

## НАХОДКИ АЛМАЗОВ НА КАМЧАТКЕ (вулканы Толбачик и Авачинский): ПРИРОДНЫЙ ФЕНОМЕН ИЛИ КОНТАМИНАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ?

Н.П. Похиленко<sup>1,2</sup>, Т.Г. Шумилова<sup>3</sup>, В.П. Афанасьев<sup>1</sup>, К.Д. Литасов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

<sup>3</sup>Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 54, Россия

Критически рассматриваются сведения о находках кубоктаэдрических алмазов в вулканах Камчатки, идентичных по морфологии и внутреннему строению синтетическим кристаллам. На основании сравнения опубликованных данных с синтетическими алмазами разных производителей делается вывод, что алмазы в лавах Толбачика являются результатом заражения вулканических пород или изученных проб синтетическими алмазами. Анализ доступной информации по находкам алмазов в офиолитах Европы, Китая, Монголии и Полярного Урала показывает, что все описанные кристаллы однотипны и похожи на толбачинские; учитывая различия геологической природы этих объектов, такая однотипность алмазов и сходство с синтетическими указывает на возможность контаминации техногенным материалом и в этих случаях. Сделан вывод, что находки алмазов в необычной геологической ситуации в не характерных для этого минерала типах пород требуют для своего признания неоднократного воспроизведения, причем с отбором проб в естественных природных условиях независимыми экспертами при сохранении приоритета авторов первой находки и доступа к изучению таких объектов широкого круга исследователей, в первую очередь профильных специалистов. Неизбежное опровержение недостоверных находок алмазов создает негативную атмосферу вокруг действительно новых находок алмазов, которые могут оказаться реальными, но заранее психологически дискредитированными, поэтому авторам находок следует более тщательно анализировать возможность техногенного заражения проб алмазами, прежде чем предполагать их природное происхождение.

*Алмаз природный, алмаз синтетический, карбонадо, вулкан, офиолит, заражение проб (контаминация).*

## DIAMONDS IN THE KAMCHATKA PENINSULA (Tolbachik and Avacha Volcanoes): NATURAL ORIGIN OR CONTAMINATION?

N.P. Pokhilenko, T.G. Shumilova, V.P. Afanasiev, and K.D. Litasov

Lavas of the Kamchatka volcanoes store cubic-octahedral diamonds identical in morphology and structure to synthetic crystals, and their natural origin is doubted. Judging by published data, the diamonds discovered in the Tolbachik lavas are similar to synthetic diamonds made by different producers, and the analyzed samples rather result from contamination with synthetic material. Ophiolite-hosted diamonds reported from Europe, China, Mongolia, and Polar Urals look like the Tolbachik diamonds and are of the same type. The similarity between crystals coming from geologically dissimilar objects indicates that contamination may occur in those cases as well. Thus, diamonds found in unusual hosts or geologic settings require careful checking. These findings have to be reproduced repeatedly in other *in situ* samples and approved by independent experts; with all respect to the priority of the first finders, the sampling sites should be open to many researchers, especially the respective specialists. The inevitable disproval of false diamond findings is discouraging and discredits the true discoveries. Possible contamination with synthetic or natural material from cutting tools has to be excluded in all newly found diamonds before claiming their natural origin.

*Natural diamond, synthetic diamond, carbonado, volcano, ophiolite, contamination*

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы опубликовано несколько работ, посвященных алмазам из лав влк. Толбачик (Камчатка) [Аникин и др., 2013; Карпов и др., 2014а,б; Гордеев и др., 2014; Силаев и др., 2015, 2016а,б; Галимов и др., 2016а,б]. В целом публикации об алмазах Камчатки появляются уже на протяжении 40 лет начиная с 1975 г. [Кутыев, Кутыева, 1975], и сведения о находке толбачинских алмазов лишь до-

полняют их. Сам по себе факт обнаружения алмазов в нетипичных породах и обстановках крайне важен с генетической точки зрения [Соболев, 1951] и требует тщательного рассмотрения. Уже достоверно известны несколько типов нетрадиционных источников алмаза. Это филлиты Бразилии [Mogaes, 1934; Трофимов, 1967, 1980; Зубарев, 1989; Скосырев, 1977; и др.], алмазоносные ультракалийевые лампрофилиты Канады [MacRae et al., 1995; и др.], коматииты Французской Гвианы [Capdevila et al., 1999], метаморфогенные алмазы Кокчетавского массива (Казахстан) [Sobolev, Shatsky, 1990; Шацкий, Соболев, 1993; Shatsky et al., 1995; Лаврова и др., 1999; Schertl, Sobolev, 2013; и др.] и ряд других. Даже в этих случаях не всегда ясен генезис алмазов и пути их попадания в породу. Кроме того, если для алмазоносных кимберлитов и лампроитов выработаны минералого-геохимические критерии алмазоносности и они практически идентичны, известны индикаторные признаки пород и разработаны методы их поиска, то для экзотических типов алмазоносных пород индикаторные признаки неизвестны и невозможно объективно сформулировать поисковую задачу их выявления. В результате обнаружение таких экзотических алмазоносных пород является, как правило, делом случая. Можно предполагать, что будут найдены и другие новые типы алмазоносных пород, и большого уважения заслуживают специалисты, обнаруживающие в этих породах алмазы, особенно мелкие.

К сожалению, в некоторых случаях находки вызывают сомнение в их достоверности. В первую очередь это относится к находкам в вулканиках Камчатки, алмазы из которых детально обсуждаются в настоящей статье, а также к находкам в офиолитах Китая, Урала [Yang et al., 2014, 2015a,b; Xiong et al., 2014; Howell et al., 2015; и др.], Богемского массива [Naemura et al., 2011] и некоторым другим. Сомнения связаны с полной идентичностью найденных в этих объектах алмазов с синтетическими, используемыми в инструментах для резки и шлифовки каменного материала. Удивляет также сходство алмазов из разных источников и геологических обстановок, как, например, из офиолитов различных регионов и лав влк. Толбачик. С уважением относясь к авторам таких находок, мы все же хотели бы, чтобы они в первую очередь сами тщательно проверяли достоверность своих находок с учетом возможности контаминации. Последняя наиболее часто связана с синтетическими алмазами из камнерезного инструмента, и с этими алмазами необходимо сравнивать находки в необычных породах. Даже в случаях, когда контаминацию можно исключить, необходимо всесторонне рассматривать все возможные варианты попадания техногенных алмазов в изучаемую породу.

Подобные непредвиденные находки вызывают огромный, часто скандальный интерес, но во многих случаях оказываются артефактом, иначе говоря, результатом контаминации. Об этой проблеме в специальной работе писал В.С. Соболев [1979, с. 694], показав пути заражения и критерии оценки достоверности находок, а также указав, что «...должна быть разработана специальная инструкция по проверке и утверждению достоверности подобных находок...». Первая инструкция была разработана в Украине, где контаминация синтетическими алмазами с претензиями на «открытие» приобрела массовые масштабы [Палкина, Полканов, 2008]. Нам известно огромное количество фактов контаминации алмазами изучаемых проб, всех их не перечислить. Чаще всего это контаминация синтетическими алмазами из инструмента. Нельзя полностью исключить и человеческий фактор, известны намеренные вбросы материала с целью получения финансирования. Кроме этого, могут быть как другие пути заражения, так и другие источники алмазов. Находки алмазов в экзотических породах зачастую делаются не специалистами по алмазам, а сенсационность таких находок и большое желание совершить открытие приводят к быстрому опубликованию наспех полученных результатов. Бывает сложно разобраться в достоверности этих сведений и к ним *a priori* следует относиться с настороженностью и стремиться к самой тщательной проверке возможности контаминации.

Говорить об обнаружении нового типа алмазоносной породы можно в случаях, когда: а) алмазы из породы четко отличаются от таковых из возможных источников заражения; б) алмазы систематически обнаруживаются в породе при проведении неоднократных независимых повторных проверок с обязательным участием в опробовании и изучении на всех этапах экспертов-алмазников. Еще один важнейший критерий (в), на который обращал внимание В.С. Соболев, — находка алмаза в породе (*in situ*). Но эта находка должна быть на естественном сколе или внутри породы, а не на поверхности распила или полировки, так как известно много фактов механического внедрения мелких алмазов и их осколков в обрабатываемую поверхность образцов. Этот критерий в отношении алмазов трудновыполним даже для достоверно алмазоносных пород (например, кимберлитов), поэтому он желателен, но не обязателен.

#### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТОЛБАЧИНСКИХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ

Как отмечено выше, к категории сомнительных находок относятся и алмазы из лав влк. Толбачик. Особенностью публикаций по этим алмазам является детальная характеристика найденных в большом количестве (несколько сотен кристаллов) алмазов в пробе весом всего около килограмма [Дунин-Барковский и др., 2013]. С одной стороны, это позитивный фактор. Но с другой, — детальная характеристи-

ка этих алмазов дала возможность сопоставить их с другими и позволила показать их полную идентичность с синтетическими алмазами, выращенными методом спонтанной кристаллизации, которые широко используются в инструментальной промышленности (отрезные круги, шлифовальные диски, сверла, буровые коронки, абразивные порошки и т. д.). Проведем сравнение характеристик толбачинских алмазов с синтетическими по всем изученным признакам, учитывая два образца толбачинских алмазов, которые мы выбрали для дополнительного исследования.

По новым образцам авторами получены ИК-спектры и микроэлементный состав с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и лазерной абляцией (LA-ICP-MS). Измерения ИК-спектров выполнены с помощью спектрометра Bruker VERTEX 70 с ИК-микроскопом HYPERION 2000 в интервале  $400\text{--}7500\text{ см}^{-1}$  и апертурой  $100\times 100\text{ мкм}$  на подложке из KBr в ИГМ СО РАН. Данные LA-ICP-MS получены на масс-спектрометре iCAP-Qc (Thermo Scientific) в ИНХ СО РАН (г. Новосибирск). В качестве стандарта использовали стекло NIST-612. Концентрации элементов рассчитаны путем прямого сравнения интенсивности сигнала от образца и от стандарта. Для сравнения проведен анализ синтетических образцов, полученных методом HPHT при  $6.0\text{--}7.5\text{ ГПа}$  и  $\sim 1600\text{ }^\circ\text{C}$ , а также алмазов из различного режущего инструмента.

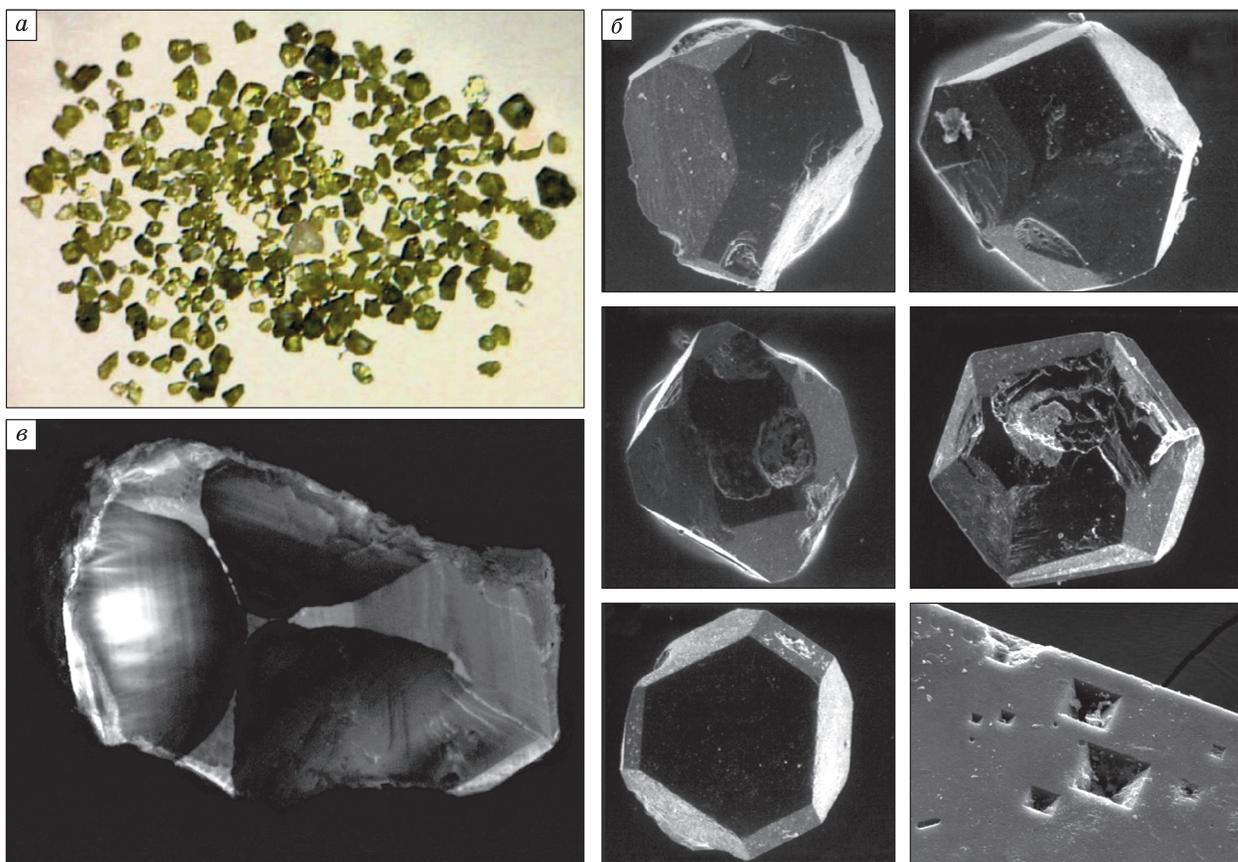
**Морфология.** Из описания алмазов Толбачика следует, что это хорошо образованные, плоскогранные кристаллы с габитусными гранями октаэдра и куба и дополнительными ромбододекаэдра, тетрагонтриоктаэдра {311}, тригонтриоктаэдра {332} (рис. 1). Все отмеченные формы характерны для синтетических алмазов, в то время как на природных кристаллах эти хорошо образованные формы, не встречаются. В работе [Силаев и др., 2015] проводится сравнение кристалломорфологии толбачинских алмазов с синтетическими алмазами завода ОАО «Орбита-Алмазинструмент» в г. Сыктывкар, и по отсутствию на последних граней тригонтриоктаэдра делается вывод, что толбачинские алмазы не могут быть синтетическими. В то же время, согласно данным одного из соавторов этой же работы, в отдельной независимой публикации при изучении синтетических алмазов марки AC32 630/500 (ГОСТ 9206–80) были описаны грани тригонтриоктаэдра {221} [Ракин, Пискунова, 2012, 2014]. Поэтому попытка придать находке тригонтриоктаэдра на толбачинских алмазах «принципиальное значение» [Силаев и др., 2015] оказывается бесполезной, да и индексы граней тригонтриоктаэдра в разных статьях различаются — {332} [Карпов и др., 2014а; Силаев и др., 2015] и {221} [Ракин, Пискунова, 2012, 2014]. Из этого следует, что вышеуказанные доводы работы [Силаев и др., 2015] по различию морфологии толбачинских и синтетических алмазов являются не только недостаточно аргументированными, но даже и внутренне противоречивыми.

Согласно известным экспериментальным данным, при вариациях условий и среды кристаллизации для синтетических алмазов возможны различные разрешенные формы [Бокий и др., 1986; Чепуров и др., 1997; Palyanov et al., 2015; и др.]. Таким образом, использование в качестве аргументации морфологического различия синтетических и толбачинских алмазов проведения сравнительного анализа всего лишь одной разновидности синтетических алмазов (по сути отдельной партии, полученной на пробном производстве ОАО «Орбита-Алмазинструмент», которое так и не было запущено на производственном уровне), игнорируя многочисленные выпускающиеся массово-известные марки синтетических алмазов и наличие разных производителей, никак не может быть представительным и убедительным. Этот вывод относится не только к морфологическим особенностям сравниваемых групп алмазов, но и ко всем остальным структурно-вещественным характеристикам. Приведенные данные о морфологии толбачинских алмазов [Силаев и др., 2015] более определенно указывают на их идентичность, нежели на отличие от синтетических алмазов, полученных по HPHT технологии.

Обсуждая кубооктаэдрический габитус изученных кристаллов, авторы упомянутой выше работы делают странный вывод об «относительно низкой» температуре кристаллизации —  $1800\text{--}2000\text{ }^\circ\text{C}$  (!), тогда как природные, по их мнению, кристаллизуются при более высокой температуре —  $2200\text{--}2500\text{ }^\circ\text{C}$  (!): авторы в отношении природных алмазов ошибаются, по меньшей мере, на тысячу градусов в большую сторону [Бобриевич и др., 1959; Соболев и др., 1969, 1984, 1986; Безруков и др., 1976; Richardson et al., 1984; Pokhilenko et al., 1991; Похиленко и др., 1993, 2015; Palyanov et al., 2015; и др.]). Впервые описанные в якутских кимберлитах ксенолиты алмазоносных эклогитов [Бобриевич и др., 1959] и серпентиниты, представляющие собой измененные дунит-гарцбургиты [Соболев и др., 1969], затем обнаруженные в неизменном виде [Pokhilenko et al., 1977, 1991; Соболев и др., 1984; Похиленко и др., 1993, 2014, 2015], являются типичными породами литосферной мантии, в которых присутствуют алмазы, образовавшиеся на глубинах, отвечающих области стабильности алмаза, при температурах в диапазоне  $1000\text{--}1400\text{ }^\circ\text{C}$ .

**Цвет.** Зеленовато-желтый цвет толбачинских алмазов полностью соответствует синтетическим алмазам и связан со структурной примесью азота в форме C (см. рис. 1, 2).

**ИК-спектроскопия.** Этим методом показано, что азот входит в толбачинские алмазы только в форме C (одиночные замещающие атомы азота) при содержании  $150\text{--}500\text{ ppm}$ , что полностью соот-



**Рис. 1. Морфология алмазов Толбачика:**

*a* — общий вид алмазов из [Дунин-Барковский, 2013; Аникин и др., 2013; Карпов и др., 2014а; Силаев и др., 2015; Галимов и др., 2016а]; *б* — микрофотографии кристаллов алмаза из [Карпов и др., 2014а; Гордеев и др., 2014; Силаев и др., 2015]; *в* — секториальное строение кристалла алмаза, картина катодолуминесценции из [Аникин и др., 2013; Карпов и др., 2014а; Силаев и др., 2015].

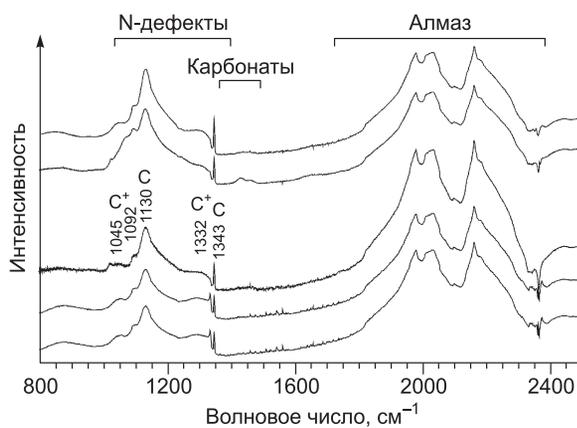
ветствует синтетическим алмазам, выращенным методом спонтанной кристаллизации: за короткое время роста азот не успевает агрегировать до формы А (пар атомов азота) (рис. 3).

**Фотолюминесценция.** Отмечено, что толбачинские алмазы не дают свечения даже при облучении дейтериевой лампой мощностью 500 Вт. Отсутствие или слабая люминесценция — характерное свойство синтетических алмазов, выращенных методом спонтанной кристаллизации.

**Микропримесный состав.** Толбачинские алмазы исследованы методом LA-ICP-MS для определения состава и количества микропримесей. Отмечено, что они содержат высокие концентрации некоторых примесных элементов по сравнению с кимберлитовыми алмазами (превышения в 4—5 раз), что неудивительно, если это синтетические алмазы, выращенные методом спонтанной кристаллизации.



**Рис. 2. Цвет и морфология толбачинских (*a, б*) и синтетического (*в*) алмазов.**



**Рис. 3. Характерные Фурье ИК-спектры:**

а, б — толбачинских алмазов в сравнении с синтетическими алмазами из различных источников; в — спонтанная кристаллизация при высоких *PT*-параметрах из металл-углеродных систем; з — алмазный режущий диск; д — буровой инструмент.

ми алмазами. Налицо как сходство составов природных и синтетических алмазов, так и широкие и не-закономерные вариации составов.

К сожалению, авторы работ [Силаев и др., 2015; Howell et al., 2015] не обращали внимания на попадание микровключений в анализ образцов, поэтому некоторые концентрации превышают 0.1 мас. % ( $10^3$  ppm). Проанализированные нами алмазы содержат довольно низкие концентрации переходных металлов в пределах 2—50 ppm Mn, Fe, Ni. Установлен интересный факт обогащения как толбачинских, так и синтетических алмазов мышьяком (в предыдущих работах его содержания не анализировались). Синтетические алмазы содержат 7—22 ppm As, а толбачинские — 33—53 ppm As.

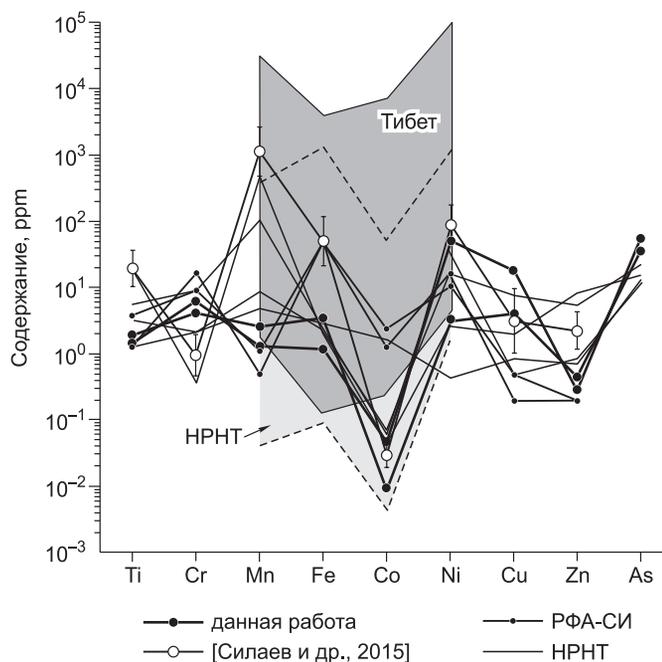
Существенный вклад в высокие содержания примесных переходных металлов обусловлен именно захватом микровключений при синтезе. Отличить по примесному составу толбачинские алмазы от синтетических практически невозможно, так как примесный состав искусственных алмазов сильно зависит от производителя, особенностей технологии и режимов синтеза и обогащения, качества исходного сырья для синтеза, состав и количество примесей может существенно отличаться даже от партии к партии. Наиболее известными каталитическими смесями при производстве синтетического алмаза в России и Китае являются Mn–Ni–Fe и Fe–Ni–Co в различных соотношениях. Эти элементы и являются основными примесями во всех исследованных кубоктаэдрических алмазах Камчатки и Тибета.

**Изотопный состав углерода** толбачинских алмазов  $\delta^{13}\text{C} = -22 \dots -27$  ‰ соответствует изотопному составу графита, используемого для синтеза алмазов. Сходство изотопного состава алмазов с углерод-содержащими фазами в лавах Толбачика и окрестностей вулкана, которые характеризуют субдукционные обстановки и имеют типичные низкие значения  $\delta^{13}\text{C}$  ( $-25 \dots -29$  ‰) [Галимов и др., 2016а,б], — является легко ожидаемым совпадением и по меньшей мере не может считаться неоспоримым доказательством природного происхождения толбачинских алмазов.

Таким образом, толбачинские алмазы по своим характеристикам полностью соответствуют техническим синтетическим алмазам, выращенным путем спонтанной кристаллизации. Очевидно, что толбачинские алмазы не соответствуют указанному выше критерию «а» — яркому отличию от возможного источника заражения.

**Рис. 4. Микроэлементный состав толбачинских алмазов (данная работа и [Силаев и др., 2015]).**

Для сравнения серыми полями показаны интервалы составов кубоктаэдрических алмазов Тибета и синтетического НРНТ алмаза, по [Howell et al., 2015]. Кроме этого, приведены наши данные по синтетическим алмазам (НРНТ в легенде) и данные для толбачинских алмазов, полученных методом рентгенофлуоресцентного анализа и синхротронного излучения (РФА-СИ) [Litasov et al., 2018].



## ПРОБЛЕМА ВОСПРОИЗВОДСТВА НАХОДОК АЛМАЗОВ

Что касается критерия «б» — воспроизводимости находок алмазов, то авторы толбачинской находки сначала поступили корректно, отправив пробу потенциально алмазоносной породы в компанию АЛРОСА для проверки наличия алмазов. Проба в компании была продроблена вручную и без всякой обработки в тяжелых жидкостях в полном объеме просмотрена неоднократно минералогами компании, но, по устному сообщению заведующего лабораторией Б.С. Помазанского, алмазы в ней не были обнаружены. При этом авторы находки даже не обратились в компанию за результатом проверки. Таким образом, и по критерию «б» толбачинские алмазы следует считать артефактом, и генетические гипотезы [Силаев и др., 2016а; и др.] по поводу их природного образования оказываются беспредметными. В работе [Силаев и др., 2016а] помимо того, что «алмазоносность» экстраполирована уже на влк. Ключевской, в комплекс «находок» добавлен еще и самородный дюралюминий, который наиболее очевидно является техногенным загрязнением, о чем специально писал В.С. Соболев [1979, с. 694]: «Должна быть разработана специальная инструкция по проверке и утверждению достоверности подобных находок, причем можно начать с самородного алюминия, где вопрос о засорении является наиболее очевидным».

Ни в одной из упомянутых статей не отмечены находки алмазов *in situ*. Следовательно, по критерию «в» находки алмазов также не верифицированы.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО АЛМАЗА ИЗ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

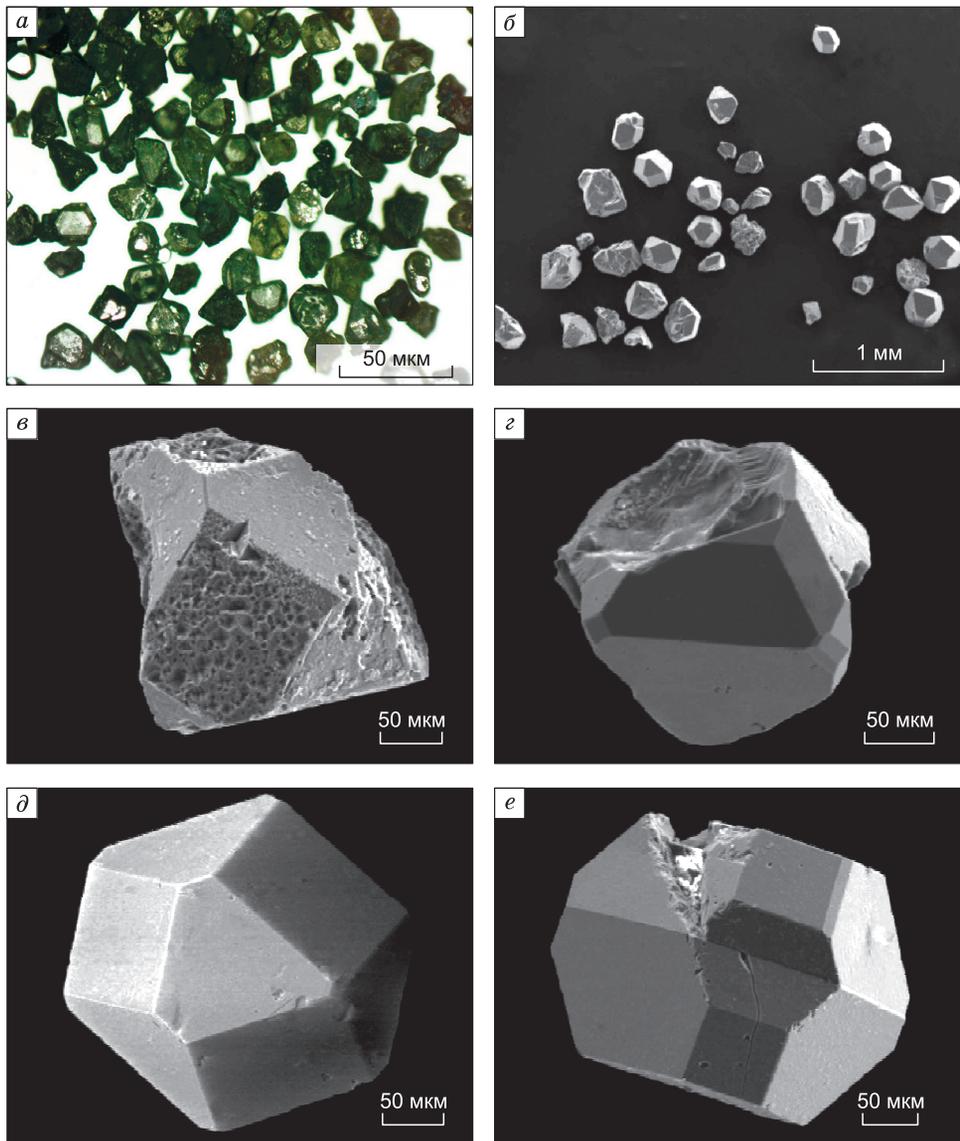
Нами проведена проверка предположения о происхождении «толбачинских» алмазов из инструмента. Для этого мы отломили несколько кусочков режущей кромки использованной камнерезной пилы и растворили их в кислоте. В результате было получено несколько тысяч (!) синтетических алмазов, в точности таких, как описаны из влк. Толбачик (рис. 5). ИК-спектр этих алмазов подтвердил присутствие в них примеси азота только в С-форме (см. рис. 3), как и в «толбачинских»; аналогичный спектр имеют алмазы из буровой коронки. Это определенно указывает на возможность контаминации синтетическими алмазами из камнерезного инструмента при обработке проб из лав вулкана.

Мы проверили еще одну пилу с более крупными, видимыми на поверхности алмазами и обнаружили, что она сделана на основе дробленых природных технических алмазов (рис. 6). Среди осколков с реликтами граней алмаза попадаются и целые октаэдры аналогичной крупности. Эти алмазы бесцветны, ИК-спектроскопия показывает обычные для природных алмазов формы азота — А и В1 (рис. 7). Значит и такие пилы могут служить источником контаминации, причем в этом случае определить факт контаминации значительно труднее, чем в ситуациях с синтетическими алмазами. Это необходимо иметь в виду при обнаружении природных алмазов с характеристиками кристаллов из кимберлитов в необычных типах пород и минералов.

### ПРОБЛЕМА КАРБОНАДОПОДОБНОГО АЛМАЗА ИЗ АВАЧИТОВ

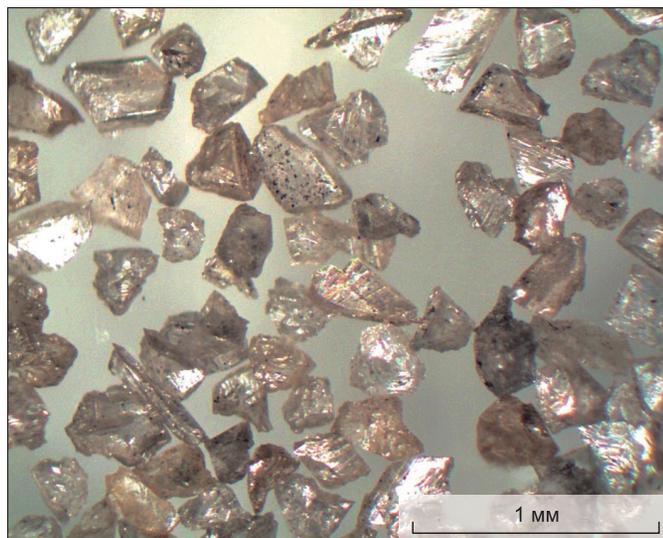
Более сложной является ситуация с так называемыми карбонадоподобными алмазами из авачитов. Эти алмазы были найдены в 1993 г. при дроблении 150 кг авачитов, из немагнитной фракции которых были выделены 26 (в статье [Дунин-Барковский и др., 2013] указывается более сотни) зерен «карбонадо» размером от 0.1—1.0 до 3 мм. В 1995 г. дано их предварительное описание [Байков и др., 1995], а также более детальная характеристика [Горшков и др., 1995]. По работе [Байков и др., 1995] авачит представляет собой обломки и глыбы породы базальтового состава, выполняющие троговую долину между Авачинским вулканом и влк. Козельского. Источник авачитов не установлен. Авачит содержит вкрапленники форстерита, хромдиоксида, авгита, хромшпинели, а также ксенолиты шпинелевых перидотитов, оливинитов, пироксенитов разноглубинного, в том числе мантийного происхождения. Отмечается недосыщенность породы кремнеземом. Найденные в авачитах карбонадоподобные выделения, по [Горшков и др., 1995], содержат кристаллы алмаза микронной размерности, интенсивно сдвойникового и высокодефектного, а также включения Mn–Ni–Si–Fe сплава, карбидов вольфрама и бора, самородного марганца, которые на последней стадии образования были сцементированы аморфным кремнеземом, тридимитом,  $\beta$ -SiC и самородным кремнием. Высказывается предположение об образовании этих выделений в сильновосстановительной обстановке при относительно низких значениях давления и температуры.

«Карбонадо» из авачитов описаны также в статье [Kaminsky et al., 2016], в которой отмечено, что проведен дополнительный отбор образцов. Но, судя по описанию пробоотбора (150 кг авачитов), пробообработки (ручное дробление, магнитная сепарация), количеству извлеченных «карбонадо» (26 образцов), описаны те же образцы, что и в более ранних публикациях. Проведено весьма тщательное, аккуратное исследование, сделано предположение о росте алмазов по CVD механизму при давлении, близком к атмосферному в период или вскоре после извержения влк. Авачинский. По вышеуказанному



**Рис. 5. Синтетические алмазы из камнерезной пилы.**

*а, б* — общий вид, *в–е* — отдельные кристаллы в отраженных электронах.



**Рис. 6. Осколки природных алмазов из камнерезной пилы.**

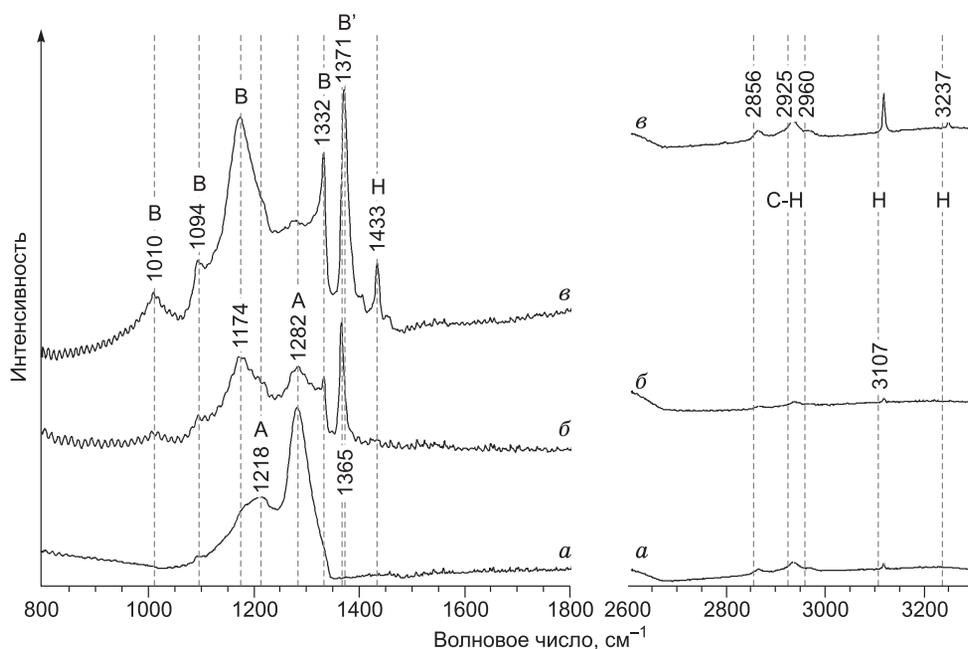


Рис. 7. Характерные Фурье ИК-спектры трех (а—в) природных алмазов из камнерезной пилы.

критерию «а» эти «карбонадо» выглядят оригинальными и трудно представить источник техногенного заражения ими авачитов. Тем не менее они очень напоминают спеки, выполненные из синтетических алмазов со связкой, которые используются в инструментах. В пользу этого говорит и наличие сплава металлов, типичных для синтеза алмазов.

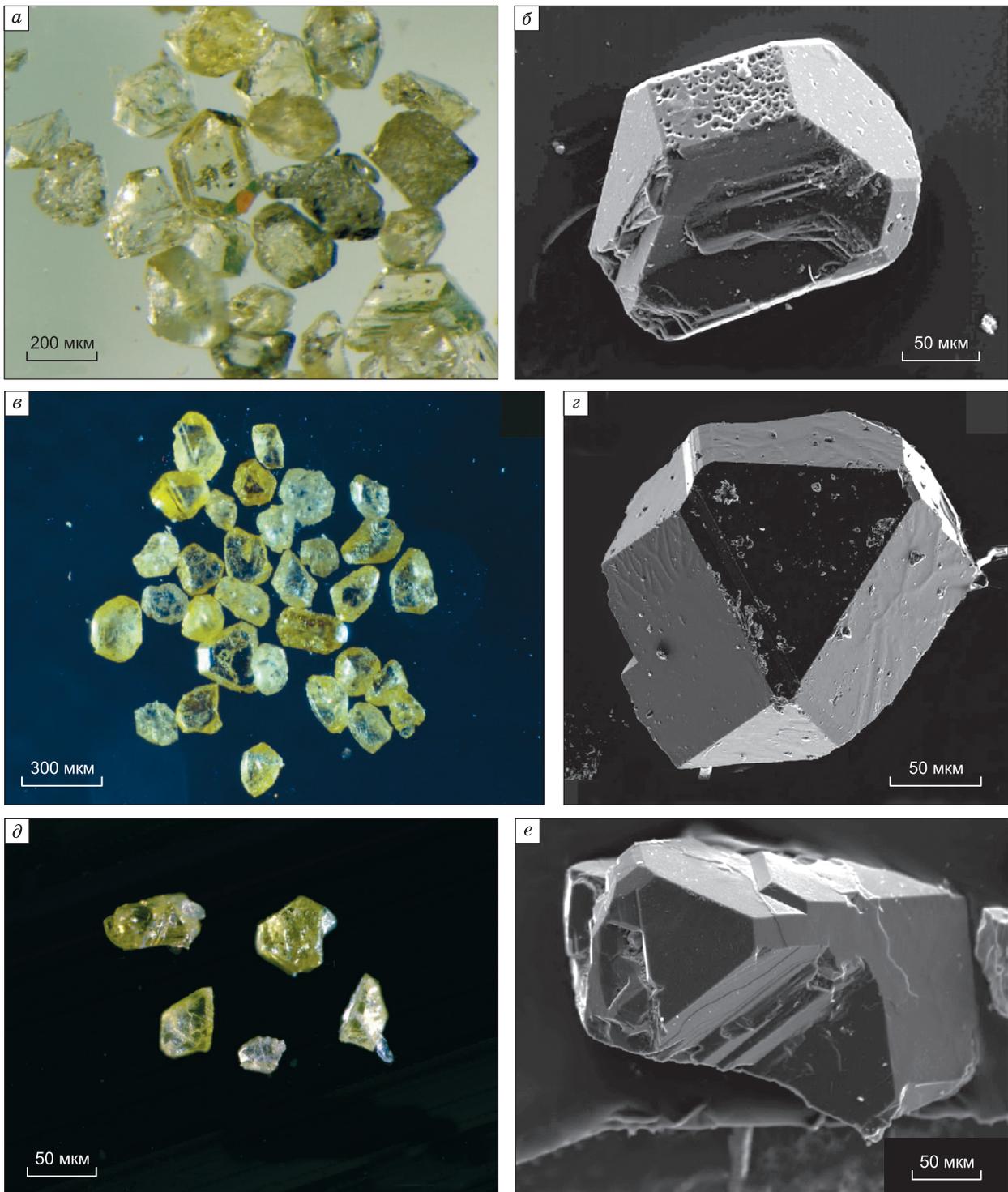
Но и по критерию «б» находка карбонадоподобных частиц вызывает сомнения. Прежде всего, в работе [Байков и др., 1995] отмечается, что первая находка алмаза в авачитах была сделана Ф.Ш. Кутыевым в 1980 г. и это был монокристалл серовато-белого цвета размером 1.7 мм. Однако последующие неоднократные попытки воспроизвести эту находку успехом не увенчались. Найденные в 1993 г. зерна «карбонадо» совсем не монокристаллы и не соответствуют находке Ф.Ш. Кутыева. В данном случае критерием достоверности карбонадоподобных алмазов в авачитах может быть только независимое воспроизведение подобных находок.

Любые находки алмазов в нетрадиционных обстановках и необычных типах пород требуют крайне осторожного отношения к ним в первую очередь со стороны авторов находок и обязательного анализа возможностей заражения, а затем воспроизводства находок. В условиях неопределенности (неочевидны пути контаминации, техническая невозможность воспроизведения находки и т.д.) сами авторы в публикациях не должны исключать возможность контаминации. Примером корректного подхода к находке необычных алмазов служит статья [Howell et al., 2015] об алмазах из офиолитов Тибета: результаты детального исследования алмазов показывают их аналогию с синтетическими, и авторы допускают возможность контаминации, тем самым соблюдая корректность подачи материала.

К сожалению, многочисленные сообщения об алмазах Камчатки не имели развития через воспроизведение находок и более детальное изучение алмазов, в том числе с точки зрения генезиса. Эти находки не вписываются в классическую модель НРНТ происхождения алмазов, обоснование же новой парадигмы требует взвешенного и максимально аккуратного отношения к данной проблеме. Здесь однако следует отметить вполне реальную возможность заражения изучаемых проб природными алмазами, применяемыми при изготовлении широкого диапазона алмазного инструмента (см. рис. 6, 7 и пояснение к нему в тексте настоящей статьи).

### АЛМАЗЫ ИЗ ПЕРИДОТИТОВ И ХРОМИТИТОВ

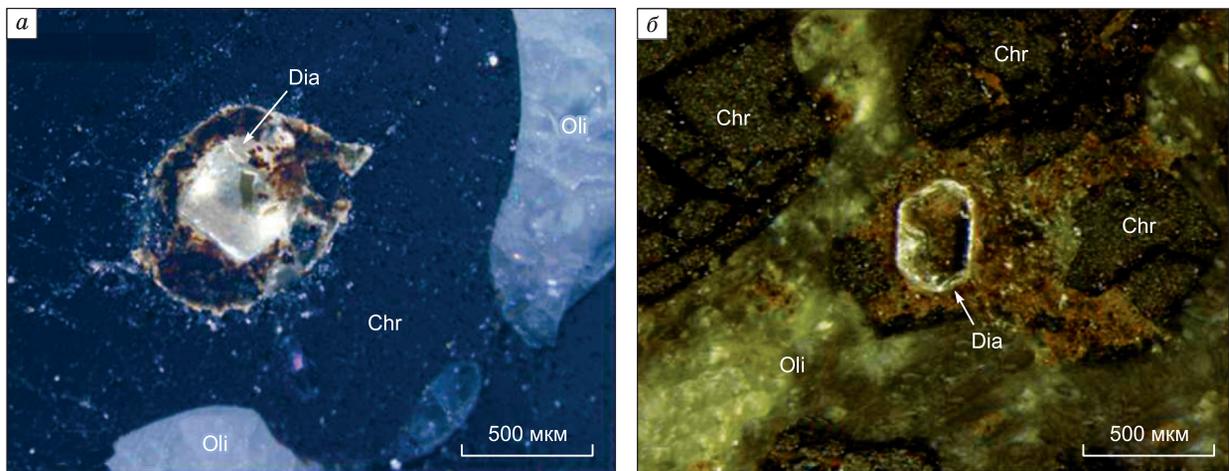
Рассматривая проблему достоверности находки алмазов Толбачика, хотелось бы обратить внимание на еще одну активно обсуждаемую в последние годы тему, связанную с информацией о находках алмазов в хромититах и перидотитах Тибета, Полярного Урала, Турции, Чехии [Xu et al., 2009, 2017; Naemura et al., 2011; Yang et al., 2014, 2015a, b; Xiong et al., 2014, 2017; Howell et al., 2015; Tian et al., 2015; Huang et al., 2015; Lian et al., 2017; Moe et al., 2017]. В данной статье мы не будем проводить де-



**Рис. 8. Алмазы из офиолитов:**

*a, б* — Полярного Урала [Yang et al., 2015a], *в, з* — Турции [Lian et al., 2017], *д, е* — Тибета [Xiong et al., 2017].

тальный сравнительный анализ их характеристик, а лишь отметим, что описываемые в указанных работах алмазы из офиолитов являются полностью идентичными, описанным для Толбачика, а также синтетическим алмазам (рис. 8). При этом находки алмазов в офиолитах Тибета и Урала не выдерживают ни одного из рассматриваемых нами критериев достоверности, а повторные «находки» были сделаны с участием авторов первичных находок. Следует также отметить, что повторный пробоотбор выполнялся без привлечения независимых специалистов-алмазников.



**Рис. 9.** Алмазы из хромитов Тибета (а) [Yang et al., 2015б] и Полярного Урала (б) [Yang et al., 2015а] в приполированных шлифах.

Вокруг алмаза видна кайма, состоящая из аморфного углерода. Dia — алмаз, Chr — хромит, Oli — оливин.

Относительно находки шести алмазов *in situ* (рис. 9) необходимо отметить, что во всех случаях алмазы находятся на обработанной поверхности и окружены пористым аморфным углеродным материалом, при этом сами алмазы не имеют выраженных повреждений поверхности. Эти особенности не исключают возможности их механического внедрения.

Даже для неспециалиста такое «случайное совпадение» типоморфизма алмазов Толбачика, офиолитов Тибета, Урала, Турции и Чехии, с одной стороны, между собой и, с другой, — с синтетическими алмазами по меньшей мере вызывает удивление и вполне понятное подозрение в отношении природного происхождения этих находок.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подтверждение достоверности находок алмазов в нестандартных геологических ситуациях в обычных типах пород требует экспертного подхода, в первую очередь неоднократного воспроизведения, причем с обязательным отбором проб в естественных природных условиях независимыми экспертами-алмазниками при сохранении приоритета авторов первой находки, и доступа к изучению пород и алмазов широкого круга исследователей, в том числе профильных специалистов. Если синтетические алмазы хорошо диагностируются и достаточно просто устанавливается факт контаминации ими, то контаминация природными алмазами из камнерезного инструмента значительно более опасна, поскольку это природные алмазы и они дают больше аргументов неаккуратному исследователю в пользу их естественного происхождения. Поэтому каждый исследователь при обнаружении алмазов в породе или минерале должен подумать о возможности контаминации и исключить ее путем проверки инструментов и способов обработки, а также предъявить надежную и объективную аргументацию невозможности контаминации, иначе будут оставаться сомнения в качестве работы.

Ажиотаж вокруг подобных находок без их тщательной проверки вреден и для геологии, и для репутации их авторов, и для науки в целом, а также опасен нецелесообразным расходом средств грантовых и бюджетных источников. При этом неизбежное опровержение недостоверных находок алмазов создает в обществе негативную атмосферу вокруг других новых находок алмазов, которые могут оказаться реальными, но заранее психологически дискредитированными. Таким образом, непрофессиональный ажиотаж вокруг сомнительных находок алмазов наносит вред развитию алмазного направления в целом.

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № 0330-2016-0006, НИР ГР № АААА-А17-117121270036-7, а также частично поддержана РФФИ (грант 16-05-000811).

### ЛИТЕРАТУРА

Аникин Л.П., Сокоренко А.В., Овсянников А.А., Сидоров Е.Г., Дунин-Барковский Р.Л., Антонов А.В., Чубаров В.М. Находка алмаза в лавах Толбачинского извержения 2012—2013 гг. // Материалы конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский, ИВиС ДВО РАН, 2013, с. 20—23.

- Байков А.И., Аникин Л.П., Дунин-Барковский Р.Л.** Находка карбонадо в вулканитах Камчатки // ДАН, 1995, т. 343, № 1, с. 72—74.
- Безруков Г.Н., Бутузов В.П., Самойлович М.И.** Синтетический алмаз. М., Недра, 1976, 118 с.
- Бобриевич А.П., Смирнов Г.И., Соболев В.С.** Ксенолит эклогита с алмазами // Докл. АН СССР, 1959, т. 126, № 3, с. 637—640.
- Бокий Г.Б., Безруков Г.Н., Ключев Ю.А., Налетов А.М., Нешпа В.И.** Природные и синтетические алмазы. М., Наука, 1986, 222 с.
- Галимов Э.М., Карпов Г.А., Севастьянов В.С., Шилобреева С.Н., Максимов А.П.** Алмазы в продуктах извержения вулкана Толбачик (Камчатка, 2012—2013 гг.) и механизм их образования // Геохимия, 2016а, № 10, с. 868—872.
- Галимов Э.М., Севастьянов В.С., Карпов Г.А., Шилобреева С.Н., Максимов А.П.** Микрокристаллические алмазы в океанической литосфере и их возможная природа // ДАН, 2016б, т. 469, № 1, с. 61—64.
- 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 // ДАН, 2014, т. 454, № 2, с. 204—206.
- Горшков А.И., Селиверстов В.А., Байков А.И., Аникин Л.П., Сивцов А.В., Дунин-Барковский Р.Л.** Кристаллохимия и генезис карбонадо из меланократовых базальтоидов вулкана Авача на Камчатке // Геология рудных месторождений, 1995, т. 17, № 1, с. 54—66.
- Дунин-Барковский Р.Л., Аникин Л.П., Васильев Г.Ф.** Алмазы Камчатки // Горный вестник Камчатки, 2013, № 26, с. 57—61.
- Зубарев Б.М.** Дайковый тип алмазных месторождений. М., Недра, 1989, 183 с.
- Карпов Г.А., Силаев В.И., Аникин Л.П., Ракин В.И., Васильев Е.А., Филатов С.К., Петровский А.В., Флеров Г.Б.** Алмазы и сопутствующие минералы в продуктах трещинного Толбачинского извержения 2012—2013 гг. // Вулканология и сейсмология, 2014а, № 6, с. 3—20.
- Карпов Г.А., Силаев В.И., Аникин Л.П., Флеров Г.Б., Петровский А.В.** 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): материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар, 2014б, с. 128—131.
- Кутыев Ф.Ш., Кутыева Г.В.** Алмазы в базальтоидах Камчатки // Докл. АН СССР, 1975, т. 221, № 1, с. 183—186.
- Лаврова Л.Д., Печников В.А., Плешаков А.М., Надеждина Е.Д., Шуколюков Ю.А.** Новый генетический тип алмазных месторождений. М., Научный мир, 1999, 228 с.
- Палкіна О.Ю., Полканов Ю.О.** Методика аналізу шліхових і протолочних проб та концентратів їх збагачення з потенційно алмазоносних геологічних утворень України. Методичні вказівки. Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ). Київ, Держгеолслужба, 2008, 21 с.
- Похиленко Л.Н., Мальковец В.Г., Кузьмин Д.В., Похиленко Н.П.** Новые данные по минералогии мегакристаллических пироповых перидотитов из кимберлитовой трубки Удачная, Сибирский кратон, Якутская алмазоносная провинция // ДАН, 2014, т. 454, № 5, с. 583—589.
- Похиленко Н.П., Соболев Н.В., Бойд Ф.Р., Пирсон Д.Д., Шимизу Н.** Мегакристаллические пироповые перидотиты в литосфере Сибирской платформы: минералогия, геохимические особенности и проблема происхождения // Геология и геофизика, 1993, т. 34 (1), с. 71—84.
- Похиленко Н.П., Агашев А.М., Литасов К.Д., Похиленко Л.Н.** Взаимоотношения карбонатитового метасоматоза деплетированных перидотитов литосферной мантии с алмазообразованием и карбонатит-кимберлитовым магматизмом // Геология и геофизика, 2015, т. 56 (1—2), с. 361—383.
- Ракин В.И., Пискунова Н.Н.** Морфология искусственных алмазов // Изв. Коми НЦ, УрО РАН, 2012, вып. 3 (11), с. 61—67.
- Ракин В.И., Пискунова Н.Н.** Макро-, микро- и наноморфология искусственных алмазов // ДАН, 2014, т. 455, № 5, с. 576—579.
- Силаев В.И., Карпов Г.А., Ракин В.И., Аникин Л.П., Васильев Е.А., Филиппов В.Н., Петровский В.А.** Алмазы в продуктах трещинного Толбачинского извержения 2012—2013 гг., Камчатка // Вестник Пермского ун-та, 2015, вып. 1 (26), с. 6—22.
- Силаев В.И., Вергасова Л.П., Васильев Е.А., Карпов Г.А., Сухарев А.Е., Филатов С.К.** Микропарагенезис алмаза и самородного алюминия в продуктах современного вулканизма // Вулканология и сейсмология, 2016а, № 1, с. 71—77.
- Силаев В.И., Васильев Е.А., Карпов Г.А., Аникин Л.П., Петровский В.А., Вергасова Л.П.** Углеродный парагенезис в эруптивных пеплово-газовых продуктах извержения камчатских вулканов //

Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения-2016): материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар, 2016б, с. 67—68.

**Скосырев В.А.** О докембрийских коренных источниках алмазов // Геология и полезные ископаемые стран Азии, Африки и Латинской Америки. М., Изд-во ЦНИГРИ, 1977, № 2, с. 111—124.

**Соболев В.С.** Геология месторождений алмазов Африки, Австралии, острова Борнео и Северной Америки. М., Госгеолиздат, 1951, 125 с.

**Соболев В.С.** Новая опасность дезинформации в результате заражения проб посторонними минералами и техническими продуктами // Зап. ВМО, 1979, ч. CVIII, вып. 6, с. 691—695.

**Соболев В.С., Най Б.С., Соболев Н.В., Лаврентьев Ю.Г., Поспелова Л.Н.** Ксенолиты алмазоносных пироповых серпентинитов из трубки Айхал, Якутия // Докл. АН СССР, 1969, т. 188, № 5, с. 1141—1143.

**Соболев Н.В., Похиленко Н.П., Ефимова Э.С.** Ксенолиты алмазоносных перидотитов в кимберлитах и проблема происхождения алмазов // Геология и геофизика, 1984 (12), с. 63—80.

**Соболев Н.В., Харьков А.Д., Похиленко Н.П.** Кимберлиты, лампроиты и проблема состава верхней мантии // Геология и геофизика, 1986 (7), с. 18—27.

**Трофимов В.С.** Основные закономерности размещения и образования алмазных месторождений на древних платформах и в геосинклинальных областях. М., Недра, 1967, 299 с.

**Трофимов В.С.** Геология месторождений природных алмазов. М., Недра, 1980, 304 с.

**Чепуров А.И., Федоров И.И., Сонин В.М.** Экспериментальное моделирование процессов алмазообразования. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1997, 350 с.

**Шацкий В.С., Соболев Н.В.** Некоторые аспекты генезиса алмазов в метаморфических породах // ДАН, 1993, т. 331, № 2, с. 217—219.

**Capdevila R., Arndt N., Letendre J., Sauvage J-F.** Diamonds in volcanoclastic komatiite from French Guiana // Nature, 1999, v. 399, p. 456—458.

**Howell D., Griffin W.L., Yang J., Gain S., Stern R.A., Huang J.-X., Jacob D.E., Xu X., Stokes A.J., O'Reilly S.Y., Pearson N.J.** Diamonds in ophiolites: Contamination or a new diamond growth environment? // Earth Planet. Sci. Lett., 2015, v. 430, p. 284—295.

**Huang Z., Yang J., Robinson P.T., Zhu Y., Xiong F., Liu Z., Zhang Z., Xu W.** The discovery of diamonds in chromitites of the Hegenshan ophiolite, Inner Mongolia, China // Acta Geologica Sinica (English edition), 2015, v. 89, № 2, p. 341—350

**Jaques A.L., Levis J.D., Smith C.B.** The kimberlites and lamproites of Western Australia. Perth, Australia, Gov. Print. Office, 1986, 430 p.

**Kaminsky F.V., Wirth R., Anikin L.P., Morales L., Schreiber A.** Carbonado-like diamond from the Avacha active volcano in Kamchatka, Russia // Lithos, 2016, v. 265, p. 222—236.

**Lian D., Yang J., Dilek J., Wu W., Zhang Z., Xiong F., Liu F., Zhou W.** Deep mantle origin and ultra-reducing conditions in podiform chromitite: diamond, moissanite, and other unusual minerals in podiform chromitites from the Pozanti-Karsanti ophiolite, southern Turkey // Amer. Miner., 2017, v. 102, p. 1101—1113.

**Litasov K.D., Voropaev S.A., Sevastyanov V.S., Kagi H., Ohfuji H., Ishibashi H., Galimov E.M.** Cuboctahedral diamonds from volcanic rocks of Kamchatka: Contamination or growth in unusual environment? // Abstracts of 2018 Japan Geoscience Union Meeting, Makuhari-Messe, Chiba, Japan, 2018, p. SIT25—03.

**MacRae N.D., Armitage A.E., Jones A.L., Miller A.R.** A diamondiferous lamprophyre dike, Gibson Lake Area, Northwest Territories // Int. Geol. Rev., 1995, v. 37, p. 212—229.

**Мое К., Yang J., Johnson P., Xu X., Wang W.** Spectroscopic analysis of microdiamonds in ophiolitic chromitite and peridotite // Lithosphere, 2017, v. 10, №1, p. 133—141.

**Moraes L.I.** Depositos diamantíferos no norte do estado de Minas Geraes // Bol. Serviço de Fomento do Produção mineral, Rio de Janeiro, 1934, № 3, p. 1—61.

**Naemura K., Ikuta D., Kagi H., Odake S., Ueda T., Ohi S., Kobayashi T., Svojtka M., Hirajima T.** Diamond and other possible ultradeep evidence discovered in the orogenic spinel-garnet peridotite from the Moldanubian zone of the Bohemian massif, Czech Republic // Ultrahigh-pressure metamorphism // Eds. L. Dobrzhinetskaya, S. Faryad, S. Wallis, S. Cuthbert, Elsevier, 2018, p. 77—111.

**Palyanov Y., Kupriyanov I., Khokhryakov A., Ralchenko V.** Crystal growth of diamond // Handbook of crystal growth (second ed.) / Ed. P. Rudolph, Elsevier, 2015, v. 2a, p. 671—713.

**Pokhilenko N.P., Sobolev N.V., Lavrent'ev Y.G.** Xenoliths of diamondiferous ultramafic rocks from Yakutian kimberlites // Extended abstracts of the 2nd International Kimberlite Conference, Santa Fe, USA, 1977.

**Pokhilenko N.P., Pearson D.G., Boyd F.R., Sobolev N.V.** Megacrystalline dunites and peridotites: hosts for Siberian diamonds // Annual Rep. Dir. Geophys. Lab. Carnegie Inst. Wash. 1990—1991, 1991, p. 11—18.

- Richardson S.H., Gurney J.J., Erlank A.J.** Origin of diamond in the enriched mantle // *Nature*, 1984, v. 310, p. 198—202.
- Shatsky V.S., Sobolev N.V., Vavilov M.A.** Diamond-bearing metamorphic rocks of the Kokchetav massif (Northern Kazakhstan) // *Ultrahigh-pressure metamorphism* / Eds. R.G. Coleman, X. Wang, New York, Cambridge University Press, 1995, p. 437—455.
- Schertl H.-P., Sobolev N.V.** The Kokchetav massif, Kazakhstan: «Type locality» of diamond-bearing UHP metamorphic rocks // *J. Asian Earth Sci.*, 2013, v. 63, p. 5—38.
- Sobolev N.V., Shatsky V.S.** Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environment for diamond formation // *Nature*, 1990, v. 343, p. 742—746.
- Tian Y., Yang J., Robinson P.T., Xiong F., Li Y., Zhang Z., Liu Z., Liu F., Niu X.** Diamond discovered in high-Al chromitites of the Sartohay ophiolite, Xinjiang Province, China // *Acta Geologica Sinica* (English edition), 2015, v. 89, № 2, p. 332—340.
- Xiong F., Yang J., Robinson P.T., Xu X., Ba D., Li Y., Zhang Z., Rong H.** Diamonds and other exotic minerals recovered from peridotites of the Dangqiong ophiolite, Western Yarlung-Zangbo Suture Zone, Tibet // *Acta Geologica Sinica* (English edition), 2014, v. 90, № 2, p. 425—239.
- Xiong F., Yang J., Dilek Y., Xu X., Zhang Z.** Origin and significance of diamonds and other exotic minerals in the Dingqing ophiolite peridotites, eastern Bangong-Nujiang suture zone, Tibet // *Lithosphere*, 2017, v. 10, № 1, p. 142—155.
- Xu X., Yang J., Chen S., Fang Q., Bai W., Ba D.** Unusual mantle mineral group from chromitite orebody Cr-11 in Luobusa Ophiolite of Yarlung-Zangbo Suture Zone, Tibet // *J. Earth Sci.*, 2009, v. 20, № 2, p. 284—302.
- Xu X., Cartigny P., Yang J., Dilek Y., Xiong F., Guo G.** Fourier transform infrared spectroscopy data and carbon isotope characteristics of the ophiolite-hosted diamonds from the Luobusa ophiolite, Tibet, and Ray-Iz ophiolite, Polar Urals // *Lithosphere*, 2017, v. 10, № 1, p. 156—169.
- Yang J.-S., Robinson P.T., Dilek Y.** Diamonds in ophiolites // *Elements*, 2014, v. 10, p. 127—130.
- Yang J., Meng F., Xu X., Robinson P.T., Dilek Y., Makeyev A.B., Wirth R., Wiedenbeck M., Griffin W.L., Cliff J.** Diamonds, native elements and metal alloys from chromitites of the Ray-Iz ophiolite of the Polar Urals // *Gondwana Res.*, 2015a, v. 27, № 2, p. 459—485.
- Yang J.-S., Robinson P.T., Dilek Y.** Diamond-bearing ophiolites and their geological occurrence // *Episodes*, 2015b, v. 38, № 4, p. 344—364.

*Рекомендована к печати 17 сентября 2018 г.  
Н.В. Соболевым*

*Поступила в редакцию 26 октября 2017 г.,  
после доработки — 12 июля 2018 г.*