
ХРОНИКА

МЕЖДУНАРОДНАЯ АЛМАЗНАЯ ШКОЛА—2023

© 2023 г. Д. чл. И. В. Клепиков*

*Санкт-Петербургский университет, кафедра минералогии,
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034 Россия
e-mail: klepikov_igor@mail.ru

Поступила в редакцию 06.04.2023 г.

После доработки 06.04.2023 г.

Принята к публикации 12.04.2023 г.

В статье представлен обзор докладов и мастер-классов на Международной алмазной школе, проходившей 20–25 февраля 2023 г. в г. Брессанон, Италия. На Школе были затронуты такие аспекты изучения природных алмазов как геохимические и изотопные особенности кристаллов и включений в них, морфология, геологические условия образования, а также интересные дискуссионные вопросы.

Ключевые слова: алмаз, кристалломорфология, мантийные включения

DOI: 10.31857/S0869605523030048, **EDN:** XGFDDX

20–25 февраля в городе Брессанон (Италия) проходила Международная алмазная школа (INTERNATIONAL DIAMOND SCHOOL). Мероприятие было организовано университетом Падуи (отделение наук о Земле), в рамках Обсерватории глубинного углерода (Deep Carbon Observatory) – глобальной программы изучения роли и закономерностей циркуляции углерода на Земле. Финансовая поддержка школы осуществлялась Геммологическим институтом Америки (GIA). В течение 5 дней проходили заседания и мастер-классы, выступали ведущие специалисты по минералогии, геохимии, геологии алмаза и алмазных месторождений. Всего участники сделали 39 докладов, из них большинство – от ведущих специалистов в области алмазной геологии. Открыл Школу Стивен Шири (Университет Карнеги) с обзорным докладом “Введение в литосферную и сублитосферную геологию алмаза”, вторым был доклад Грэма Пирсона (Университет Альберты) “Кратоны и алмазы”. Эти доклады осветили основы современного представления об условиях образования алмаза и формирования его месторождений. Более специализированный доклад представила Яна Федорчук (Университет Далхаузи) – “Морфология монокристаллических алмазов и включений в них”, была показана интересная схема разделения скульптур на поверхности округлых кристаллов алмаза на “кимберлитовый” и “прекимберлитовый” этапы растворения. Доклады “Литосферные алмазы – перидотитовый субстрат” Томаса Стахеля и “Литосферные алмазы – эклогитовый и пироксенитовый субстрат” Сони Албах показали особенности включений в алмазах соответствующих парагенезисов.

Сессии второго дня включали доклады Якова Вейса (Университет Иерусалима) по флюидным включениям в волокнистых алмазах (автор использовал технику лазерной абляции включений в присутствии воды) и Майка Уолтера по геохимии силикатных и оксидных включений в сверхглубинных алмазах, в частности, о наличии примеси NiO в бриджманите и ферропериклазе. Карен Смит (Университет Витватерсранда) рассказала об основах датировки алмазов по включениям, а Сьюзет Тиммерман (Универси-

тет Берна) — о датировке включений в волокнистых и сверхглубинных алмазах. Она же привела новые данные по возрасту алмазов Жуина и Канкан (поздний неопротерозой—палеозой). Второй доклад Томаса Стахеля был посвящен геохимии стабильных изотопов. Эван Смит (GIA) рассказал о возможностях рамановской спектроскопии при изучении включений. Поликристаллические алмазы были темой доклада Дорит Джэйкоб (Австралийский Национальный Университет), автор привела оригинальные изображения компьютерной микротомографии и EBSD поликристаллических образований. Точечные дефекты и их значение как генетических индикаторов обсуждались в докладе Ульрики Хаенен-Джонсон (GIA). Джэф Харрис (Университет Глазго) рассказал об особенностях алмазов Юго-Восточной Азии (Китай, Мьянма, Тайланд, Суматра, Калимантан). Удивительно, но кристаллы этих регионов по морфологии очень близки к округлым алмазами Урала, Востока Бразилии, и во всех таких регионах до сих пор не выявлены коренные источники. Леденцовая скульптура (в англ. лит. “enhanced lustre”), ярко проявленная на россыпных алмазах Западного Приуралья (рис. 1, *a*), регулярно наблюдалась и автором доклада на кристаллах из данных регионов (рис. 1, *b*). Данная скульптура может являться типоморфной для алмазов из регионов с неустановленными коренными источниками, ее происхождение дискуссионно. В некоторых источниках (Афанасьев и др., 2001) считается, что она образовалось при механическом истирании в россыпях, но в то же время известны кристаллы с леденцовой скульптурой из коренных месторождений, например алмазы из лампроитов Эллендейл (Hall, Smith, 1984).

В течение третьего дня проходили мастер-классы ведущих исследователей с демонстрацией современного аналитического оборудования. Мастер-класс Роса Энджела (Университет Падуи) был посвящен анализу ориентации включений при помощи данных, полученных методами рентгеновской дифракции и EBSD. Авторским коллективом была создана свободнo-распространяемая программа OrientXplot для нанесения данных ориентации включений на стереографическую проекцию (Angel et al., 2015). Карен Смит вела мастер-класс по спектроскопии ИК поглощения на экспрессном спектрометре Bruker Alpha. Отдельным занятием была презентация нового рамановского конфокального микроскопа на лазере 532 нм WITec alpha 3000 (Германия), вел которую Ян Топорский (Dieing et al., 2011). Удивителен прогресс рамановской спектроскопии: этот метод позволяет не только изучать включения, но и тонкие пленки на их поверхности. Другие локальные методы требуют выведения включений на поверхность, что неизбежно изменяет состав этих пленок или ведет к их утрате, а также ведет к разрушению самого кристалла алмаза. Джефф Харрис и Сюзетт Тиммерман вели занятие по визуальной диагностике включений различного парагенезиса в алмазах. Особенностью мастер-классов была непринужденная благожелательная обстановка, достаточное время для обсуждения.

Доклады четвертого дня так же были посвящены преимущественно различным аспектам изучения включений и среды алмазообразования. Разван Каракас (Парижский Институт физики Земли) сделал доклад об основах изучения динамики структуры алмаза на основе численного моделирования. Майя Копылова (Университет Британской Колумбии) рассказала о влиянии предельно микромасштабных метасоматических процессов на образование алмазов в регионе Крунштадт (ЮАР). Выпускница Санкт-Петербургского Горного университета Екатерина Кисеева, работающая в Ирландии (Университет Корка), посвятила свой доклад изучению активности кислорода в мантии, через исследование включений.

Пятый день был оставлен для докладов молодых исследователей — аспирантов, постдоков. Четыре доклада были связаны с изучением воды во включениях и водорода в алмазе. В этот день прозвучали доклады о месторождениях Канады, Бразилии, Африки. Джон Армстронг (Lucara Diamond) рассказал про уникально крупные беззотные кристаллы алмаза из трубки Карове, Ботсвана (Motsamai et al., 2018). Автор продемон-



Рис. 1. Округлые додекаэдриды с леденцовой скульптурой: (а) из россыпей Западного Приуралья (фото Е. Васильев); (б) из россыпей Мьянмы (Win et al., 2001).

Fig. 1. Rounded dodecahedroids with candy-like (“enhanced lustre”) sculpture: (a) from diamondiferous places of the West Priuralie (photo E.Vasiliev); (b) from diamondiferous places of Myanmar (Win et al., 2001).

стрировал всем участникам модели самых крупных алмазов трубки Карове в натуральную величину, с идентичной оригиналам окраской и детальной морфологией. Например, известный кристалл, Lesedi La Rona или “Наш свет”, массой 1109 карат. На рис. 2 представлены фотографии моделей крупных кристаллов, отражающие их реальную морфологию. Видно, что черный кристалл (рис. 2, а) массой 1758 карат с одной стороны значительно растворен, и на ней преобладают округлые поверхности, а с другой – усеян четырехугольными углублениями различного размера. Вероятно, он является самым крупным кубоидом в истории и насыщен черными микровключениями. Бес-



Рис. 2. Фотографии моделей крупных кристаллов алмаза из трубки Карове (Ботсвана), отражающие их реальную морфологию: (а) черный частично растворенный кристалл с крупными четырехугольными углублениями; (б) бесцветный частично растворенный кристалл с октаэдрическими ростовыми поверхностями.

Fig. 2. Photographs of models of large diamond crystals from the kimberlite pipe Karowe (Boatswain) representing their real morphology: (a) black partly dissolved crystal with large rectangular deepenings; (b) colorless partly dissolved crystal with octahedron growth surfaces.

цветный кристалл ~500 карат (рис. 2, б) также значительно растворен с одной стороны, но с другой можно увидеть реликты граней октаэдра и округлые фрагменты с треугольными очертаниями, что говорит об октаэдрическом габитусе кристалла. Таким образом, в рекордно крупных кристаллах алмаза, по всей видимости, также реализуются оба механизма роста – нормальный и тангенциальный. Трубка Карове рентабельна именно за счет постоянных находок крупных алмазов, несмотря на убогую алмазность кимберлита. Луиса де Карвальо (Университет Альберты) детально описала проблему региона Коромандель (Бразилия), в котором добываются округлые (преимущественно додекаэдровиды) кристаллы алмаза из россыпей. На закрытии

Школы Фабрицио Нестола рассказал о составе и упругих свойствах феррипериклаза, как индикатора алмазов сверхглубинного генезиса. После завершения некоторые из участников школы поднялись на снежные вершины Доломитовых Альп (2563 м), где есть все возможности для активного зимнего отдыха.

Презентация автора данной статьи, который был единственным участником из России, вызвала интерес среди аудитории. В докладе “Аллювиальные алмазы Урала” были показаны закономерности эволюции морфологии и анатомии, спектроскопических особенностей алмаза на различных этапах кристаллогенеза на примере Уральских образцов.

В целом, около двух третей докладов было посвящено изучению включений различными аналитическими методами. Большинство представленных докладов содержали опубликованные материалы или препринты, что отражает обучающий характер Школы. Необходимо отметить, что в докладах Школы практически не освещались онтогенетические аспекты изучения алмазов – интерпретация сложной зональности, приуроченность включений к локальным ростовым зонам, влияние постростовых процессов – эти особенности остаются в большинстве случаев вне поля зрения исследователей. Международная алмазная школа предоставляет широкие возможности для неформального общения ведущих специалистов алмазной геологии и позволяет участникам с новых сторон взглянуть на проводимые ими исследования.

Участие в конференции осуществлялось за счет гранта 21-77-20026 Российского научного фонда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев В.П., Ефимова Э.С., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Атлас морфологии алмазов России. Новосибирск: СО РАН НИЦ ОИГГМ, 2001. 298 с.

International Diamond School—2023

I. V. Klepikov*

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

**e-mail: klepikov_igor@mail.ru*

The article contains an overview of reports and master classes at the International Diamond School, which took place in February 20–25, 2023 in Bressanone, Italy. The School touched upon such aspects of the study of natural diamonds as geochemical and isotope features and morphology of crystals, composition of inclusions in them, geological conditions of formation, as well as interesting debatable issues.

Keywords: diamond, morphology of crystals, mantle inclusions

REFERENCES

- Afanasyev V.P., Efimova E.S., Zinchuk N.N., Koptil V.I.* Atlas of diamond morphology in Russia. Novosibirsk: SB RAS, 2001. 298 p. (in Russian).
- Angel R., Milani S., Alvaro M., Nestola F.* OrientXplot: a program to analyse and display relative crystal orientations. *J. Appl. Cryst.* 2015. 48. P. 1330–1334.
- Dieing T., Hollricher O., Toporski J.* Confocal Raman Microscopy. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 2011. XVI. 292 p.
- Hall A., Smih C.* Lamproite diamonds – are they different? In: *Kimberlite Occurrence and Origin.* 1984. Geology Department and University Extension, the University of Western Australia Perth. P. 167–212.
- Motsamai T., Harris J., Stachel T., Pearson G., Armstrong J.* Mineral inclusions in diamonds from Karowe Mine, Botswana: super-deep sources for super-sized diamonds? *Miner. Petrol.* 2018.
- Win T., Davies R., Griffin W., Wathanakul P., French D.* Distribution and characteristics of diamonds from Myanmar. *J. Asian Earth Sci.* Vol. 19. Iss. 5. 2001. P. 563–577.