

### Г. А. Карпов ОТКРЫТИЕ НА КАМЧАТКЕ НОВОГО ТИПА ВУЛКАНОГЕННОГО АЛМАЗООБРАЗОВАНИЯ

До настоящего времени геологи знали о четырех основных генетических типах природного алмазообразования – кимберлитовом, туффизитовом, метаморфитном и импактитном (метеоритном). Крупнейшие алмазные месторождения открыты на всех платформах – Африканской, Южно-и Северо-Американской, Индо-Китайской, Австралийской, Сибирской. Недавно открыто крупное месторождение алмазов в районе Архангельска. Основная добыча алмазов в Море ведется из кимберлитовых трубок взрыва, связанных с поступлением магматического вещества с больших глубин. И считалось, что алмазы выносятся именно из зон сверхвысоких давлений. Возраст кимберлитовых трубок – от докембрийского – порядка 3,3 млрд лет (самое крупное месторождение Витватерсрандт в Южной Африке), до четвертичного – около 1 млн лет (месторождения в Австралии). Но периодически появлялись сообщения о находках микроалмазов в иных геодинамических обстановках. Ряд исследователей отмечали определенное сходство продуктов извержений современных вулканов и кимберлитовых трубок. Открытие на Камчатке алмазов непосредственно в свежих продуктах извержения вулкана, позволяет радикально изменить ситуацию в области знаний о некимберлитовом алмазообразовании.

#### Алмазоносное извержение 2012–2013 гг. на Камчатке

Алмазы были обнаружены вулканологом Л. П. Аникиным в материале, заполнявшем поры пузырчатых базальтов, извергавшихся в конце 2012 г. на вулкане Плоский Толбачик из только что образовавшегося кратера, получившего впоследствии название «Прорыв Набоко» (1, с. 204). В феврале 2013 г. алмазы были найдены Г. А. Карповым и в рыхлом пирокластическом материале (в пеплах), выброшенном из того же кратера (непосредственно в 100 м от него). В последующем были находки нескольких зерен алмазов еще в двух местах на лавовых потоках извержения.

#### Анатомия кристаллов толбачинских микроалмазов

В результате исследований из продуктов Толбачинского извержения 2012–2013 гг. были извлечены более 700 зерен алмаза (2, с. 3). Они имеют желтовато-зеленоватую окраску и размеры 250–700 мкм. Это, в основном, хорошо образованные, изометричные, плоскогранно-острореберные монокристаллы кубооктаэдрического габитуса. На гранях октаэдра и куба иногда проявляются пирамидальные ямки травления размером 1–5 мкм и впадинки т. н. диффузного голодания размером 15–50 мкм (2, с. 4–5).

#### Важнейшие генетические особенности толбачинских алмазов

**Фазовая диагностика** исследуемых зерен рентгеновским методом показала, что на фотрентгенограммах наблюдаются все три основные линии отражения, характерные для структуры алмаза. Вычисленный по рентгенограмме параметр элементарной ячейки кристалла составил 0.3556 нм и совпадает с данными для достаточно кристаллически совершенной алмазной фазы.

Соответствие алмазу показали и результаты Рамановской и ИК-спектроскопии. При сходстве основных линий с классическими алмазами обнаружились и различия: линии ИК-поглощения на т. н. А и В1 азотных дефектах, а также на водородных дефектах, характерных для подавляющего большинства природных алмазов, в рассматриваемом случае не были обнаружены.

Дополнительной характеристикой структурного состояния алмазов является степень их термической устойчивости, оцениваемая по температурам начала и кульминации выгорания. Проведенные нами опыты показали, что термическое окисление толбачинских алмазов начинается при температуре 740–750 °С, а кульминация приходится на 920–960 °С.

Эти данные в части начала выгорания несколько уступают, но в части экстремума вполне сопоставимы с данными по кимберлитовым алмазам, для которых температуры начала и кульминации термического окисления находятся, соответственно, вблизи 900 и 930 °С (4, с. 19).

#### Пленки и примазки на поверхности кристаллов толбачинских алмазов

В углублениях и ямках на гранях толбачинских кристаллов алмаза наблюдаются микровыделения разнообразных по составу примесных минералов, которые, вероятно, являются парагене-

тическими спутниками. Многие, если не большинство, минеральных примесей характеризуются высоким содержанием железа, никеля и меди, а на выпуклостях гранного рельефа алмазов иногда наблюдаются выделения самородной меди и природных бронз.

Следует подчеркнуть, что данные о составе минеральных примесей на поверхности исследуемых алмазов хорошо коррелируются с данными о составе акцессорных минералов в алмазо-содержащих вулканитах и вулканических пеплах ТТИ-50, но заметно отличаются от данных, полученных для микроминерализации на поверхности алмазов из кимберлитовых и туффизитовых месторождений.

Сравнение толбачинских алмазов с синтетическими аналогами показывает, что последние характеризуются совсем другими ксеноминеральными примазками, а именно – сильно варьирующими по составу металлическими сплавами Cu-Pb-Sn, Cr-Ni-Cu, Sn-Cr-Cu, хлоридами, Pb, Cu-Zn, отражая особенности использованных при синтезе материалов и химикатов.

#### Минералы-спутники

Не менее своеобразна и минералогия продуктов извержения. Мы исследовали, в основном, индивидуализированные частицы, выполнявшие поры в лавах и находящиеся в пеплах, выпавших в начальную стадию извержения. Интересно, что в этих продуктах обнаружилась сходная ассоциация минералов. Основное место в ней занимают самородные металлы – железо, алюминий, медь, а также оксиды железа и титансодержащий корунд. В поровых пространствах обнаружены также единичные зерна халькозина, муассанита, циркона.

Самородное железо обнаружено и в порах породы, и в пеплах. Его частицы, размером от 60 до 900 мкм, часто имеют своеобразную проволоковидную и пластинчато-серповидную морфологию со следами течения или скручивания (3, с. 17; 5, с. 24).

Еще более сложную морфологию имеют зерна самородного алюминия, нередко содержащие незначительные примеси Cu и Mg.

Как в порах лавы, так и в пеплах начальной стадии Толбачинского извержения встречаются многочисленные шариковидные зерна оксидов железа (магнетита). Эти зерна имеют своеобразную, как бы фрагментарную морфологию поверхности. В некоторых из них удалось обнаружить дыры, свидетельствующие о том, что они полые.

В порах лавы встречены также два зерна, представленные агрегатом почковидных образований сульфида железа.

#### Изотопные характеристики

В алмазоносных базальтах нами определено валовое содержание углерода, составляющее 0.04–0.06 мас. %. Его изотопный состав варьирует в пределах  $\delta^{13}\text{C} = -24.41 \dots -24.30 \text{ ‰}$ . Всего было проведено 18 анализов. В исследованных кристаллах толбачинских алмазов изотопный состав углерода не выходит за пределы  $\delta^{13}\text{C} = -27 \dots -22 \text{ ‰}$ . Среднее значение изотопного коэффициента составляет  $-25.19 \pm 1.30 \text{ ‰}$  при коэффициенте вариации в 5 %. Опыты многоступенчатого анализа показали, что варьирование изотопного состава углерода в отдельных микроалмазах лежит в пределах 1.5–7 % среднего для них значения  $\delta^{13}\text{C}$ , что только подтверждает вывод об изотопной однородности толбачинских алмазов по углероду (Карпов, Силаев и др., 2014, с. 14). Очень показательны также, что полученные нами данные по зернам алмазов практически совпадают с оценками изотопного состава валового углерода в алмазосодержащих базальтах извержения.

Таким образом, вся совокупность полученных данных свидетельствует о генетическом своеобразии толбачинских алмазов. Можно предполагать, что в отличие от алмазов в кимберлитовых месторождениях, толбачинские алмазы не являются ксеногенными по отношению к вынесшим их к поверхности лавам и эксталяциям. Не исключено, что материал изученных алмазов находился непосредственно в той мантийной камере, в которой образовался базальтоидный расплав, извержение которого произошло в 2012–2013 гг. Исходя из всего этого, предложено отнести Толбачинское алмазопроизводство к неизвестному ранее генетическому типу, который целесообразно назвать **вулканогенно-эруптивным** или **толбачинским**.

Это открытие, наряду с работами сотрудников Института вулканологии ДВО РАН по изучению Паужетского месторождения гидротерм, на базе которого в 1967 г. была введена в строй первая в России ГеоЭС, является научным событием мирового уровня.

1. 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 на Камчатке // Докл. АН. 2014. Т. 454. № 2. С. 204–206.
2. 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 трещинного извержения 2012–2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2014. № 6. С. 3–20.
3. Карпов Г. А., Силаев В. И., Аникин Л. П. и др. Новый генетический тип алмазов в ассоциации с самородными металлами в продуктах трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2014): матер. минералог. сем. с междунар. участием. Сыктывкар : Геопринт, 2014. С. 128–131.
4. Силаев В. И., Меньшикова Е. А., Ковалева О. В. и др. Термическая устойчивость природных углеродистых веществ и их синтетических аналогов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009. Вып. 12. С. 3–21.
5. Силаев В. И., Карпов Г. А., Ракин В. И. и др. Алмазы в продуктах трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг., Камчатка // Вестник Пермского университета. 2015. Вып. 1 (2, 6). С. 6–27.

### Е. М. Ненашева ИССЛЕДОВАНИЕ ФАУНЫ ПАУКОВ КАМЧАТКИ: СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП

После выхода в свет в 1935 г. работы В. И. Перелешинной-Сычевской, содержащей обобщенную фаунистическую сводку по паукам Камчатки (1), в арахнологических исследованиях на полуострове наступило почти полувековое затишье. Частичную ревизию этой коллекции, хранящейся в Зоологическом музее МГУ, провел в 1987 г. арахнолог К. Ю. Еськов (2). В частности, он отметил, что в определениях Сычевской присутствовало неточное описание некоторых видов. Переописывая образец, определенный Сычевской как *Hilaria montigena* (L. Koch, 1872), К. Еськов посчитал, сославшись на работу Хольма (3), что исследовательница, скорее всего, в действительности имела дело с видом *Hilaria frigida intercepta* (= *Hilaria montigena arctica*) (Eskov, 1981). Дальнейшая ревизия коллекции показала, что в пробирке, этикетированной как *Hilaria montigena*, в действительности находится самка *Trichopterna* spp., с вырезанной и, по всей видимости, утерянной эпигиной (2). При этом важно отметить, что в неразобранных материалах коллекции Сычевской (Камчатка, пер. Латужский, 28.07.1930) К. Еськовым были обнаружены 3 самки, действительно относящиеся к виду *Hilaria frigida intercepta*. Первичная ревизия коллекции также показала, что ранее указанный исследовательницей для Камчатки вид *Leptyphantes tenebricola* (Wider, 1834) в действительности является видом *L. nigriventris* (L. Koch, 1979) (4).

Мы уже отмечали, что все сборы пауков в период до 1930 г. осуществлялись практически в одних и тех же местах: окрестности Петропавловска-Камчатского, долина р. Камчатки (Козыревск, Ключи, Ушки, Усть-Камчатск). Практически не исследовались в арахнологическом отношении южная часть Камчатки, Быстринский район, западное побережье полуострова. Возможно, поэтому количество найденных на тот период времени видов было сравнительно невелико (5).

До начала 2000-х гг. Камчатка продолжала оставаться в известном смысле terra incognita в арахнологическом отношении районом Восточной Палеарктики. К 2002 г. отсюда было известно всего 190 видов пауков. Вполне очевидно, что видовой состав фауны камчатских пауков гораздо богаче. Приведенное выше количество видов явно указывает на малоизученность, поскольку, для сравнения, сопредельные с Камчаткой регионы, такие как Сахалин и Магаданская область, имеют гораздо более разнообразную аранеофауну, насчитывающую, соответственно, 420 и 560 видов (6). Более удаленные территории также имеют более разнообразные аранеофауны, которые насчитывают в среднем от 430 до 630 видов (7). Кроме того, это единственный регион к востоку от Енисея, по которому до сих пор отсутствует аннотированный систематический список пауков. В настоящее время нами ведется работа по его составлению, её завершение предполагается к концу 2017 г.

Небольшое количество зарегистрированных видов легко объясняется отсутствием коллекторских сборов на протяжении почти 70 лет (со времени работы на Камчатке в 1930-х гг. XX в. В. И. Перелешинной-Сычевской) и соответствующим недостатком фаунистических публикаций. Около двух десятков видов было официально зафиксировано в нескольких таксономических ра-

ботах или фаунистических сводках, посвященных Северной Азии в целом (8, 9, 10). В то же время некоторые виды были изъяты из списка, т. к. либо являлись синонимами, либо изначально были неверно определены.

Выше уже упоминалось о том, что почти все виды были зарегистрированы в юго-восточной части полуострова, между Петропавловском-Камчатским и Усть-Камчатском. Территория современного Корякского округа оставалась в арахнологическом отношении «белым пятном». Ю. М. Марусик (7) указывает, что только 6 видов – *Allomengea scorpigera* (Grube, 1859); *Bathyphantes eumenis* (L. Koch, 1879); *B. gulkana* (Ivie, 1969); *B. pogonias Kulczynski*, 1885; *Collinsia holmgreni* (Thorell, 1872) и *Tmeticus affinis* (Blackwall, 1855) были зарегистрированы в северо-западной части Корякии в систематическом списке пауков Северо-Восточной Азии.

В 2010 г. энтомолог А. С. Рябухин во время полевых исследований в западной части Корякии собрал небольшую коллекцию пауков (6), относящихся к 89 родам.

В 2011 г. были проведены арахнологические исследования на о. Карагинском (11). В 2013 г. в восточной части Корякии, в окрестностях пос. Тиличики и Ачайваям, было отмечено 84 вида пауков (12), причем 37 видов и одно семейство (Agelenidae) были впервые найдены на обследованной территории. В целом же, как отмечают исследователи, среди собранных пауков 25 видов и 7 родов были впервые зарегистрированы на Камчатке. По предварительным данным, на сегодня список пауков Корякского округа насчитывает 148 видов (12).

С 2012 г. автором при активной помощи сотрудников природного парка «Вулканы Камчатки» В. В. Зыкова, В. В. Комарова, Г. В. Тютюнникова, Е. А. Карпова и волонтера Быстринского кластера парка В. Лобановой осуществлялось комплексное изучение аранеофауны данной ООПТ (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19).

В 2016 г. на территории Налычевского кластера природного парка «Вулканы Камчатки» был обнаружен редкий для фауны России вид *Arctosa raptor* Kulczynski, 1885, который в Евразии не встречается нигде, кроме Камчатки (16). В настоящее время исследование фауны пауков Камчатки продолжается, и, возможно, в ближайшем будущем список аранеофауны полуострова пополнится новыми видами.

1. Sytshevskaja V. I. Etude sur les Arachnides de la Kamtchatka // Folia Zool. Hydrobiol. 1935. Vol. 8. No. 1. P. 80–103.
2. Еськов К. Ю. Пауки неарктических родов Ceraticelus и Islandiana (Aranei, Linyphiidae) в фауне Сибири и Дальнего Востока // Зоологический журнал. Т. 66. Вып. 11. С. 1748–1752.
3. Holm A. Notes on spiders collected by the “Vega” expedition 1878–1880 // Entomol. Scand. Vol. 1. No. 3. P. 188–208.
4. Танасевич А. В., Еськов К. Ю. Пауки рода Leptyphantes (Aranei, Linyphiidae) в фауне Сибири и Дальнего Востока // Зоологический журнал. Т. 66. Вып. 2. 1987. С. 185–197.
5. Ненашева Е. М. Исследование фауны пауков Камчатки: ранний этап (до 1935 г.) // Материалы XXXIII Крашенинниковских чтений. Петропавловск-Камчатский : ККНБ им. С. П. Крашенинникова, 2016. С. 161–164.
6. Marusik Yu. M., Ryabukhin A. S., Kuzminykh G. V. New data on spiders and harvestmen (Arachnida: Aranei and Opiliones) from Western Koryakia, Kamchatka Peninsula // Arthropoda Selecta. Vol. 19. No. 4. 2010. P. 227–236.
7. Марусик Ю. М. Пауки (Arachnida: Aranei) азиатской части России: таксономия, фауна, зоогеография // Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2007. 36 с.
8. Marusik Yu. M., Eskov K. Yu., Kim J. R. A check-list of Spiders (Aranei) of Northeast Asia // Korean Arachnology. Vol. 8. No. 1–2. 1992. P. 129–158.
9. Eskov K. Yu. A restudy of the generic composition of the linyphiid spider fauna of the Far East (Araneida: Linyphiida) // Ent. Scand. Vol. 23. 1992. P. 153–168.
10. Михайлов К. Г., Марусик Ю. М. Пауки северо-востока СССР. Семейства Clubionidae, Zoridae, Liocranidae и Gnaphosidae (род Micaria) // Энтомологические исследования на Северо-Востоке СССР. Владивосток, 1995. С. 90–113.
11. Marusik Yu. M., Khrulova O. A. First data on spiders and harvestmen (Arachnida: Aranei and Opiliones) from Karaginski Island, Eastern Koryakia, Kamchatka Peninsula // Arthropoda Selecta. Vol. 20. No. 4. 2011. P. 232–239.
12. Marusik Yu. M., Omelko M. M., Ryabukhin A. S. New data on spiders (Aranei) from Eastern Koryakia, Kamchatka Peninsula // Arthropoda Selecta. Vol. 22. No. 4. 2013. P. 363–377.
13. Ненашева Е. М. К фауне пауков-волков (Aranei: Lycosidae) горно-вулканических экосистем природного парка «Вулканы Камчатки» // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Тезисы