



## Толбачинские алмазы (ТТИ-50, Камчатка): новое доказательство их вулканогенной природы

В. И. Силаев<sup>1</sup>, Л. П. Аникин<sup>2</sup>, Г. А. Карпов<sup>2</sup>, А. Ф. Хазов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; *silaev@geo.komisc.ru, akhazov@geo.komisc.ru*

<sup>2</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский  
*alp@kscnet.ru, karpovga@kscnet.ru*

На поверхности двух алмазов, извлеченных из продуктов Трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. (ТТИ-50), обнаружены примазки безусловно вулканогенных фаз и микроминералов – силикатных, сульфатных, гидроксидных, оксидных и сульфидных с ясными онтогеническими признаками естественного нарастания на скульптированную алмазную поверхность. Этот факт является очевидным подтверждением естественного вулканогенного происхождения толбачинских алмазов.

**Ключевые слова:** Камчатка, Трещинное Толбачинское извержение, алмазы, вулканогенное происхождение.

## Tolbachik diamonds (TFE-50, Kamchatka): new evidence of volcanogenic nature

V. I. Silaev<sup>1</sup>, L. P. Anikin<sup>2</sup>, G. A. Karpov<sup>2</sup>, A. F. Khazov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

<sup>2</sup>Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky

We found deposits of undoubtedly volcanic phases and microminerals – silicate, sulfate, hydroxychloride, oxide, and sulfide – with clear ontogenetic signs of natural growth on the sculpted surface of two diamonds extracted from the products of the Tolbachik Fissure Eruption 2012–2013 (TFE-50). This fact obviously confirms the natural volcanic origin of Tolbachik diamonds.

**Keywords:** Kamchatka, Tolbachik Fissure Eruption, diamonds, volcanogenic origin.

### Введение

Первые алмазы в продуктах побочного извержения Толбачика (ТТИ-50) были обнаружены в декабре 2012 г., еще до затухания его активности (Аникин и др., 2013; Галимов и др., 2016; Гордеев и др., 2014; Гордеев и др., 2019). Практически сразу после этого объявились скептики, выдвинувшие версию об искусственном происхождении этих алмазов, оказавшихся в продуктах извержения в результате либо техногенного аэрозольного загрязнения (например, вследствие воздушного переноса из Китая, где взорвался завод по выращиванию алмазов — академик Н. Л. Добрецов), либо сознательного их подбрасывания (Похиленко и др., 2019; Litasov et al., 2019). В действительности же толбачинские алмазы, как по месту, времени и способу обнаружения, так и по своим свойствам являются вполне природными, хотя и генетически особенными. На последнее указывают многие их свойства (Гордеев и др., 2014; Силаев и др., 2015, 2019): плоскогранно-кубооктаэдрический габитус с аксессуарными гранями ромбододекаэдра {110}, тетрагонтриоктаэдра {131}, тригонтриоктаэдра {332}; зональная анатомия с октаэдрическим зародышем в центре и кубооктаэдрической оболочкой;

присутствие на гранях алмаза пирамидальных ямок с индукционными поверхностями совместного роста алмаза и ксеноминеральных включений; примазки и микропленки на поверхности алмазов, сложенные силикатами, сульфатами, металлическими сплавами взрывного происхождения; типичная именно для природных алмазов ассоциация микроэлементов; точечный, абсолютно неагрегированный характер азотных структурных дефектов; глубинно-метановый изотопный состав углерода с изотопным коэффициентом в пределах  $\delta^{13}C_{PDB} = -28...-22\text{‰}$  ( $-25.2 \pm 1.4\text{‰}$ ), практически совпадающий с изотопным составом углерода в парагенетичных алмазу углеродных фазах (графите, диуглероде, шунгитоподобном УВ, органоидах), карбидах и в дисперсно-рассеянном непосредственно в вулканиках углеродном веществе. Обобщение результатов комплексных исследований привело нас к выводу о том, что толбачинские алмазы представляют собой ранее неизвестный генетический тип внемантийных вулканогенных алмазов, образовавшихся непосредственно в вулканическом пеплогазовом облаке за счет глубинного метана в результате атмосферных электрических разрядов.

**Для цитирования:** Силаев В. И., Аникин Л. П., Карпов Г. А., Хазов А. Ф. Толбачинские алмазы (ТТИ-50, Камчатка): новое доказательство их вулканогенной природы // Вестник геонаук. 2023. 2(338). С. 37–41. DOI: 10.19110/geov.2023.2.5

**For citation:** Silaev V. I., Anikin L. P., Karpov G. A., Khazov A. F. Tolbachik diamonds (TFE-50, Kamchatka): new evidence of volcanogenic nature. Vestnik of Geosciences, 2023, 2(338), pp. 37–41, doi: 10.19110/geov.2023.2.5

Новым подтверждением природного происхождения толбачинских алмазов служит недавняя находка на их поверхности атакамитоподобных гидроксидов меди и других микроминералов, весьма типоморфных именно для продуктов современного континентального и океанического вулканизма (Карпов и др., 2016; Добрецова и др., 2022; Силаев и др., 2021). Эти алмазы были извлечены из везикул пористого трахибазальта, отобранного из лавы, излившейся через «Прорыв Набоко». Место отбора образца находилось вблизи фронта лавового потока приблизительно в 9 км от прорыва. На поверхности застывшей свежей лавы было много трещин с интенсивными выходами газов с температурой 300–500 °С, в состав которых входили  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $Ar$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$  и другие углеводороды. В порах, кавернах и трещинах андезитбазальтов присутствовали присыпки минерального вещества зеленого, черного, белого, синего и желтоватого цвета. В лабораторных условиях вещество присыпок было выделено из лавы посредством вытряхивания (метод «тук-тук»). Именно в полученной таким образом порошковой массе и были обнаружены алмазы с примазками на поверхности весьма характерных для вулканических эксплозий фаз и минералов.

### Объект и результаты исследований

Объектом исследований послужили два угловатых алмаза. Первый алмаз размером  $182 \times 127$  мкм (рис. 1, а–б) имеет на поверхности микрогнездовое

полиминеральное выделение размером  $27 \times 22$  мкм, сложенное агрегатом сросшихся минерально-фазовых частиц субмикронного размера ( $1.65 \pm 0.87$  мкм). На поверхности второго алмаза размером  $190 \times 142$  мкм (рис. 1, с–д) наблюдаются два участка с полиминеральными примазками: относительно крупный ( $60 \times 10$  мкм), вытянутый вдоль микроскульптурного уступа, и более мелкий ( $10 \times 8$  мкм) субизометричный с размером минерально-фазовых частиц ( $1.59 \pm 1$ ) мкм. В ходе анализа минерально-фазовые частицы в примазках оказались мельче полей рентгеноспектрального микрозондирования, поэтому результаты получились смешанно-минеральными (табл. 1).

Обобщение полученных данных приводит к следующему выводу. Микроминеральный состав примазок, обнаруженных на поверхности толбачинских алмазов, оказался довольно однообразным, включая вулканогенную стеклофазу; магнезиальный оливин состава  $(Mg_{1.82-1.86}Fe_{0.14-0.18})_2[SiO_4]$ , или в минеральной форме —  $Fe_{0.91-0.93}$ ; халькокианит  $(Cu_{0.86-1}Zn_{0-0.02}Ca_{0-0.09}Fe_{0-0.01}K_{0-0.01})_{0.99}[SO_4]$ ; тенорит  $CuO$ , бунзенин  $(Ni_{0.83-0.88}Cu_{0-0.13}Mn_{0.04-0.11}Fe_{0-0.04})O$  и предположительно касситерит  $SnO_2$ ; параатакамит состава  $(Cu_{1.92-1.95}Zn_{0.05-0.08})_2Cl_{1.02-1.24}Br_{0-0.05}[SO_4]_{0.03-0.13}(OH)_{1.78-2.84}$ ; сульфат  $Ni[SO_4]$ ; вилламанинит  $CuS_2$ . Практически все эти фазы и минералы вполне соответствуют именно эксплозивному минеральному парагенезису, выявленному на Толбачинском и других камчатских и курильских вулканах (Карпов и др., 2014, 2017; Силаев и др., 2019b, 2021).

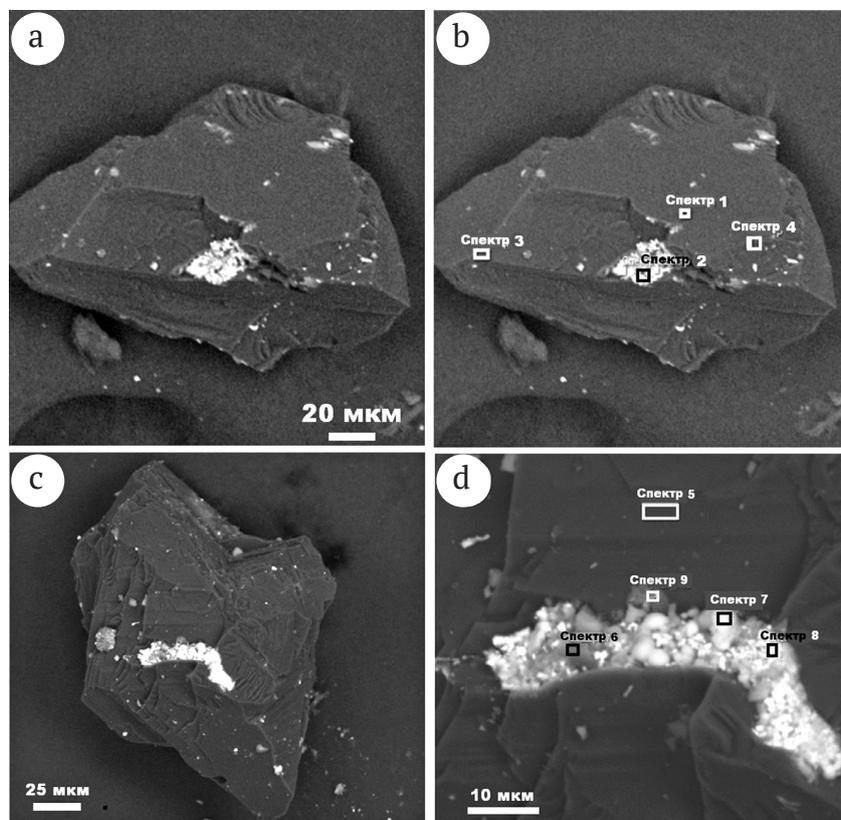


Рис. 1. СЭМ-изображения толбачинских алмазов с примазками вулканогенных микроминералов на поверхности (светлое). На b, d показаны участки рентгеноспектрального микрозондирования

Fig. 1. SEM images of Tolbachik diamonds with traces of volcanogenic microminerals on the surface (light). Figures b, d show sections of X-ray spectral microprobe



**Таблица 1.** Химический состав микроминеральных примазок на поверхности толбачинских алмазов, мас. %  
**Table 1.** Chemical composition of micromineral deposits on the surface of Tolbachik diamonds, wt. %

№ п/п	SiO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	NiO	CuO	ZnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	Br
1	61.62	не обн.	не обн.	6.38	3.28	12.33	8.34	4.45	не обн.	не обн.	1.43	не обн.	2.17	не обн.	не обн.
2	56.5	«	«	4.84	6.32	не обн.	не обн.	4.96	«	42.41	0.73	0.78	1.46	«	«
3	56.93	«	«	7.69	5.82	«	«	3.93	«	20.66	1.56	1.69	1.1	«	«
4	15.52	«	«	0	4.7	«	«	57.48	1.52	не обн.	3.42	0.82	0.87	14.28	1.39
5	17.78	«	«	1.2	0.66	«	«	57.3	1.52	«	4.06	«	3.76	13.72	не обн.
6	20.29	«	«	не обн.	4.31	«	«	53.37	2.02	«	3.77	1.15	не обн.	15.09	«
7	22.2	«	1.62	3.48	2.22	«	«	50.97	1.86	«	3.59	не обн.	2.14	11.92	«
8	32.55	«	не обн.	не обн.	3.46	«	«	37.85	1.4	«	4.24	1.32	не обн.	19.18	«
9	20.28	«	«	«	4.32	«	«	53.38	2.02	«	3.77	1.15	«	15.08	«
10	22.19	«	1.63	3.46	2.22	«	«	50.97	1.86	«	3.61	«	2.15	11.91	«
11	15.6	«	не обн.	не обн.	4.24	«	«	57.77	1.53	«	3.44	0.83	0.87	14.33	1.39
12	17.58	«	«	2.37	0.58	«	«	56.66	1.5	«	4.02	не обн.	3.72	13.57	не обн.
13	не обн.	«	«	не обн.	«	«	«	75.11	2.85	«	не обн.	«	не обн.	22.04	«
14	1.43	«	«	0	0.4	«	«	42.98	1.14	«	3.16	0.34	50.55	не обн.	«
15	1.81	«	«	6.44	1.41	3.04	75.56	5.12	не обн.	«	не обн.	не обн.	5.82	«	«
16	13.34	2.07	«	5.52	2.94	6.8	62.64	не обн.	«	4.01	1.76	«	0.92	«	«
17	10.63	не обн.	«	11.38	не обн.	2.66	61.05	9.55	«	не обн.	не обн.	«	4.73	«	«

Не обн. — not found.

*Эмпирические формулы/Empirical formulas:*

- 1 — 0.74 стеклофаза (glass phase) + 0.23 (Mn<sub>0.52</sub>Ni<sub>0.23</sub>Cu<sub>0.16</sub>Fe<sub>0.13</sub>)O + 0.03 Ni[SO<sub>4</sub>];
- 2 — 0.21 стеклофаза (glass phase) + 0.73 (Mg<sub>1.86</sub>Fe<sub>0.14</sub>)<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>] + 0.02 Cu[SO<sub>4</sub>] + 0.04 CuO;
- 3 — 0.49 стеклофаза (glass phase) + 0.47 (Mg<sub>1.82</sub>Fe<sub>0.18</sub>)<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>] + 0.02 Cu[SO<sub>4</sub>] + 0.02 CuO;
- 4 — 0.2 стеклофаза (glass phase) + 0.8 (Cu<sub>1.95</sub>Zn<sub>0.05</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.1</sub>Br<sub>0.05</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>0.03</sub>(OH)<sub>2.79</sub>;
- 5 — 0.2 стеклофаза (glass phase) + 0.8 (Cu<sub>1.95</sub>Zn<sub>0.05</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.06</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>0.13</sub>(OH)<sub>2.68</sub>;
- 6 — 0.3 стеклофаза (glass phase) + 0.7 (Cu<sub>1.93</sub>Zn<sub>0.07</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.24</sub>(OH)<sub>2.76</sub>;
- 7 — 0.35 стеклофаза (glass phase) + 0.65 (Cu<sub>1.93</sub>Zn<sub>0.07</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.02</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>0.08</sub>(OH)<sub>2.82</sub>;
- 8 — 0.29 стеклофаза (glass phase) + 0.71 (Cu<sub>1.93</sub>Zn<sub>0.07</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2.22</sub>(OH)<sub>1.78</sub>;
- 9 — 0.3 стеклофаза (glass phase) + 0.7 (Cu<sub>1.92</sub>Zn<sub>0.08</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.24</sub>(OH)<sub>2.76</sub>;
- 10 — 0.26 стеклофаза (glass phase) + 0.74 (Cu<sub>1.93</sub>Zn<sub>0.07</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.02</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>0.08</sub>(OH)<sub>2.82</sub>;
- 11 — 0.25 стеклофаза (glass phase) + 0.75 (Cu<sub>1.95</sub>Zn<sub>0.05</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.1</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>0.03</sub>(OH)<sub>2.84</sub>;
- 12 — 0.26 стеклофаза (glass phase) + 0.74 (Cu<sub>1.95</sub>Zn<sub>0.05</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.06</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>0.13</sub>(OH)<sub>2.68</sub>;
- 13 — (Cu<sub>1.93</sub>Zn<sub>0.07</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>1.28</sub>(OH)<sub>2.72</sub>;
- 14 — 0.02 стеклофаза (glass phase) + 0.98 (Cu<sub>0.86</sub>Zn<sub>0.02</sub>Ca<sub>0.09</sub>Fe<sub>0.01</sub>K<sub>0.01</sub>)<sub>0.99</sub>[SO<sub>4</sub>];
- 15 — 0.11 стеклофаза (glass phase) + 0.11 Ni[SO<sub>4</sub>] + 0.78 (Ni<sub>0.88</sub>Cu<sub>0.06</sub>Mn<sub>0.04</sub>Fe<sub>0.02</sub>)O;
- 16 — 0.32 стеклофаза (glass phase) + 0.02 Ni[SO<sub>4</sub>] + 0.65 (Ni<sub>0.86</sub>Mn<sub>0.1</sub>Fe<sub>0.04</sub>)O + 0.01 SnO<sub>2</sub>;
- 17 — 0.28 стеклофаза (glass phase) + 0.08 Ni[SO<sub>4</sub>] + 0.64 (Ni<sub>0.83</sub>Cu<sub>0.13</sub>Mn<sub>0.04</sub>)O

## Заключение

Проведенные исследования привели к обнаружению на поверхности двух алмазов, извлеченных из продуктов Трещинного Толбачинского извержения (ТТИ-50), примазок безусловно вулканогенных фаз и микроминералов — силикатных, сульфатных, гидроксидных, оксидных и сульфидных с ясными онтогенетическими признаками естественного нарастания на скульптурированную алмазную поверхность.

Выявленный факт является очевидным подтверждением естественного вулканогенного происхождения толбачинских алмазов.

## Литература

Аникин Л. П., Сокоренко А. В., Овсянников А. А., Сидоров Е. Г., Дунин-Барковский Р. Л., Антонов А. В., Чубаров В. М. Находка алмазов в лавах Толбачинского извержения

- 2012–2013 гг. // Вулканизм и связанные с ним процессы. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. С. 20–23.
- Anikin L. P., Sokorenko A. V., Ovsyannikov A. A., Sidorov E. G., Dunin-Barkovsky R. L., Antonov A. V., Chubarov V. M. *Nakhodkaalmazov v lavakh Tolbachinskogo izverzheniya 2012–2013 gg.* (Discovery of diamonds in the lavas of the Tolbachik eruption 2012–2013). Volcanism and related processes. Petropavlovsk-Kamchatsky: IVIS FEB RAN, 2013, pp. 20–23.
- Галимов Э. М., Севастьянов В. С., Карпов Г. А., Шилобреева С. Н., Максимов А. П. Алмазы в продуктах извержения вулкана Толбачик (Камчатка 2012–2013 гг.) и механизм их образования // Геохимия. 2016. № 10. С. 868–872.
- Galimov E. M., Sevastyanov V. S., Karpov G. A., Shilobreeva S. N., Maksimov A. P. *Almazы v produktakh izverzheniya vulkana Tolbachik (Kamchatka 2012–2013 gg.) i mekhanizm ikh obrazovaniya* (Diamonds in the products of the Tolbachik volcano eruption (Kamchatka 2012–2013) and the mechanism of their formation). Geochemistry, 2016, No. 10, pp. 868–872.
- Гордеев Е. И., Карпов Г. А., Аникин Л. П., Кривовичев С. В., Филатов С. К., Антонов А. В., Овсянников А. А. Алмазы в лавах Трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. // Доклады РАН. 2014. Т. 454. № 2. С. 204–206.
- Gordeev E. I., Karpov G. A., Anikin L. P., Krivovichev S. V., Filatov S. K., Antonov A. V., Ovsyannikov A. A. *Almazы v lavakh Treshchinnogo Tolbachinskogo izverzheniya 2012–2013 gg.* (Diamonds in the lavas of the Tolbachik Fissure eruption 2012–2013). Reports of the Russian Academy of Sciences, 2014, V. 454, No. 2, pp. 204–206.
- Гордеев Е. И., Силаев В. И., Карпов Г. А., Аникин Л. П., Васильев Е. А., Сухарев А. Е. Об истории открытия и природе алмазов в вулканических породах Камчатки // Вестник ПГУ. Геология. 2019. Т. 18. № 4. С. 307–331.
- Gordeev E. I., Silaev V. I., Karpov G. A., Anikin L. P., Vasiliev E. A., Sukharev A. E. *Ob istorii otkrytiya i prirodealmazov v vulkanicheskikh porodakh Kamchatki* (On the history of the discovery and nature of diamonds in volcanic rocks of Kamchatka). Bulletin of PSU, Geology, 2019, V. 18, No. 4, pp. 307–331.
- Добрецова И. Г., Яговкина М. А. Минералы группы атакамита из рудопроявлений на дне Атлантического океана // Вестник геонаук. 2022. № 2. С. 37–45.
- Dobretsova I. G., Yagovkina M. A. *Mineraly gruppy atakamita ikh rudoprovyavleniy na dne Atlanticheskogo okeana* (Minerals of the atacamite group from ore occurrences at the bottom of the Atlantic Ocean). Vestnik of Geosciences, 2022, No. 2, pp. 37–45.
- Карпов Г. А., Силаев В. И., Аникин Л. П., Вергасова Л. П., Makeev B. A. Минералы из пеплов и эксгальсионных конденсатов алмазопродуктивных извержений вулканов ключевой группы на Камчатке // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения-2016). Сыктывкар: Геопринт, 2016. С. 36–38.
- Karpov G. A., Silaev V. I., Anikin L. P., Vergasova L. P., Makeev B. A. *Mineraly iz peplov i eksgalyatsionnykh kondensatovalmazoproduktivnykh izverzheniy vulkanov klyuchevskoy gruppy na Kamchatke* (Minerals from ashes and exhalation condensates of diamond-producing eruptions of volcanoes of the Klyuchevskaya group in Kamchatka). Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkin Readings 2016). Syktывkar: Geoprint, 2016, pp. 36–38.
- Карпов Г. А., Силаев В. И., Аникин Л. П., Мохов А. В., Горностаева Т. А., Сухарев А. Е. Эксплозивная минерализация ТТИ-50 // Толбачинское трещинное извержение 2012–2013 гг. Новосибирск: Изд-во РАН, 2017. С. 241–255.
- Karpov G. A., Silaev V. I., Anikin L. P., Mokhov A. V., Gornostaeva T. A., Sukharev A. E. *Eksplozivnaya mineralizatsiya TTI-50* (Explosive mineralization of TFE-50). Tolbachik Fissure Eruption 2012–2013. Novosibirsk: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, 2017, pp. 241–255.
- Карпов Г. А., Силаев В. И., Аникин Л. П., Ракин В. И., Васильев Е. А., Филатов С. К., Петровский В. А., Флеров Г. Б. Алмазы и сопутствующие минералы в продуктах Толбачинского трещинного извержения 2012–2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2014. № 6. С. 3–20.
- Karpov G. A., Silaev V. I., Anikin L. P., Rakin V. I., Vasiliev E. A., Filatov S. K., Petrovsky V. A., Flerov G. B. *Almazы i soputstvuyushchiye mineraly v produktakh Treshchinnogo Tolbachinskogo Izverzheniya 2012–2013 gg.* (Diamonds and Associated Minerals in Products of the Tolbachik Fissure Eruption 2012–2013). Volcanology and seismology, 2014, No. 6, pp. 3–20.
- Похиленко Н. П., Шумилова Т. Г., Афанасьев В. П., Литасов К. Д. Находки алмазов на Камчатке (вулканы Толбачик и Авачинский): природный феномен или контаминация синтетическим материалом // Геология и геофизика. 2019. № 5. С. 605–608.
- Pokhilenko N. P., Shumilova T. G., Afanasiev V. P., Litasov K. D. *Nakhodkialmazov na Kamchatke (vulkany Tolbachik i Avachinskiy): prirodnyy fenomen ili kontaminatsiya sinteticheskim materialom* (Diamond finds in Kamchatka (Tolbachik and Avachinsky volcanoes): natural phenomenon or contamination with synthetic material). Geology and Geophysics, 2019, No. 5, pp. 605–608.
- Силаев В. И., Аникин Л. П., Рашидов В. А., Филиппов В. Н., Хазов А. Ф., Makeev B. A., Петрова В. В. Атакамит как продукт фумарольного минералообразования на современных вулканах // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Пермь, 2021. Вып. 24. С. 207–216.
- Silaev V. I., Anikin L. P., Rashidov V. A., Filippov V. N., Khazov A. F., Makeev B. A., Petrova V. V. *Atakamit kak produkt fumarol'nogo mineraloobrazovaniya na sovremennykh vulkanakh* (Atacamite as a product of fumarolic mineral formation on modern volcanoes). Problems of Mineralogy, Petrography and Metallogeny. Scientific readings in memory of P. N. Chirvinsky, Issue 24, Perm, 2021, pp. 207–216.
- Силаев В. И., Карпов Г. А., Аникин Л. П., Васильев Е. А., Вергасова Л. П., Смолева И. В. Минерально-фазовый парагенезис в эксплозивных продуктах современных извержений вулканов Камчатки и Курил. Часть I. Алмазы, углеродные фазы, конденсированные органиды // Вулканология и сейсмология. 2019а. № 5. С. 54–67.
- Silaev V. I., Karpov G. A., Anikin L. P., Vasiliev E. A., Vergasova L. P., Smoleva I. V. *Mineral'no-fazovyy paragenезis v eksplozivnykh produktakh sovremennykh izverzheniy vulkanov Kamchatki i Kuril. Chast' I. Almazы, uglerodnyye fazy, kondensirovannyye organoidy* (Mineral-phase



- paragenesis in explosive products of recent eruptions of the volcanoes of Kamchatka and the Kuriles. Part I. Diamonds, carbon phases, condensed organoids). *Volcanology and seismology*, 2019a, No. 5, pp. 54–67.
- Силаев В. И., Карпов Г. А., Аникин Л. П., Васильев Е. А., Вергасова Л. П., Филиппов В. Н., Тарасов К. В. Минерально-фазовый парагенезис в эксплозивных продуктах современных извержений вулканов Камчатки и Курил. Часть 2. Минералы-спутники алмазов толбачинского типа // *Вулканология и сейсмология*. 2019b. № 6. С. 36–49.
- Silaev V. I., Karpov G. A., Anikin L. P., Vasiliev E. A., Vergasova L. P., Filippov V. N., Tarasov K. V. *Mineral'nofazovuyu paragenezis v eksplozivnykh produktakh sovremennykh izverzheniy vulkanov Kamchatki i Kuril. Chast' 2. Mineraly-sputnikialmazov Tolbachinskogo tipa* (Mineral-phase paragenesis in explosive products of recent eruptions of the volcanoes of Kamchatka and the Kuriles. Part 2. Minerals-satellites of diamonds of the Tolbachik type). *Volcanology and seismology*, 2019b, No. 6, pp. 36–49.
- Силаев В. И., Карпов Г. А., Ракин В. И., Аникин Л. П., Васильев Е. А., Петровский В. А. Алмазы в продуктах Трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. // *Вестник Пермского ун-та. Геология*. 2015. № 1. С. 6–27.
- Silaev V. I., Karpov G. A., Rakin V. I., Anikin L. P., Vasiliev E. A., Petrovsky V. A. *Almazy v produktakh Treshchinnoy Tolbachinskogo izverzheniya 2012–2013 gg.* (Diamonds in the Products of the Tolbachik Fissure Eruption of 2012–2013). *Bulletin of the Perm University, Geology*, 2015, No. 1, pp. 6–27.
- Litasov K. D., Kagi H., Voropaev S. A., Hira-ta T., Ohfuji H., Ishibashi H., Makino Y., Bekker T. B., Sevastyanov V. S., Afanasiev, V. P., Pokhilenko N. P. Comparison of enigmatic diamonds from the Tolbachik arc volcano (Kamchatka) and Tibetan ophiolites: Assessing the role of contamination by synthetic materials // *Gondwana Research*, 2019. V. 75. P. 16–27.

Received / Поступила в редакцию 30.12.2022