone basalts for ornamental and collection agates]. Novokuznetsk. 1992. 65 p. In Russian
- Davies C., Allen M.B., Buslov M.M., Safonova I. Deposition in the Kuznetsk Basin, Siberia: insights into the Permian-Triassic transition and the Mesozoic evolution of Central Asia // *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 2010, V. 295, № 1–2, pp. 307–322.
- Hetzel R., Glodny J. A crustal-scale, orogen-parallel strike-slip fault in the Middle Urals: age, magnitude of displacement, and geodynamic significance // *Int. J. Earth Sci.*, 2002, V. 91, p. 231–245.
- Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the ocean basins // *Geol. Soc. Spec.* № 42. 1989. pp. 313–345

## Author's:

**Zvyagintseva Elizaveta VI.**, Department Head of the MAUK "Novokuznetsk Museum of Local", Novokuznetsk, Russia,  
E-mail: zmei7772006@mail.ru

**Boroznovskaya Nina N.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Department of Mineralogy and Geochemistry, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.  
E-mail: boroznovskaya@mail.ru