

из истории физики

## Загадки синтеза алмаза в Институте физики высоких давлений АН СССР

С.М. Стишов

*На основе архивных материалов описывается история синтеза алмаза в Институте физики высоких давлений АН СССР (ИФВД). Многие детали этой истории не ясны до сих пор. В частности, неизвестно, кто был тот сотрудник ИФВД, увидевший в своём аппарате первый синтетический алмаз в СССР. Не вполне также ясно, почему группа высоких давлений в Институте кристаллографии АН СССР, чрезвычайно близкая к успеху, была безжалостно уничтожена. Описанная история даёт определённое представление об организации науки в СССР, часто идеализируемой в настоящее время.*

**Ключевые слова:** алмаз, боразон, белт, наковални

PACS number: 01.65.+g

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2019.03.038545>

Существует большое количество отчётов и воспоминаний о синтезе алмазов в лабораториях фирм ASEA (Swedish General Electric Company) (Швеция) и General Electric (США). Ничего подобного не существует в отношении соответствующих работ в СССР. Ясно, что эти работы проводились под грифом "секретно", но с тех пор прошло много времени, само государство СССР уже не существует. К сожалению, никто из участников не взял на себя труда написания воспоминаний. А сейчас они уже не с нами. Тем не менее, используя сохранившиеся архивные материалы, можно частично восстановить ход событий, приведших в итоге к трудно объяснимому успеху в Институте физики высоких давлений (ИФВД) АН СССР.

Попытки получения искусственного алмаза имеют длительную историю. Согласно преданиям всё началось с опыта флорентийских академиков, испаривших алмаз с помощью сфокусированного солнечного луча. Впоследствии французский учёный Антуан Лоран Лавуазье (1743–1794 гг.) поступил более осмотрительно: он проделал этот же опыт с алмазом, находящимся в запаянном сосуде, и убедился, что в результате сгорания алмаза образуется углекислый газ. Таким образом, стало ясно, что алмаз состоит из чистого угля (углерода).

По-видимому, с тех пор человечество стало мечтать о превращении каминной или печной сажи в россыпь бриллиантов. Невозможно описать все попытки, сделанные в этом направлении. Упомянуть только две из них, вызвавшие в своё время определённый интерес. Первая — это опыты английского химика Дж. Хеннея, который нагревал различные органические вещества в металлических трубах, заваренных кузнецким способом. Хенней

получил прозрачные кристаллы, переданные затем на хранение в Британский музей.

Мало кто верил, что кристаллы Хеннея представляют собой алмазы. Тем не менее многими годами позднее английский кристаллограф Кэтрин Лонсдейл исследовала эти кристаллы с помощью рентгеновского анализа, и, к общему удивлению, кристаллы действительно оказались алмазами. Причина удивления заключалась в том, что метод Хеннея, как мы теперь знаем, не мог обеспечить необходимых условий для получения алмазов, таким образом, появление алмазов в опытах Хеннея представляет собой загадку. Возможно, Хенней использовал алмазные кристаллы в качестве затравки и в силу тех или иных причин принял их за продукт своих исследований или кто-то просто подкинул их в шихту, чтобы прекратить изнурительные эксперименты. Подобная ситуация возникла много позднее в опытах лаборатории General Electric (GE) (см. далее). Приблизительно в это же самое время французский химик А. Муассан (H. Moissan) кристаллизовал углерод из расплавленного железа и получил твёрдые кристаллы, которые оказались карбидом кремния (очевидно, что железо содержало достаточное количество растворённого кремния).

Так или иначе, никто не преуспел в деле синтеза искусственных алмазов до наступления военных лет XX столетия. Однако в военные и послевоенные годы по крайней мере три страны: США, СССР и Швеция, лишенные в то время природных алмазов, заботились проблемой их искусственного получения. Как отмечал в воспоминаниях Трейси Холл [1], один из главных фигурантов успешного синтеза алмазов в фирме General Electric, задача синтеза алмаза была поставлена директором исследовательской лаборатории фирмы Chauncey Guy Suits в 1951 г. Мотивация такого решения была вполне очевидна. Фирма производила в больших количествах электрические лампочки, главной частью которых являлись вольфрамовые спирали. Необходимые вольфрамовые нити вытягивались с помощью дорогих алмазных

С.М. Стишов. Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН,  
Калужское шоссе 14, 108840 Троицк, Москва, Российская Федерация  
E-mail: sergei@hppi.troitsk.ru

Статья поступила 1 марта 2019 г.

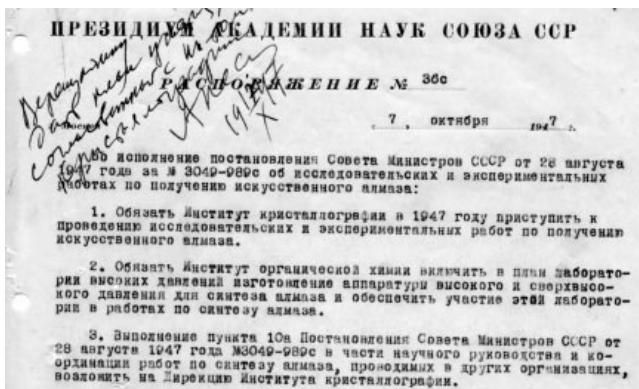


Рис. 1. Распоряжение Президиума АН СССР от 7 октября 1947 г. о начале работ по синтезу алмаза.

фильер, алмазы для которых покупались в Южной Африке или Бразилии. Шведская компания ASEA смогла начать исследования, направленные на синтез алмаза, уже в 1942 г. [2]. Любопытно, что если в США или в Швеции задача синтеза алмаза ставилась на уровне отдельной, хотя и крупной, компании, то в СССР эта задача приобрела общегосударственное значение благодаря постановлению Совета Министров СССР от 28 августа 1947 г. об исследовательских и экспериментальных работах по получению искусственного алмаза (рис. 1).

В соответствии с постановлением Совета Министров Президиум АН СССР решением от 7 октября 1947 г. обязал:

1) Институт кристаллографии АН СССР (ИКАН) приступить к проведению "исследовательских и экспериментальных работ по получению искусственного алмаза";

2) Институт органической химии АН СССР (ИОХ) включить в план лаборатории высоких давлений изготовление аппаратуры высокого и сверхвысокого давления для синтеза алмаза.

Одновременно Президиум АН СССР возложил на ИКАН обязанности по научному руководству и общей координации работ по синтезу алмаза.

Почти мгновенно А.Н. Несмиянов, бывший тогда директором ИОХ, в письме от 22 октября 1947 г. на имя президента АН СССР С.И. Вавилова сообщил, что кандидат физико-математических наук Л.Ф. Верещагин будет руководить соответствующими исследованиями при давлениях до 30000 атм и температуре 2000 К (рис. 2).

Интересно, что к тому времени были опубликованы статьи Ф. Россини, Р. Джессупа [3] и О.И. Лейпунского [4], из которых было ясно, что для синтеза алмаза потребуются более высокие давления. Однако в то время никто в мире, включая патриарха высоких давлений Нобелевского лауреата Перси Бриджмена (Гарвардский университет), не владел техникой получения необходимой комбинации давления и температуры (60000 бар и 2000 К). С тех пор, т.е. начиная с 22.10.1947, никаких известий, связанных с разработкой аппаратуры для синтеза алмаза, из лаборатории Л.Ф. Верещагина, по-видимому, не поступало. Похоже, ничего существенного не происходило и в Институте кристаллографии.

И вдруг в июле 1955 г. в журнале *Nature* появилась статья "Man-made diamond" ("Рукотворный алмаз") (рис. 3), в которой от имени исследовательской группы лаборатории фирмы General Electric (рис. 4) сообщалось

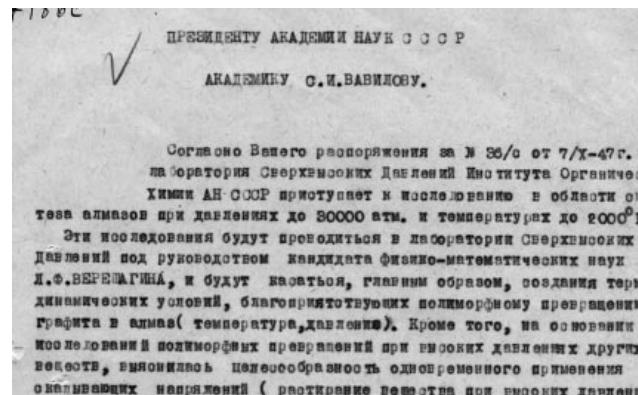


Рис. 2. Письмо С.И. Вавилову от А.Н. Несмиянова о готовности Л.Ф. Верещагина начать исследования в области синтеза алмаза.

No. 4471 July 9, 1955 NATURE 51

### MAN-MADE DIAMONDS

By Drs. F. P. BUNDY, H. T. HALL, H. M. STRONG and R. H. WENTORF, jun.  
Research Laboratory, General Electric Company, Schenectady, New York

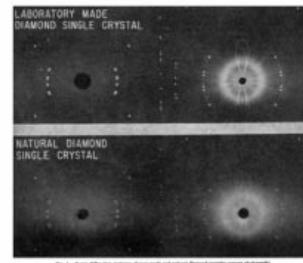


Рис. 3. Первая статья о синтезе алмаза в лаборатории фирмы General Electric.

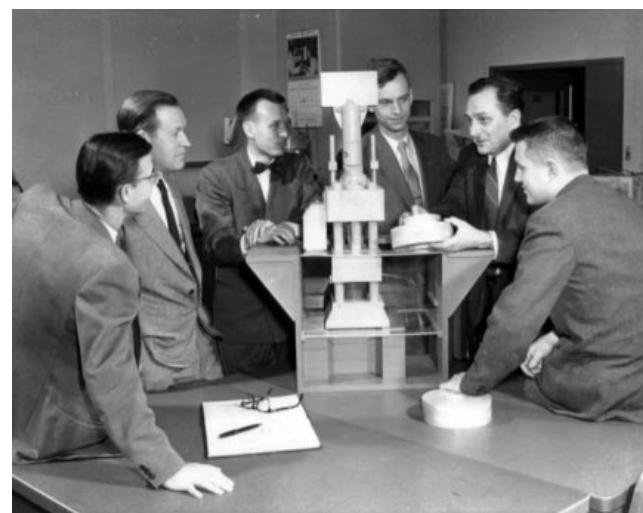


Рис. 4. Исследователи лаборатории General Electric, впервые осуществившие синтез алмаза (слева направо): Френсис Банди, Герберт Стронг, Трейси Холл, Роберт Венторф (руководитель группы), Джеймс Чейни (техник). Поучительно, что руководитель работ Энтони Нерад (Anthony Nerad) ни разу не включил своё имя в число авторов алмазного синтеза.

о первом в мире синтезе алмаза [5] (информация для прессы появилась ещё в феврале 1955 г., но не получила

NATURE July 9, 1955

to the pressure. The main factor which limits the maximum pressure one can be reached within vessels is the strength of materials. The strongest steels as the most favourable material for vessels which for example have ultimate tensile strengths of the order of 14,000–21,000 kg/cm<sup>2</sup>. Stressed conditions, such as bending, have considerably less strength of the order of 20,000 kg/cm<sup>2</sup> or more. The pressure required for reasonably rapid synthesis of diamond was found by us to be about 10 times the compressive strength of Vardal steel in the range 50,000–100,000 kg/cm<sup>2</sup>.

Shock waves along the walls thicker on a pressure vessel contributes very little to its pressure-holding ability after a certain wall thickness is reached. By using multiple impact bands on the cylinder part (a technique used years ago in making large gun barrels), and special sealing gasket devices between



Fig. 5. Man-made diamonds. (a) 2-mm diamond shown with photograph needle. (b) 8 mm diam. included.

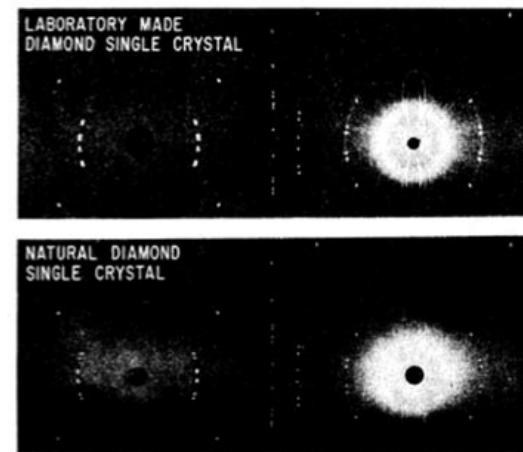


Fig. 6. X-ray diffraction patterns of man-made and natural diamond (powder camera photograph).

**Рис. 5.** Сообщение об ошибке при первых попытках синтеза алмаза в лаборатории General Electric, в которых затравочный природный осколок алмаза был принят за искусственно выращенный алмаз.

тогда широкой известности). Однако детальные сведения об условиях синтеза и аппаратуре высокого давления не были раскрыты. Значительно позднее выяснилось, что один из якобы синтетических алмазов, представленных на фотографии в работе [5], оказался природным алмазом, использовавшимся в качестве затравки [6] (рис. 5).

Статья [5] почти мгновенно была переведена на русский язык и появилась в декабрьском выпуске журнала *Успехи физических наук* [7]. В том же 1955 г. была опубликована статья в малодоступном журнале фирмы ASEA, сообщавшая об успешном синтезе алмаза в лаборатории фирмы ещё в 1953 г. в результате более чем 10-летних усилий [8] (рис. 6).

Очевидно, что эта информация стала известна и в отделе науки ЦК КПСС, и в Совете Министров, поэтому естественно, там поинтересовались, как выполняется постановление от 28 августа 1947 г. Судя по имеющимся материалам, куратором алмазной проблемы в АН СССР являлся "серый кардинал" Академии, в то время главный учёный секретарь АН СССР А.В. Топчиев, бывший в своё время организатором так и не состоявшейся конференции по разгрому советской физики. По-видимому, его и вызвали на ковёр, а он уже в свою очередь вызывал подотчётных ему лиц из Института кристаллографии и из уже отдельной Лаборатории высоких давлений АН СССР.

В целом, ситуация представляется следующим образом. Никакой аппаратуры, пригодной для синтеза алмаза, Институт кристаллографии от Лаборатории высоких давлений не получил. Более того, как можно судить исходя из списка публикаций Л.Ф. Верещагина [9], со-

## SCIENTIFIC CORRESPONDENCE

## Errors in diamond synthesis

Sir.—In 1955, some of us announced the first reproducible synthesis of diamond<sup>1</sup>, details of which were subsequently published<sup>2</sup>. These results marked the beginning of the present synthetic-diamond industry. But, before this, we had been discussing as to whether the first diamond grown by our technique (which we will call the run 151 diamond) was really synthetic or not, whether it was indeed just a fragment of a diamond seed that got into the experiment inadvertently. We have now analysed the run 151 diamond using modern spectroscopic techniques and have found that it is indeed a small piece of a natural type Ia diamond.

How the natural diamond got into the run 151 experiment is not clear, though it came right only a week later when the iron pellet from the run was being polished for metallurgical examination. After we found this diamond and took it to the synthesis Hall, we used a synthetic system of iron-sulfur-phosphide in its "bell" apparatus, which used a carbide piston and cylinder to achieve high

pressures<sup>3</sup>. This led to further successful runs and ultimately to the development of the process for synthesizing diamonds at high pressures and temperatures from group IV elements and group V metals and alloys, which we described fully in 1959<sup>4</sup> (after a US Department of Defense secrecy order had been lifted). Our mistake was therefore clearly a natural one, and we believe that it was the impetus to experiment with that system at higher pressures, leading quickly to the "right" and "reproducible" results.

H. P. Battenker

R. M. Chrenko

P. J. Coddella

H. M. Strong

H. W. Warren Jr

GE Corporate Research and Development, Schenectady, New York 12301, USA

2. Bundy, F. P., Hall, H. T., Strong, H. M. & Warren, R. H. Jr. *Nature* **176**, 53–54 (1955).

3. Battenker, H. P. & Battenker, H. P. *J. Mater. Res.* **1**, 109–116 (1989).

4. Strong, H. M. An *J. Phys. ST*, 1954–1957 (1959).

5. Chrenko, R. M. & Strong, H. M. In *The Properties of Diamond and Related Materials*, p. 1 (Academic, 1963).

6. Chrenko, R. M., Hall, H. T. & Strong, H. M. *Nature* **210**, 145–146 (1967).

7. Hall, H. T. *Proc. Roy. Soc. B*, 125–131 (1960).

## Galaxies and magnetic fields

Sir.—The observed flat rotation curves of spiral galaxies constitute one of the most important facts supporting the presence of large amounts of so-called dark matter in the Universe. However, if the galactic gas could be held in equilibrium by forces other than gravity, then the important argument of excess galactic mass would be weakened. Battaner et al.<sup>1</sup> suggest that stresses from an azimuthal magnetic field at the periphery of a galactic disk can provide the confinement stress needed. Here we reconsider the question of magnetic-field and gas equilibrium, and point out that the simple success of the one-dimensional Battaner et al.<sup>1</sup> model depends on their complete treatment of the three-dimensional equilibrium.

The run 151 diamond appeared in an experiment using a Vardal steel crucible and steel. According to the Bridgman resistance scale, the pressure in this run was about 53 kbar, within the diamond stability field. But later calculations revealed that the true pressure could not have been much above 42 kbar, which is insufficient to stabilize diamond.

To investigate the true nature of the run 151 diamond, we recently remelted it from the GE anchor, obtained with water, and rinsed it with water. An infrared spectrum was measured using an IR PLAN microscope attached to a Nicolet 740 FTIR spectrometer. The portion of

NATURE · VOL 265 · 2 SEPTEMBER 1993

pressure and  $M_0$  the Maxwell stress tensor.

Following Battaner et al.<sup>1</sup>, consider an isolated system with  $S = 0$ . The terms  $T$ ,  $\mathbf{r}_i$  and  $M$  in equation (1) are positive definite; only the last term on the left of the equation, the pressure integral, is negative.

Repeating the analysis of the virial theorem in the overall dynamical balance of a physical system, magnetic field is an expansive stress. Equation (1) shows explicitly that the only confining stress for large, isolated, astrophysical systems is gravity.

Applying equation (1) to the specific situation advanced by Battaner et al.<sup>1</sup>, we find that for a system in which the magnetic field stresses can be neglected ( $M = 0$ ). Focusing only on the super-keplerian gas — treating it as a isolated system immersed in empty space — it is clear that the magnetic equilibrium requires a mechanical balance between the expansive tendency of the gas motions and the confining influence of gravity acting on that gas. The need for dark matter is already encapsulated in this analysis.

Now, with everything else unchanged, assume that the gas is magnetized. According to Battaner et al.<sup>1</sup>, assuming a uniform field, the magnetic equilibrium stresses should take up some of the expansive tendency of the gas motion, so that the strength of gravity needed diminishes. But, from the more general virial relation

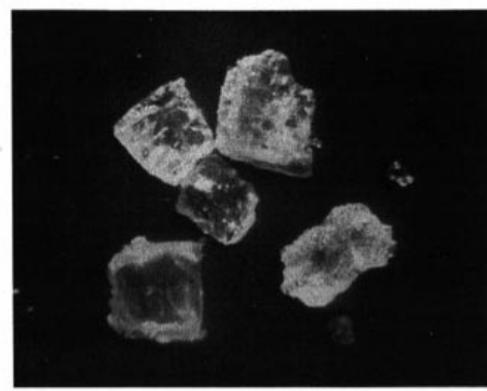
1955

ASEA JOURNAL

## Artificial Diamonds

H. Liander, Manager Design Dept.

ASEA, Reg. 1383  
S-662-255



A considerably magnified photograph of the first artificial diamonds produced by ASEA on the 15th February, 1953.

**Рис. 6.** Запоздалое сообщение о синтезе алмаза в лаборатории фирмы ASEA (Швеция), произошедшем в 1953 г.

ответствующие работы в Лаборатории практически не проводились. В сложившихся обстоятельствах в ИКАН стали самостоятельно проводить работы по созданию аппаратуры высокого давления, в чём значительно и преуспели. Действительно, в ИКАН был построен двухцилиндровый гидравлический пресс с мощностью цилиндров 600 и 800 т, способный реализовывать механическую поддержку камеры высокого давления [10]. Одно-

время было создана камера типа цилиндр–поршень, на которой удалось получить давление около 60 кбар, достаточное для синтеза алмаза [10, 11]. Судя по публикациям, всё это происходило в течение 1955–1959 гг. Казалось бы, победа близка. Однако в 1958 г. история решила по-другому.

1958 год можно назвать годом "великого перелома". В марте 1958 г. Кэтрин Лондейл с сотрудникой обнаружили никель в искусственных алмазах, произведённых в GE [12]. Стало ясно, что никель при синтезе алмаза служит растворителем-катализатором. Заметим, что ещё Лейпунский указывал на важность использования переходных металлов (железа) при преобразовании графита в алмаз [4]. Однако, по-видимому, никто об этом не помнил или не знал. Действительно, Трейси Холл использовал троилит (сульфид железа, FeS) как катализатор в первых успешных опытах по синтезу алмаза, основываясь на ассоциации троилита и алмаза в метеорите из Аризонского кратера [13].

В апреле 1958 г. Холл, к тому времени уже покинувший лабораторию GE, опубликовал описание нескольких устройств для получения высоких давлений, включая модифицированные наковальни Бриджмена и так называемую тетраэдрическую установку, способную генерировать давление 100000 атм и температуру 3000 °C [14] (рис. 7).

В той же статье [14] Холл описал способ создания высоких температур в камерах с твёрдой средой, передающей давление с помощью короткозамкнутых нагревателей. Последняя информация явилась весьма существенной, поскольку, например, в шведских опытах синтеза алмаза высокая температура создавалась посредством термитных смесей.

В июле 1958 г. Л.Ф. Верещагин уже в ранге директора Института физики высоких давлений АН СССР принял участие в Гордоновской конференции по высоким давле-

ниям в США, где Трейси Холл выступил с докладом "High-Pressure, High-Temperature development" ("Развитие высоких давлений и высоких температур"). По-видимому, именно в результате этой поездки Л.Ф. Верещагин заключил, что игра стоит свеч и следует принять активное участие в решении алмазной проблемы.

Неизвестно, что происходило в августе и сентябре 1958 г., но 3 октября 1958 г. появилось постановление Президиума АН СССР о неудовлетворительном состоянии работ по синтезу алмаза и передаче функций ведущей организации по проблеме алмаза и борazonа Институту физики высоких давлений (рис. 8). Здесь надо пояснить, что в 1957 г. Р.Г. Венторф объявил о синтезе при высоких давлениях кубической сверхтвёрдой формы нитрида бора (BN), получившей название "боразон", однако детали синтеза не раскрывались [15].

Не вполне ясно, почему академик А.В. Шубников, директор Института кристаллографии, так легко сдался. Вероятно, он разуверился в возможности решить проблему с помощью своих сотрудников. Степень фрустрации А.В. Шубникова хорошо иллюстрируется его письмом от 6.05.1959 г., направленным Е.Г. Понятовскому — ключевому игроку алмазного "бизнеса" в ИКАН. В письме предлагается Понятовскому подумать о дальнейшей работе в ИКАН в связи с ликвидацией работ по синтезу алмаза и борazonа в не согласованном с Л.Ф. Верещагиным направлении (рис. 9). Таким образом, задача устранения конкурентов была решена, по-видимому, не без помощи А.В. Топчиева. Тем не менее неясно, почему руководство АН СССР не захотело иметь параллельную, конкурирующую с Л.Ф. Верещагиным группу, как это часто делалось при решении важных задач и как впоследствии поступил сам Л.Ф. Верещагин, создав несколько конкурирующих групп в рамках одного института.

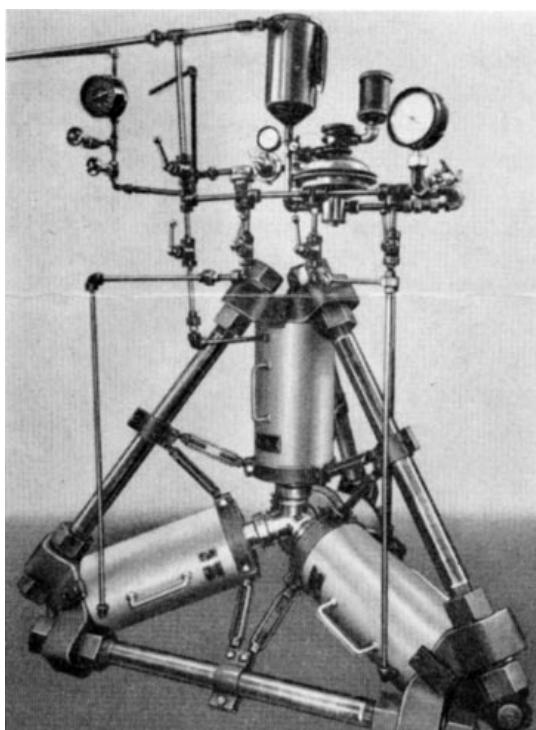


Рис. 7. Тетраэдрическая установка Холла.

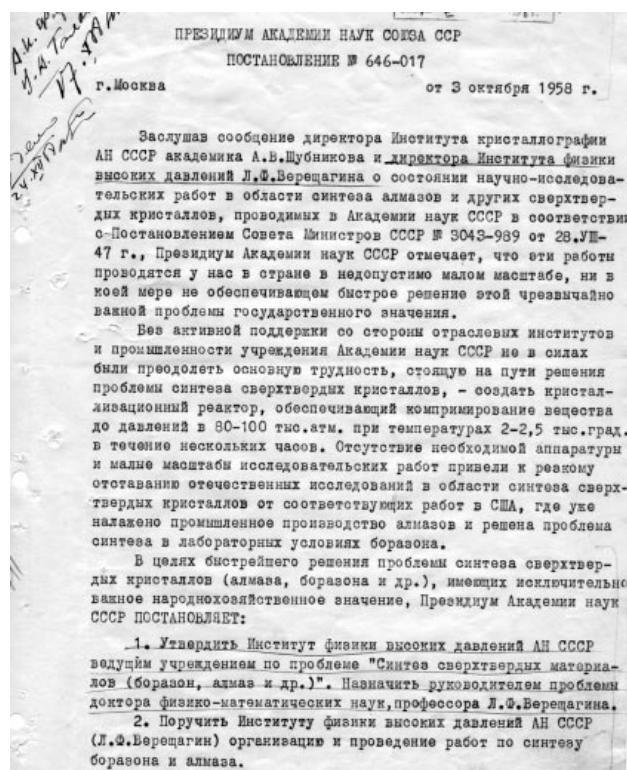


Рис. 8. Постановление Президиума АН СССР от 3 октября 1958 г.

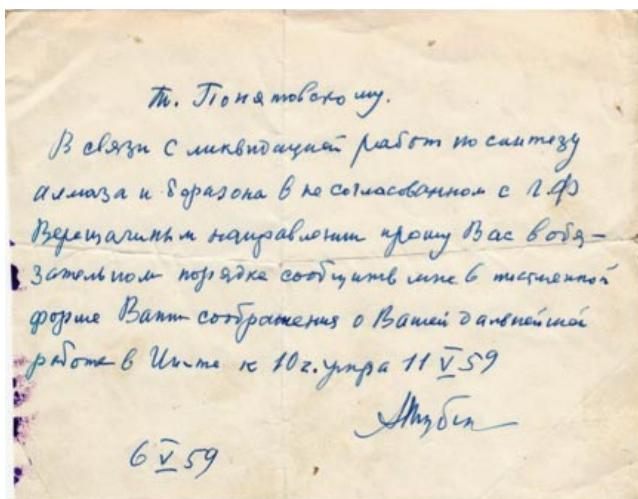


Рис. 9. Письмо А.В. Шубникова директору Института кристаллографии Е.Г. Понятовскому, одному из активных членов алмазной группы, фактически с требованием прекратить работу в "несогласованном с Верещагиным" направлении.

Для решения проблемы Л.Ф. Верещагин организовал несколько параллельно работающих групп, общение между которыми категорически запрещалось (естественно, всё происходило под грифом "секретно"). Полной информацией владел только Л.Ф. Верещагин. Каждая из групп создавала свой аппарат высокого давления, так или иначе копируя американские образцы. В результате был построен аппарат типа цилиндр – поршень с квазигидростатической поддержкой поршня, впервые предложенной Ф. Бойдом из Геофизической лаборатории в Вашингтоне [16], воспроизведён тетраэдрический аппарат Холла [17] и, наконец, изготовлена упрощённая копия аппарата Belt [18]. Одновременно делались, по-видимому, безрезультативные попытки синтеза алмаза. Тем не менее Л.Ф. Верещагин постоянно посыпал письма о прогрессе в синтезе боразона непосредственно в адрес А.В. Топчиева, минуя Л.А. Арцимовича, в то время академика-секретаря (см. ниже). Здесь интересно нечто другое.

В частности, в письме вице-президенту АН СССР А.В. Топчиеву от 19 марта 1959 г. утверждалось (рис. 10): "Получен BN уд. вес.  $> 3 \text{ г см}^{-3}$ , кубич. структура".

И тут же, как по заказу (а может быть, именно по заказу), появляется распоряжение Совета министров от 20 марта 1959 г., подтверждённое Постановлением Президиума АН СССР, в итоге обязывающее ИФВД получить кристаллы боразона в 1959 г. и искусственные кристаллы алмаза в 1960–1961 гг. (рис. 11).

В проекте письма из ИФВД в ЦК КПСС от 25 марта 1959 г. сообщалось, что BN-рентгенограмма вращения указывает на более сложный характер кристаллической решётки по сравнению с американскими данными.

Приведём выдержки из последующих писем из ИФВД в вышеупомянутые инстанции.

"20 октября 1959 г.

BN уд. вес.  $> 3 \text{ г см}^{-3}$ , загрязнён Ni".

"3 ноября 1959 г.

BN, параметр решётки больше, чем у американских образцов, уд. вес.  $> 3 \text{ г см}^{-3}$ , загрязнён Ni. В последних опытах:  $a = 4,3 \text{ \AA}$  ( $3,615 \text{ \AA}$  у Венторфа)".

"6 января 1960 г.

Синтезирован кубический BN, загрязнён Ni".

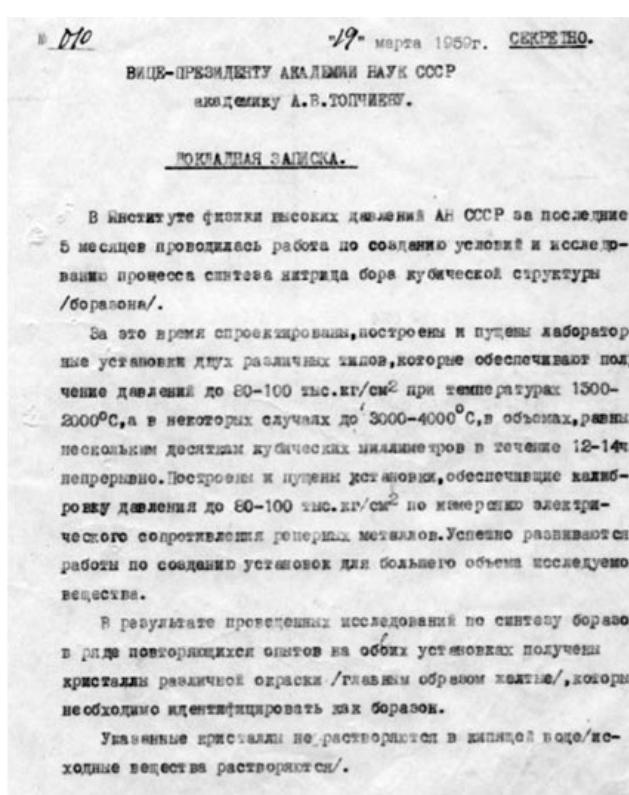


Рис. 10. Докладная записка Верещагина Топчиеву от 19 марта 1959 г. с сообщением о якобы полученном боразоне.

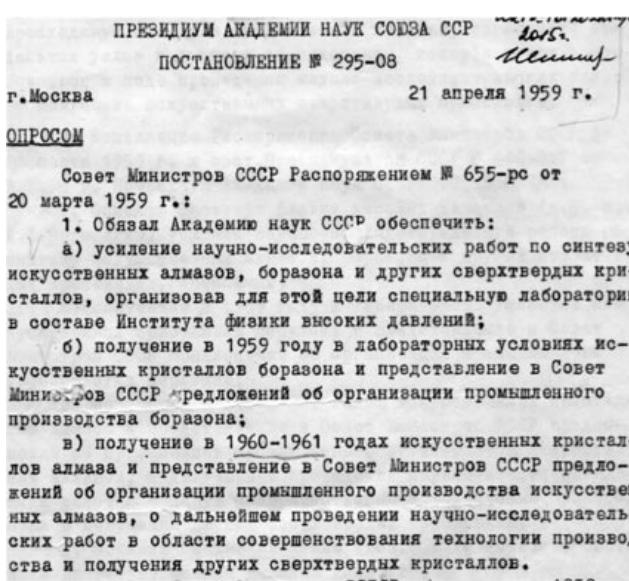


Рис. 11. Постановление Президиума АН СССР от 21 апреля 1959 г., обязывающее ИФВД получить кристаллы боразона в 1959 г., а в 1960–1961 гг. — искусственные кристаллы алмаза.

В отчёте 1960 г. (фактически написанном позднее) приводится уже значение  $a = 3,61 \pm 0,02 \text{ \AA}$  без каких-либо комментариев.

Странные и анекдотические утверждения содержатся в этих письмах. Параметр элементарной ячейки полученного материала много больше, чем у боразона, кроме того, материал содержит никель. Забавно то, что получен никельсодержащий материал с параметром элементар-

ной ячейки, намного большим, чем у боразона, тем не менее утверждается, что получен боразон. И все эти сообщения принимали А.В. Топчиев — вице-президент АН ССР, который являлся химиком, и заведующий отделом науки ЦК КПСС В.А. Кириллин, энергетик, бывший тогда членом-корреспондентом АН ССР.

Ситуация на самом деле была весьма проста. Поскольку детали синтеза боразона в первой статье Венторфа не были раскрыты [15], то кто-то решил, что если никель как катализатор работает в случае синтеза алмаза, то почему бы не использовать никель и для синтеза боразона. По-видимому, настоящий боразон был получен в ИФВД не ранее марта 1961 г., после того как Венторф опубликовал технологию синтеза, включающую использование щелочных и щелочноземельных металлов как катализаторов [19]. Однако, судя по информации, размещенной на сайте Киевского института сверхтвёрдых материалов, с боразоном справились только к 1964 г.

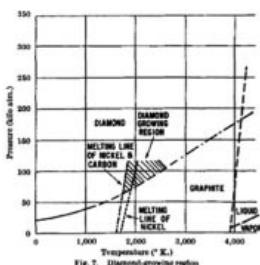
Примечательно, что Л.Ф. Верещагин располагал некоторым количеством настоящего "американского" боразона, хотя этот материал не был, мягко говоря, легко доступным. Может быть, именно это обстоятельство придавало участникам предприятия уверенности в счастливом исходе. Вся эта история с якобы боразоном сыграла роль дымовой завесы и позволила выиграть необходимое время. В октябре 1959 г. в *Nature* появилась подписанная всё той же командой лаборатории General Electric статья под многообещающим названием "Приготовление алмаза" ("Preparation of Diamond"), в которой достаточно детально описывались условия синтеза алмаза [20] (рис. 12, 13).

Это, безусловно, сыграло свою роль, и уже 25 марта 1960 г. Л.Ф. Верещагин доложил на Президиуме АН ССР результаты успешных экспериментов по синтезу боразона, хотя и "загрязнённого никелем", и алмаза. В постановлении Президиума так и написано: "кристаллы..., загрязнённые никелем!". Удивительное в этом постановлении состоит в том, что алмаз, явившийся "чашей Грааля" всего предприятия, упоминается как-то скромноворкой и лишь на втором месте после чудо-вищной неправды относительно боразона (рис. 14)!

И всё-таки в 1960 г. в ИФВД был получен алмаз. Однако, кто и когда это сделал первым, неизвестно до

#### PREPARATION OF DIAMOND

By Drs. H. P. BOVENKERK, F. P. BUNDY, H. T. HALL\*, H. M. STRONG  
and R. H. WENTORF, jun.  
Chemistry Research Department, General Electric Research Laboratory,  
Schenectady, New York



(3) The catalyst metal can be chromium, manganese, iron, cobalt, nickel, ruthenium, rhodium, osmium, palladium, osmium, iridium or platinum. Tantalum is particularly effective for inducing the growth of small diamond crystals, although in some circumstances it may not be as catalytically active as the other metallic catalysts.  
(4) New diamond can form whether diamond seed crystals are present or not.

Рис. 12. Описание условий синтеза алмаза, опубликованное в 1959 г., сотрудниками General Electric.

сих пор (судя по тогда закрытому отчёту, подготовленному в 1960 г., возможно, первый успешный синтез алмаза был осуществлён 17.03.1960 г. (рис. 15)).

Всё это издержки или преимущества запрета на общение сотрудников-участников алмазной гонки между собой? Всё знал только Л.Ф. Верещагин. Предположительно известно, что успешный синтез алмаза был совершен не с помощью каких-то монстрообразных аппаратов, а в скромном устройстве, являвшемся модификацией наковален Бриджмена. Это устройство, ввиду формы его рабочего объёма получившее название "чечевичица", и легко в основу промышленного производства алмазов в ССР (рис. 16). Однако, в отличие от описаний

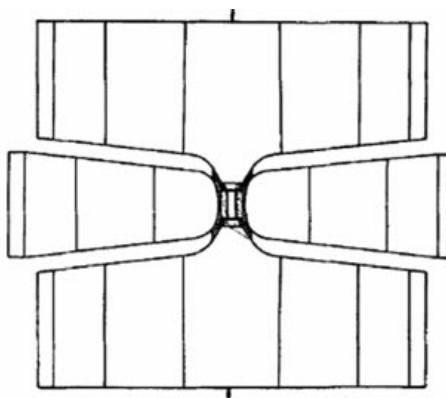


Рис. 13. Схематический вид аппарата высокого давления Belt, использованного в General Electric для синтеза алмаза. Аппарат состоит из двух конических поршней и фасонной матрицы, изготовленных из твёрдого сплава и поддержанных стальными кольцами.

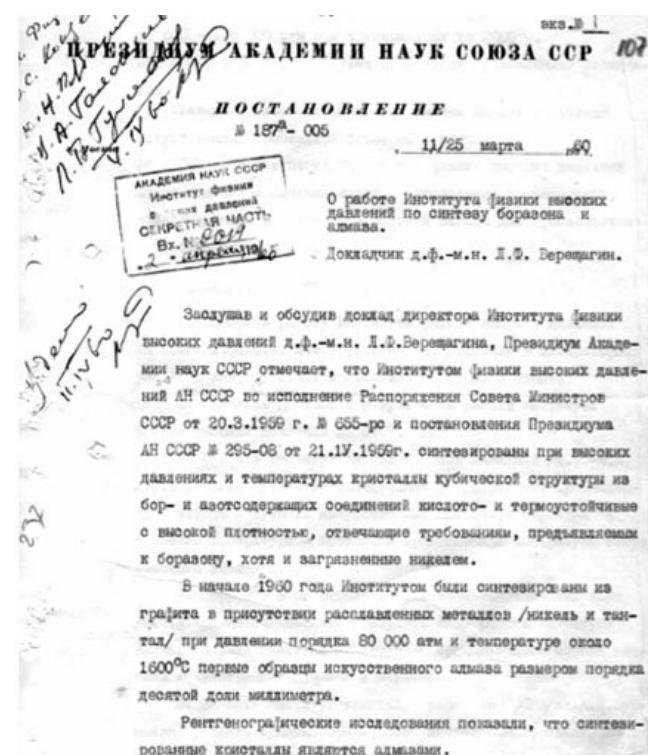


Рис. 14. Постановление Президиума АН ССР от 25 марта 1960 г., возвещавшее об успешном синтезе "боразона", загрязнённого никелем, и алмаза.

I.	17.08.60	A163	210	24	4	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}$	Выделено несколько десятков прозрачных кристаллических кристаллов размером до 0,1 м.
2.	22.08.60	A169	210	41	4	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}$	Выделено несколько сотен кристаллов размером до 0,1 м. Крупный кристалл 500 мкм по длине.
3.	22.08.60	A170	210	44	4	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}$	Несколько десятков кристаллов кристаллов алмаза и много
4.	05.09.60	A189	210	48	4	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}$	Кристаллы алмаза и много
5.	14.09.60	A200	210	32	- 4	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}$	Кристаллы алмаза и много
6.	18.09.60	A203	210	17	4	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}$	Кристаллы алмаза и много
7.	20.09.60	A204	210	40	4	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}$	Кристаллы алмаза и много
8.	23.09.60	A208	210	54	6	$(N_{\text{I}}, T_{\text{a}})$	Крупные кристаллы, а также зародыши кристаллов алмаза. Кристаллы алмаза превышают 1 см.
9.	25.09.60	A212	210	6	12	$(N_{\text{I}}, T_{\text{a}}, f_{\text{a}})$	Несколько кристаллов в группах, величина группы до 0,2 см.
10.	04.06.60	A220	210	76	7	$T_{\text{a}}$	Количество кристаллов алмаза невелико.
II.	06.06.60	A222	210	18	2	$N_{\text{I}}, T_{\text{a}}, f_{\text{a}}$	Количество кристаллов алмаза невелико.
III.	06.06.60	A224	210	53	4	$T_{\text{a}}, f_{\text{a}}$	Количество кристаллов алмаза невелико.

Рис. 15. Выписка из итогового отчёта ИФВД по алмазной проблеме.

американских образцов, приведённых в работах [16–18], описание камеры "чечевица", ставшей известной всем и всюду, никогда не было официально опубликовано, а её действительные авторы не получили ни известности, ни признания. (Много лет спустя оригинальное описание камеры "чечевица" за авторством Л.Ф. Верещагина, В.Н. Слесарева и В.Е. Иванова было опубликовано всего лишь в *Сборнике трудов ИФВД за 1998 г.*) Тем не менее награды последовали. Уже в 1960 г. Л.Ф. Верещагин был избран членом-корреспондентом АН СССР. Затем в 1961 г. была присуждена Ленинская премия "за исследования по физике высоких давлений" Л.Ф. Верещагину, В.А. Галактионову и Ю.Н. Рябинину. В 1963 г. Л.Ф. Верещагин стал Героем Социалистического Труда, а в 1966 г. он был избран академиком АН СССР.

Любопытно, что Трейси Холл, создатель камеры Belt и автор первого удачного синтеза алмаза в США, не получив должного признания, покинул лабораторию фирмы General Electric.

Такова реальная, хотя и, возможно, неполная история алмазного синтеза в СССР. Эту историю можно было бы не описывать, если бы она не отражала определённых механизмов функционирования советской науки, включавших цепочки связей: ЦК КПСС – Совет Министров – Госплан – Государственный научно-технический комитет СССР – военно-промышленный комплекс — и, наконец, АН СССР и отраслевые институты. Вне этой цепочки невозможно было реализовать хотя бы сколько-нибудь затратный проект и (или) проект, обещавший значимые моральные и материальные дивиденды. Представляется,

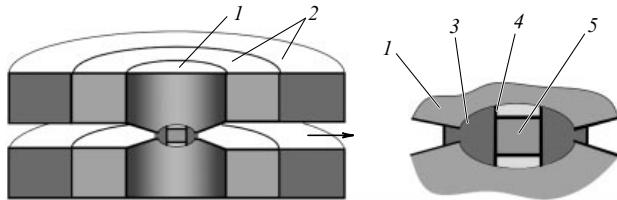


Рис. 16. Камера высокого давления "чечевица", изобретённая в ИФВД: 1 — фигурные поршни из твёрдого сплава, 2 — стальные поддерживающие кольца, 3 — литографский камень — среда, передающая давление, 4 — нагреватель, 5 — образец.

что команда Института кристаллографии не обладала необходимым административным ресурсом, для того чтобы успешно завершить проект по созданию искусственного алмаза, инициированный постановлением Совета Министров СССР в 1947 г.

## Список литературы

1. H. Tracy Hall Foundation: Dr. Hall's account of his discovery of the diamond synthesis process. Recorded on tape 21 January 1964, <https://www.htracyhall.org/featured-content.php>
2. Lundblad E G *AIP Conf. Proc.* **309** 503 (1994)
3. Rossini F D, Jessup R S *J. Res. Natl. Bureau Standards* **21** 491 (1938)
4. Лейпунский О И *Успехи химии* **8** 1519 (1939)
5. Bundy F P, Hall H T, Strong H M, Wentorf R H (Jr.) *Nature* **176** 51 (1955)
6. Bovenkerk H P, Bundy F P, Chrenko R M, Codella P J, Strong H M, Wentorf R H *Nature* **365** 19 (1993)
7. Бэнди Ф П, Холл Г Т, Стронг Г М, Вентроп Р Г *УФН* **57** 693 (1955)
8. Liander H *ASEA J.* **28** 97 (1955)
9. Финашина Г Н, Семёнова С В (Сост.) *Леонид Федорович Верещагин (1909–1977)* (Материалы к биобиблиографии учёных СССР. Сер. физики, Вып. 31) (М.: Наука, 1989)
10. Шаховской Г П *ПТЭ* (6) 95 (1960) получено редакцией 15.07.1959
11. Шаховской Г П, Понятовский Е Г *ПТЭ* (3) 177 (1961) получено редакцией 20.05.1960
12. Grenville-Wells H J, Cathleen L *Nature* **181** 758 (1958)
13. Hall H T *The Chemist* **47** 276 (1970)
14. Hall H T *Rev. Sci. Instrum.* **29** 267 (1958)
15. Wentorf R H (Jr.) *J. Chem. Phys.* **26** 956 (1957)
16. Рябинин Ю Н, Лифшиц Л Д *ЖТФ* **29** 1167 (1959); Ryabinin Yu N, Lifshitz L D *Sov. Phys. Tech. Phys.* **4** 1065 (1960)
17. Верещагин Л Ф, Галактионов В А, Попов В В *ПТЭ* (4) 106 (1960)
18. Верещагин Л Ф, Галактионов В А, Семерчан А А, Слесарев В Н *ДАН СССР* **132** 1059 (1960); Vereshchagin L F, Galaktionov V A, Semerchan A A, Slesarev V N *Sov. Phys. Dokl.* **5** 602 (1960)
19. Wentorf R H (Jr.) *J. Chem. Phys.* **34** 809 (1961)
20. Bovenkerk H P, Bundy F P, Hall H T, Strong H M, Wentorf R H (Jr.) *Nature* **184** 1094 (1959)

## Mysteries of diamond synthesis at the Institute of High Pressure Physics of the Academy of Sciences of the Soviet Union

S.M. Stishov

Vereshchagin Institute for High Pressure Physics, Russian Academy of Sciences,  
Kaluzhskoe shosse 14, 108840 Troitsk, Moscow, Russian Federation. E-mail: sergei@hppi.troitsk.ru

A history of the diamond synthesis at the Institute of High Pressure Physics, Academy of Sciences of the Soviet Union (IHPD), is described based on archival materials. Many details of those events are still unclear. In particular, the name of the IHPF researcher who was the first to see in his apparatus the diamond first synthesized in the USSR is not known. It is also not entirely clear why the high-pressure group at the Institute of Crystallography, Academy of Sciences of the Soviet Union, that was quite close to success had been ruthlessly liquidated. The history described allows the reader to better understand the organization of science in the USSR that is often idealized nowadays.

**Keywords:** diamond, borazon, belt, anvils

PACS number: 01.65.+g

Bibliography — 20 references

*Uspekhi Fizicheskikh Nauk* **189** (7) 752–758 (2019)

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2019.03.038545>

Received 1 March 2019

Physics – *Uspekhi* **62** (7) (2019)

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNe.2019.03.038545>