

АЛМАЗЫ КАМЧАТКИ

Р. Л. Дунин-Барковский, ведущий научный сотрудник ИВиС ДВО РАН;

Л.П. Аникин ведущий инженер ИВиС ДВО РАН; Г.Ф. Васильев, консультант ИВиС ДВО РАН

Алмазоносность Камчатки, начиная с 50-х годов прошлого столетия, привлекала пристальное внимание многих исследователей.

Первые 8 прозрачных удлинённых кристалликов алмаза размером в десятые доли миллиметра установлены Ф. Ш. Кутыевым в 1971 году (Кутыев Ф. Ш., Кутыева Г. В. 1975 г.) в тяжёлой фракции крупнообъёмной пробы базальтоидов вулкана Ичинский.

В 1977 году при проведении геологической съёмки и шлиховом опробовании территории ультраосновного массива Филиппа в Срединном хребте Б. К. Долматов и А. И. Байков, при консультации специалистов ИМГЭ, обнаружили «неправильной формы изометричный осколок кристалла лонсдейлита, гексагональной разности алмаза, размером 0,5 мм, в ассоциации с диопсидом и гранатом» (Промежуточный Отчёт. 1977 г.).

В 1978 году В. С. Шеймович и М. Г. Патока в шлихах водотоков вулкана Алмазный (Срединный хребет) обнаружили несколько зёрен алмаза размером в десятые доли миллиметра (Отчёт по теме. 1978 г.).

В 1989 году В. А. Селивёрстов в отчёте по теме «Минерагения ультраосновного

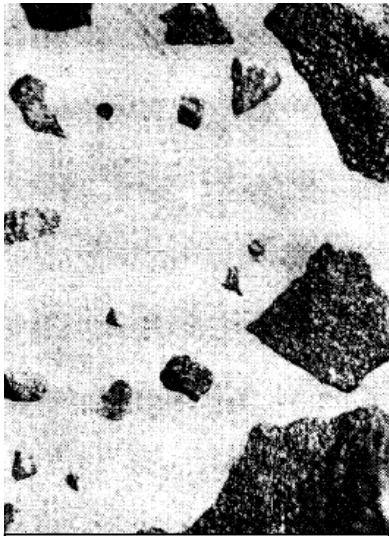


Рис.1. Зёрна алмаза карбонадо, от десятых долей мм до 2,7 мм.

комплекса Валижгенского хребта Камчатки», на основании детального изучения большого объёма каменного материала и установления в шлихах кристаллов алмаза, сделал вывод о перспективной алмазоносности кимберлит-лампроитовой формации вулканитов Камчатки.

В 1993 году при обработке протолок глыб своеобразного базальта «авачита» в ледниковых отложениях ручья Мутного (северный склон вулкана Козельского) Л. П. Аникин и Р. Л. Дунин-Барковский установили более сотни обломков и сростков агрегатов мелкокристаллического алмаза – **карбонадо** серого и светло-серого цвета размерами от десятых долей до 2,7 миллиметра (рис. 1).

Минерал подтверждён рентгенометрическим анализом, слабо люминесцирует в ультрафиолетовых лучах. Распределение карбонадо в образцах авачита весьма неравномерное. Ассоциирует этот минерал с хромдиопсидом, оливином, хромшпинелью и карбидами кремния. Камчатским территориальным геологическим фондом авторам выдана «Справка №12 о первооткрывательстве» (А.И. Байков, Л. П. Аникин, Р. Л. Дунин-Барковский, Ф. Ш. Кутыев, 1994 г.) [10. А. И. Горшков и др. 1995 г.]

В девяностых годах прошлого века в процессе работ Городской геологической партии, руководимой В. С. Шеймовичем, было задокументировано несколько трубообразных тел – диатрем диаметром до десятка метров в массиве Петровской сопки [Шеймович (8). Отчёт Городской партии....., 1996 г.].

В 2001-04 годах нашими исследованиями в шлихах из водотоков массива горы Острой (район Сосновки) установлен комплекс кимберлитовых минералов (оливин,

хромдиопсид, шпинель, гранаты и карбиды кремния) с наложенным на него медным оруденением (халькозин, борнит и малахит на обломках породы с кимберлитовыми минералами).

Проведение нами шлихового опробования обрамления Култушного озера в 2001 – 2003 г.г., совместно со студентами кафедры географии, геологии и геофизики КамГУ им. Витуса Беринга, также позволило выявить аналогичные (кимберлитового генезиса) минералы. Култушное озеро, судя по конфигурации, вероятно, состоит из двух кимберлитовых трубок.

В январе 2011 года при шлиховании отложений ручья Мелькомбинатовского (центр города) мы установили бесцветный октаэдрический кристалл алмаза с характерными зонами роста, размер его составил 0,2 мм (рис. 2). Показатель преломления и твёрдость очень высокие. Двупреломление отсутствует. Алмаз встречен в ассоциации с хромдиопсидом, оливином, шпинелью, гранатом и золотом.

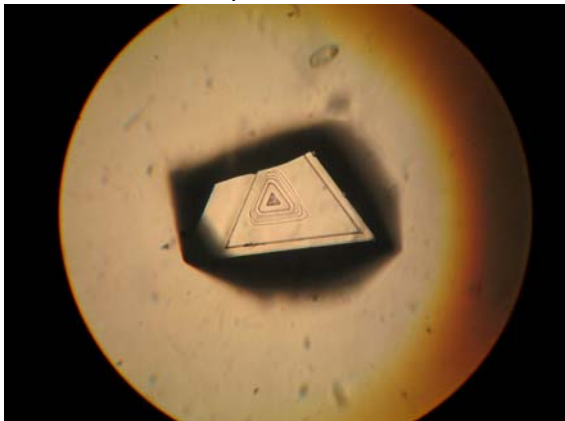


Рис.2. Кристалл алмаза, размер 0,2 мм



Рис.3. Нарост алмаза на природной затравке

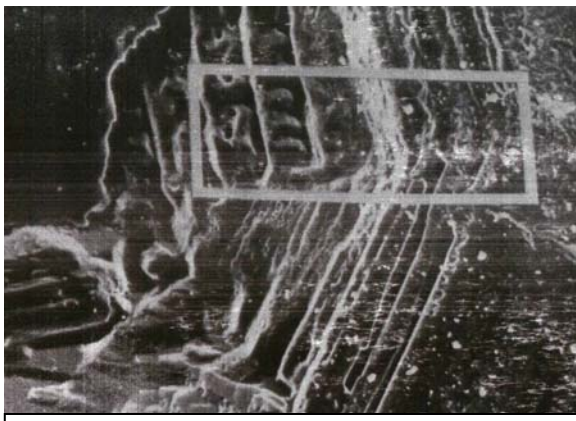


Рис.4. Нарост на затравке выращенного алмаза

Кроме поисков природных проявлений алмаза мы с 1976 года ведём эксперименты по доращиванию кристаллов алмаза на затравках. Условия экспериментов весьма мягкие. Температура 95-98⁰С, давление атмосферное. Процесс идёт в водном растворе смеси кислот. Источник углерода – графит. Процесс растворения графита сложен, и в конечном итоге ведёт к образованию, наряду с гексагональными пластинчатыми кластерами, соединений углерода с преобладанием СО₂. Но в присутствии затравки алмаза (или шпинели) гексагональные кластеры достраиваются в кубический алмазный кристалл. Процесс доращивания в предложенных нами условиях идёт гораздо медленнее (десятые – тысячные доли мм в месяц), чем в существующих технологиях. Но условия у нас совершенно **фантастические**, с точки зрения классической термодинамики. По правилам диаграммы Овсея Ильича Лейпунского [Лейпунский, (1) 1939 г.] давление должно быть несколько десятков тысяч атмосфер при температуре не ниже 1300⁰С. А наша методика работает **при атмосферном давлении и температуре в пределах 100⁰С** в водном растворе кислот. Процесс можно наблюдать и документировать (рис. 3 и 4). Напрашивается вывод, что аналоги такого процесса возможны в природе. Так, алмаз «Кулинан» (вес 600 г) и

последний из найденных сросток двух октаэдров (вес около 1300 г, место взятия неизвестно) есть представители этой фации алмазообразования.

В наших условиях доразращивание алмаза на затравках шло в два этапа. Первое время (примерно, год), изначально плоскогранные затравки дорастали игло- или ёжикообразно, вдоль осей 4-го и 3-го порядков на величину до десятых долей мм. К концу второго года характер роста слоёв на затравки существенно изменился. Кристаллы алмаза вновь «оплоскограницились», вернувшись к обычным октаэдрическим и ромбододекаэдрическим граням. Грани куба практически выклинивались.

Кристаллизационная среда, – смесь азотной, соляной и уксусной кислот, (вариант царской водки) позволяет допировать нарастающие слои примесями золота или платиноидов. Это даёт возможность конструировать **сендвичевые** структуры полупроводниковых и иных классов. Приборы на основе этих структур способны работать в условиях космических температур и давлений.

В 2001 году во ВНИИСИМС (г. Александров Владимирской области) ведущим научным сотрудником Е. М. Кожбахтеевым совместно с нами был выполнен эксперимент по получению алмаза в близких гидротермальных условиях с аналогичным растворителем, при 200⁰С и давлении 180 атмосфер. Длительность один месяц. Получены разности углерода - **алмаз, карбин и фуллерен (бакеболы, шарики C₈₀)**. Размер частиц – десятые доли мм. Результаты, подтверждённые рентгеном, в том же году опубликованы в Трудах ВНИИСИМС. В 2003 году эти материалы (авторы Е. М. Кожбахтеев, Р. Л. Дунин-Барковский и др.) доложены в Японии на Международном Кристаллографическом Конгрессе. Имеется Авторское свидетельство № 1522789.

В 2006 году Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН на 6-м Московском Международном инновационном Салоне за наши **исследования по доразращиванию алмаза на затравках награждён золотой медалью**. На рис. 3, 4 - характер поверхностей роста зон алмаза (в наших экспериментах) на природной и выращенной затравках алмаза.

По вопросам генезиса алмазов существует несколько теорий, подтверждённых многочисленными работами (в том числе и по миллионократному получению кристаллов синтетического алмаза), как за рубежом, так и в России.

Теория, согласно диаграмме О. И. Лейпунского, говорит о синтезе алмаза из углеродсодержащих материалов в расплаве металлов при температуре свыше 1300⁰С и давлении десятки (до сотни) тысяч атмосфер. Сейчас это **основной метод получения технического алмаза**. В этих же условиях, полагает большинство исследователей, **образуются кристаллы алмаза в кимберлитах и лампроитах**.

По другой теории – алмазы образуются при температуре 700⁰С и пониженном давлении в атмосфере углеводородов.

Наши работы, как сказано выше, позволяют вести доразращивание алмаза при температуре до 100⁰С и атмосферном давлении в водном растворе кислот. Скорость роста, конечно, мала (десятые-сотые доли мм в месяц). Однако это даёт возможность создавать наноразмерные алмазные технико-технологические композиты, приборы и устройства.

На Камчатке **нами предсказан** (в 2002 г.) **и впервые установлен наноразмерный алмазный материал** с уникальными свойствами. Материал отобран в дымах КТЭЦ-2 (2006 г.) и из трубы КТЭЦ-2 и фумаролы Корьякского вулкана в 2009 году (рис. 6). Наличие наноалмазов подтверждено аналитиками Израиля и Москвы. Наноразмерные частицы алмаза, нанесённые на трущиеся поверхности

(валы, втулки, подшипники), практически уничтожают силу трения, одновременно в несколько раз увеличивая их износостойкость. Получить такой материал дроблением кристаллов природных алмазов невозможно. По нашему представлению, запасы наноалмазов колоссальны.

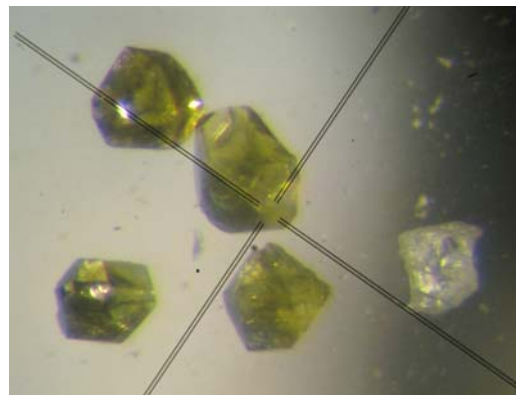
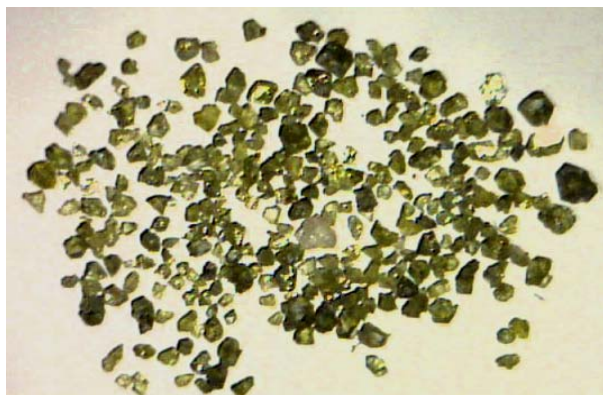


Рис.5 и 6. Кристаллы алмаза из лавы нового Толбачинского извержения. Факт. размер от 0.0 н мм до 0.7 мм



Рис.7. Новое Толбачинское извержение (2012 г.)

В декабре 2012 года в базальтовой лаве нового Толбачинского извержения Л.П. Аникиным, А. А. Овсянниковым и А. В. Сокоренко установлены **сотни кристаллов алмаза** в ассоциации с пироксеном, гранатом, рутилом и карбидами кремния. Форма кристаллов – кубооктаэдр в комбинации с ромбододекаэдром. Размер до 0,7 мм. Цвет коричнево-золотистый, зеленовато-золотистый, зелёный, изредка бесцветный и розовый (рис.5 и 6). Фумарола нового Толбачинского извержения с наноалмазами (рис. 7).

Выводы

Интерес к алмазоносности Камчатки проявился с 50-х годов прошлого века. Первые 8 кристаллов алмаза установлены Ф. Ш. Кутыевым в базальтовой лаве Ичинского вулкана в 1971 году. В 1977-78 годах Б. К. Долматов, А. И. Байков, В. С. Шеймович и М. Г. Патока обнаружили осколок кристалла лонсдейлита (гексагональная разновидность алмаза) и несколько зёрен алмаза в шлихах массива Филиппа, и вулкана Алмазный.

В 1993 году в протолочках базальта «авачита» из ручья Мутного (с вулкана Козельского) Л. П. Аникин, А. И. Байков, Р. Л. Дунин-Барковский и Ф. Ш. Кутыев установили более сотни обломков и сростков тонкокристаллического алмаза **карбонадо** размером от десятых долей мм до 2,7 мм.

В 90-х годах прошлого века В. С. Шеймовичем установлено в Петровской сопке несколько трубообразных тел – диатрем.

В 2001-04 г.г. авторами статьи в шлихах водотоков горы Острой установлен комплекс кимберлитовых минералов (оливин, гранат, хромдиопсид, шпинель, карбиды кремния). Шлихование берегов Култушного озера в 2001-03 годах также выявило минералы кимберлитового комплекса. В 2011 году в шлихах из ручья

Мелькомбинатовского (центр города Петропавловска) нами установлен бесцветный октаэдрический кристалл алмаза размером 0,2 мм.

С 1976 года мы успешно ведём эксперименты по кристаллизации алмаза на затравках в растворе кислот при температуре до 100⁰С и атмосферном давлении. Имеется Авторское свидетельство №1522789.

В 2006 году Институт вулканологии ДВО РАН за наши работы по алмазу удостоен награждения **Золотой медалью на Московском Международном инновационном Салоне.**

На Камчатке нашей группой в 2002 году предсказан и в 2005 году установлен наноразмерный алмазный материал.

В декабре 2012 года в базальтовой лаве нового Толбачинского извержения Л.П. Аникин, А. А. Овсянников, А. В. Сокоренко в пробе весом около килограмма установили **несколько сот кристаллов алмаза** размерами от 0,0 н мм до 0,7 мм.

Таким образом, благодаря исследованиям камчатских геологов и нашим работам **Камчатка стала алмазоносным регионом.**

Сведения о многолетних исследованиях по поиску и установлению проявлений алмаза на Камчатке приводят к заключению, подтверждающему версии других исследователей о том, что алмазоносные диатремы формировались в зонах действующих и палеовулканов. То есть, алмазообразование сопровождается вулканическими процессами. Найденные на Камчатке мелкокристаллические и наноразмерные алмазы свидетельствуют о молодости Камчатской алмазоносной провинции. Тогда как более крупнокристалльные алмазные формации Якутии и других зон Земли установлены в регионах палеовулканизма.

Выводы могут быть основой для продолжения исследований по поиску месторождений алмаза на Камчатке и в других регионах с современной и палеовулканической деятельностью: на Курилах, в Японии, на Гавайях, а также в Архангельской области, республике Коми, Поволжье, Чехословакии, Прибалтике и...Антарктиде.

Литература:

1. Лейпунский О.И. Фазовое состояние углерода в различных термодинамических условиях. Монография. С. 19 М. АН СССР. 1939 г.
2. Кутыев Ф.Ш., Кутыева Г.В. Алмазы в базальтоидах Камчатки. ДАН СССР. 1975 г, т.221, №1, С.183-186.
3. Байков А.И., Аникин Л.П., Стефанов Ю.М., Дунин-Барковский Р.Л. К минерации алмазов Камчатки. Ж. «Вулканология и сейсмология». П.-Кмч. 1989. С. 88-89.
4. Селивёрстов В. А. «Материалы по геологии, минерации и перологии Правобыстринского вулканоплутонического ультрамафитового комплекса Валижгенского хребта Камчатки». Отчёт по теме. М. 1989. С. 97-100.
5. Байков А. И., Аникин Л. П., Дунин-Барковский Р. Л. Находка карбонадо в вулканитах Камчатки. ДАН СССР, 1995 г. т. 343, №11, С. 72-74.
6. Байков А. И. «Исследование алмазоносности авачитов» Отчёт по теме. П.-Кмч. 1993 г.
7. Байков А. И. «Вулканогенное рудообразование и минерации базитгипербазитовых комплексов островодужных систем». Отчёт по теме. П.-Кмч. 1996 г.
8. Шеймович В.С. «Отчёт Городской партии по съёмке р-на Петропавловска-Камчатского». 1998 г.
9. Байков А. И., Аникин Л. П., Стефанов Ю. М., Дунин-Барковский Р. Л. «Проблемы алмазоносности Камчатки». Сборник, посвящённый памяти Ф. Ш. Кутыева. П.-Кмч. 2000г.
10. КТГФ «Справка № 12 о первооткрывательстве алмазов карбонадо». Первооткрыватели Байков А. И., Аникин Л. П., Дунин-Барковский Р. Л., Кутыев Ф.Ш., 1995 г.
11. А. И. Горшков, В. А. Селивёрстов, А. И. Байков, Л. П. Аникин, А. В. Сивцов, Р. Л. Дунин-Барковский. «Кристаллохимия и генезис карбонадо из меланократовых базальтоидов вулкана Авача на Камчатке». Геология рудных месторождений, 1995, том 37, №1, с. 54-66.