

# АЛМАЗ – РУКАМИ ЧЕЛОВЕКА

(Продолжение. Начало в № 1(8) за 2005 г.)

**В. В. Бескрованов**

## Искусственные алмазы в СССР

### В алмазную гонку включаются русские



**Виктор Васильевич Бескрованов,**  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, заместитель  
главного редактора журнала.

Синтез алмаза впервые осуществил Эрик Лундблад в 1953 г., но запатентовала такое достижение в 1955 г. американская фирма «Дженерал Электрик». Почти двухлетнее молчание стоило шведам потери приоритета. В 1958 г. искусственные алмазы были получены в Советском Союзе независимо от шведов и американцев.

Необходимость создания новой техники во время войны стимулировала разработку технологий производства новых материалов, среди которых – сверхтвердые сплавы. Эффективно обрабатывались они только алмазом. При выполнении работ по восстановлению и реконструкции разрушенных в военное время предприятий также был необходим алмазный инструмент. Однако поставка его по ленд-лизу прекратилась. Разработка месторождений этого минерала в Якутии еще не имела промышленного значения. Приходилось закупать синтетические алмазы по высоким ценам у шведских и американских фирм.

Таким образом, в нашей стране остро ощущалась потребность в синтетических алмазах собственного производства. О.И. Лейпунский, рассчитавший термодинамические параметры перехода графита в алмаз, и Д.А. Франк-Каменецкий, также работавший в свое время в этой области, в послевоенные годы занимались проблемами, не связанными с алмазом. В конце 50-х годов вопросами синтеза алмаза заинтересовались в Институте кристаллографии АН СССР. Здесь уже был накоплен опыт искусственного получения минералов: кварца, циркона, слюды и других [1]. Для их синтеза не требовалось высокого давления. Эксперименты с алмазами начались при давлении, которое было намного ниже указанного Лейпунским, и к успеху не приводили.

В статье об успешных опытах Холла в журнале «Nature» было указано, что алмаз синтезирован при условиях, отвечающих области его стабильности. В Институте кристаллографии АН СССР не было оборудования для исследований при сверхвысоких давлениях. Поэтому его руководство обратилось в президиум АН СССР с просьбой о содействии в разработке необходимой аппаратуры. Самым опытным специалистом по высоким давлениям был Леонид Федорович Верещагин. В Институте органической химии АН СССР с помощью сконструированного им пресса было достигнуто давление в 100 тыс. атмосфер (10 ГПа). Ему и предложили включиться в работу. При обсуждении этого вопроса один из участников совещания с иронией заметил: «Кто достанет лошадь, может и сам ездить на ней» [1, стр. 103].

### Слагаемые успеха

На основе лаборатории Л.Ф. Верещагина был организован Институт физики высоких давлений с приоритетным направлением исследований по синтезу алмаза. Начинать почти с нуля. Все данные по конструкции установки американские и шведские ученые засекретили.

Для повышения вероятности достижения успеха были созданы три лаборатории под руководством Л.Ф. Верещагина, Ю.Н. Рябинина и В.А. Галактионова. Исследования велись в разных направлениях. Условились о том, что независимо от первенства в осуществлении синтеза, авторами открытия будут считаться все три группы [1]. Это привело к быстрейшему достижению цели, поскольку устранило естественную в таких ситуациях конкуренцию. Постоянно производился обмен опытом и достигнутыми результатами.

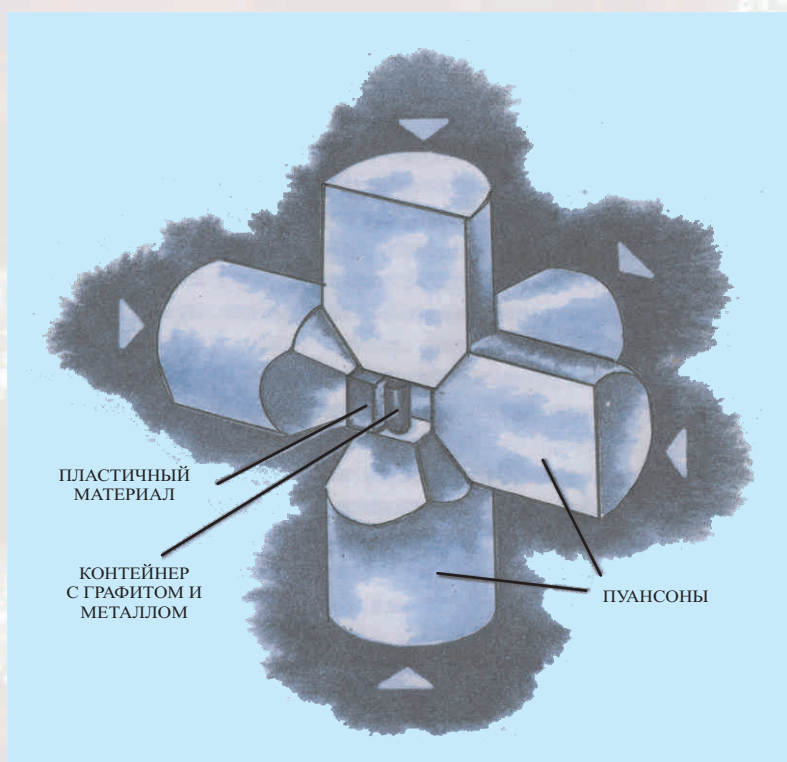
Успех сопутствовал группе Верещагина – в конце 1958 г. были синтезированы первые алмазы [2]. Основной рабочей частью конструкции их



установки являются шесть симметрично расположенных пуансонов, имеющих ближе к области их сведения форму усеченной пирамиды. Поэтому при окончательном сближении пуансонов образуется небольшая кубическая камера (рис. 1), заполняемая пластичным материалом, в качестве которого, как и в экспериментах Бриджмена, используется пирофиллит ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) – глинистое вещество с плохой тепло- и электропроводностью и хорошо передающее давление на образец. В пирофиллит помещается контейнер с уложенными слоями графитом и металлом. Последний используется в качестве растворителя и катализатора. При сведении пуансонов к центральной точке мощными гидравлическими цилиндрами в камере создается колоссальное давление. Контейнер нагревается электрическим током до температуры 2000°C.



**Леонид Федорович Верещагин (1909–1977), физик, академик АН СССР, под руководством которого синтезированы первые алмазы в нашей стране (1958 г.).**



**Рис. 1. Схема рабочей части установки, в которой впервые в СССР в 1958 г. был осуществлен синтез алмаза.**

О трудностях, с которыми столкнулись изобретатели, рассказал Л.Ф. Верещагин на страницах журнала «Огонек» [3]. Опыты в начальной стадии работ неоднократно сопровождались взрывами. Никто не пострадал только потому, что аппараты высокого давления находились в бронированной камере. «На эту тему, – заметил Леонид Федорович, – можно написать роман. Страницы его расскажут о человеческих трагедиях, поисках, разочарованиях, дерзаниях ученых и, наконец, о радостях свершившегося открытия» [3, стр. 10]. Он поделился впечатлениями об общении с Холлом во время поездки по США, упомянул работы по синтезу алмаза американских ученых, но отметил, что «...советские ученые работали параллельно и шли своим путем, отыскивая собственные методы синтеза алмазов» [Там же, стр. 11].

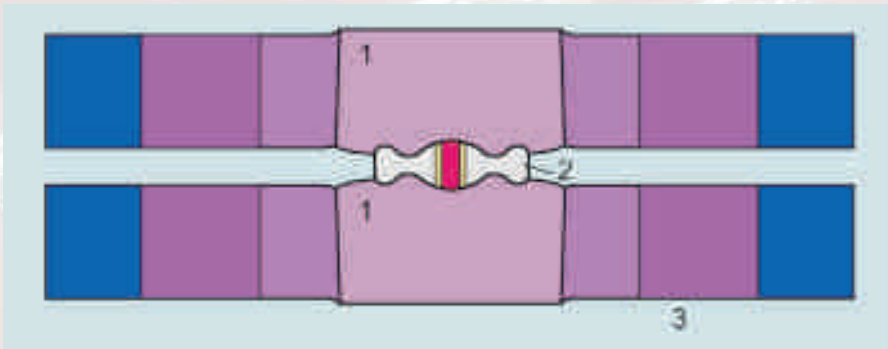
Позже Л.Ф. Верещагиным и его сотрудниками были разработаны модификации камер высокого давления, одна из которых показана на рис. 2. «Ее легче всего представить в виде наковален из твердого сплава со сферическими лунками на рабочих торцах. Лунки достаточно глубоки, в их центре помещается исследуемый образец, окруженный твердой средой для передачи давления. Самым распространенным веществом такого рода является хлористое серебро, дающее достаточную гидростатичность. В остальной части лунки находится запирающая среда – пирофиллит... Камеры такого типа позволяют получать давление до 10,0–20,0 ГПа. Усилие к таким камерам создается гидравлическими прессами» [4, стр. 79–80].

Из первых алмазов были изготовлены гранильные карандаши, два из которых подарили академиком П.Л. Капице и Л.А. Арцимовичу, много сделавшим для организации исследований [5]. В 1960 г. на Всесоюзном совещании научных работников президент Академии наук М.В. Келдыш сообщил о получении в СССР искусственных алмазов.

#### Промышленное производство алмазов

В.Н. Бакуль, возглавлявший в Киеве Центральное конструкторско-технологическое бюро твердосплавного и алмазного инструмента, оценил перспективы открытия и предложил организовать производство алмазов в промышленном масштабе в Киеве [1, 5]. В целесообразности последнего он сумел убедить Л.Ф. Верещагина. Предполагалось также выпустить и алмазный инструмент.





**Рис. 2. Камера Верещагина с тороидом: 1 – пуансоны; 2 – тор-лунка с образцом в центральной части; 3 – поддержки. [4, стр. 80].**

В Институте физики высоких давлений подготовили две установки для синтеза. На грузовиках их доставили в Киев. Там был создан Институт сверхтвердых материалов (ИСМ) АН УССР с целью налаживания промышленного производства алмазов, а также разработки новых технологий алмазных инструментов и проведения научных исследований этого минерала. В октябре 1961 г. была изготовлена пробная партия отечественных искусственных алмазов. Таким образом, первые алмазы были синтезированы в Москве, а их промышленный выпуск начался на Украине.

Автору довелось неоднократно бывать в ИСМ, где проводились совместные научные работы по исследованию алмазов Якутской алмазоносной провинции, а также изучались их механические и оптические свойства по зонам роста неоднородных кристаллов.

В настоящее время ИСМ составляет целый комплекс зданий, образующих улицы и переулки. Одна из улиц носит имя В.Н. Бакуля. На выставке достижений института, расположенной в одном из его помещений, среди множества образцов алмазного инструмента находится неприметный на первый взгляд экспонат, особенно поразивший меня. Это обыкновенный лист стекла, какой любят класть на письменный стол. Особенным его делает сквозное отверстие, просверленное по полтораметровой длине, то есть от одного торца к другому. Диаметр отверстия чуть меньше толщины самого стекла! Незначительное отклонение инструмента, и отверстие вышло бы на боковую поверхность стекла. Экскурсовод с улыбкой поясняет, что высверлить такое отверстие просто: нужно взять алмазное (неприменно алмазное) сверло и еще ... ноу-хау. Суть последнего он по понятным причинам не раскрыл. Вот такие возможности у синтетического алмаза.

При входе в вестибюль выставки посетителей встречает робот с квадратной головой, руками и ногами. Металлическим голосом он вещает: «Разрешите представиться: я – первый в мире робот, превращающий обычный графит в алмаз». Затем он берет миниатюрный контейнер с графитом и кладет его в рот, поясняя: «Я сжимаю камеру своими мощными челюстями с усилием в сто тысяч килограммов и нагреваю смесь электрическим током до 1200°C. В этих условиях графит превращается в алмаз. Внимание! Приступаю к синтезу алмаза. Создаю давление в камере. Тяжелая работа. Сейчас мне в рот пальца не кладите. Еще одно усилие!

Необходимое давление достигнуто. Включаю нагрев. Кристаллизация алмаза началась. Вы можете ее наблюдать по падению стрелки амперметра, вызванному резким повышением сопротивления реакционной смеси при переходе графита в алмаз. Отключаю нагрев. Снимаю давление. Процесс закончен. Получайте алмазы!». Робот разжимает челюсти, вынимает изо рта контейнер и демонстрирует его содержимое: мелкие блестящие кристаллики алмаза в темной массе. Демонстрацию робот заканчивает словами: «Дорогие гости! Вы видели, как это просто. Теперь каждый из вас может делать алмазы у себя дома на кухне».

### Еще раз о диаграмме Лейпунского

Экскурсовод поведал нам, что робот был сконструирован не для развлечения посетителей музея. История его создания сложнее и интереснее. После освоения технологии серийного синтеза алмазов их выпускали в количестве, превышающем потребности промышленных предприятий. Поэтому алмазы начали продавать за границу.

Монополия американских и шведских производителей нарушилась. Это не входило в планы «Дженерал Электрик». Фирма предъявила иск, согласно которому русские конструкторы якобы использовали ее запатентованные изобретения. Советские эксперты выдвинули встречный иск о том, что успех американской фирмы обусловлен использованием диаграммы советского ученого О.И. Лейпунского. Такое заявление имело веские основания. Американцы синтезировали алмаз в условиях, термодинамические параметры которых совпадали с параметрами на его диаграмме. Статья Лейпунского была опубликована в 1939 г., а «Дженерал Электрик» сообщила о получении искусственных алмазов через 14 лет. Овсей Ильич предвосхитил все известные к настоящему времени способы превращения графита в алмаз: 1) прямой переход в условиях термодинамической стабильности алмаза, далеких от состояния его равновесия с графитом; 2) кристаллизация углерода в алмазной фазе в условиях ее термодинамической стабильности вблизи состояния равновесия после предварительного растворения графита в металлическом расплаве; 3) наращивание углерода на алмазной подложке в условиях стабильности графита.

В настоящее время осуществлены все указанные способы синтеза. О.И. Лейпунский не запатентовал вовремя свои разработки (диаграмму), и только в 1971 г. ему был выдан диплом № 101 с формулировкой «Закономерность образования алмазов» с приоритетом от августа 1939 г. [5]. Хотя и с опозданием, справедливость была восстановлена!

По утверждению Р. Ведлейка [7], до появления в печати работы Лейпунского отсутствовала правильная оценка величины необходимого для синтеза алмаза давления. Диаграммы фазового состояния углерода, приве-

денные в более поздних статьях исследователей, только уточняли его данные. К сожалению, в зарубежных публикациях ссылаются только на последние. Э. Лундблад, выступивший на международной конференции по проблемам искусственного алмаза в Киеве, обошел вниманием О.И. Лейпунского. Он сослался на данные Банди и Диккенса, опубликованные тридцатью годами позже [8]. Работа Лейпунского не была упомянута и в докладе Ф.П. Банди при вручении ему премии П. Бриджмена [9].

Международный суд, куда апеллировали обе стороны, оказался в затруднении. Требовался эксперт, независимый от каждой из заинтересованных сторон. С предложением дать оценку обоснованности претензий обоих исков обратились к Эрику Лундбладу. Он был гражданином Швеции и наиболее квалифицированным специалистом в этой области. В своем заключении Лундблад [1] утверждал, что создатели алмаза «Дженерал Электрик» использовали данные Лейпунского, что подтверждает сравнение основных параметров условий синтеза в их эксперименте с указанными в его статье. Лундблад даже отметил, что русский ученый рассчитал весь процесс. Поэтому патент «Дженерал Электрик» выдан ошибочно и не имеет законной силы. Он также признался, что и сам использовал диаграмму Лейпунского.

Трудно сказать, какие чувства руководили Лундбладом. Являлось ли его заключение объективным или это была маленькая месть фирме, опередившей его в утверждении приоритета получения искусственного алмаза. Это уже не имело значения. Важно, что суд удовлетворился его доводами.

Для принятия окончательного решения суд выразил желание посмотреть в действии работу русской установки по синтезу. Теперь в затруднении оказались наши конструкторы. Наибольший секрет представляли данные по геометрическим параметрам камеры высокого давления. Ее демонстрация раскрыла бы секрет устройства. И тогда нашли оригинальное решение: изготовили робот, который мог показать возможности аппарата, но не выявить особенности его конструкции. В результате фирма «Дженерал Электрик» отказалась от претензий, а Советский Союз отозвал иск.

Задолго до осуществления синтеза алмаза академик А.Е. Ферсман писал: «Блестящее будущее рисуется нам для алмаза, если человек сумеет овладеть тайной его получения. ... В руках человека окажутся новые, еще им почти не изведенные орудия работы» [10]. Его предсказания сбываются. В некоторых отраслях промышленности синтетическим алмазам отдается предпочтение, так как в искусственных условиях возможно получить кристаллы с заданными геометрическими параметрами и физико-химическими свойствами.

### Литература

1. Рич В.И., Черненко М.Б. Неоконченная история искусственных алмазов. – М.: Наука, 1976. – 137 с.
2. Шафрановский И.И. Алмазы. – М.–Л.: Наука, 1964. – 174 с.
3. Создатели непобедимого камня // Журн. «Огонек». – 1962. – № 44. – С. 4.
4. Ицкевич Е.С. Физика высоких давлений // Соросовский образовательный журнал. – № 9. – 1997. – Стр. 78–85.
5. Прокопчук Б.И., Ваганов В.И. От алмаза до бриллианта. – М.: Недра, 1986. – 128 с.
6. Мишкевич Г.И. Рабочая грань алмаза. – Л.: Лениздат, 1982. – 175 с.
7. Wedlake R.J. Technology of diamond growth // The properties of diamond. Ed. J.E. Field. – London etc.: Acad. Press, 1979. – P. 501–535.
8. Лундблад Е.Г. Синтез алмаза // Синтетические алмазы в промышленности. – Киев: Наукова думка, 1974. – С. 11–15.
9. Банди Ф.П. Синтез алмазов и исследования в области высоких давлений // Сверхтвердые материалы. – 1988. – № 3(54). – С. 3–9.
10. Ферсман А.Е. Самоцветы России. – Л.: Наука, 1920.

## НОВЫЕ КНИГИ



**Аргунов К.П. Результаты изучения алмазоносности территории главных алмазодобывающих стран мира.** – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. – 176 с.

Рассмотрены некоторые вопросы изученности алмазоносности территории Якутской алмазонасной провинции и типизации кимберлитовых трубок по морфологическим особенностям алмазов. Проведен косвенный метод определения эрозионного среза кимберлитовых трубок по редким находкам «именных» алмазов. На основе изучения алмазов предложены этапы формирования россыпных проявлений Мало-Ботуобинского района. Приведен обзор перспективной оценки территории Красноярского края на алмазы.

Обобщены морфологические особенности алмазов из месторождений Южной Африки, Америки, Индии. Морфологические особенности алмазов приведены по промышленной классификации Sity.