

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

**К 50-летию Института физики высоких давлений
им. Л.Ф. Верещагина РАН**

*Выездная научная сессия Отделения физических наук
Российской академии наук, 23 апреля 2008 г.*

С.М. Стишов; Л.Г. Хвостанцев, В.Н. Слесарев;
С.В. Попова, В.В. Бражкин, Т.И. Дюжева;
Л.Н. Джавадов, Е.Л. Громницкая, Г.Н. Степанов, Ю.А. Тимофеев;
Е.М. Дижур, В.А. Вентцель, А.Н. Вороновский;
В.Н. Рыжов, А.Ф. Барабанов, М.В. Магницкая, Е.Е. Тареева

PACS numbers: 01.65. + g, 07.35. + k, 61.50.Ks

DOI: 10.3367/UFNr.0178.200810g.1095

23 апреля 2008 г. в конференц-зале Института физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН (г. Троицк, Московская область) состоялась Выездная научная сессия Отделения физических наук Российской академии наук, посвященная 50-летию Института физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН. На сессии были заслушаны доклады:

1. **Стишов С.М.** (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк, Московская обл.). *Институту физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина РАН — 50 лет* (вступительное слово).

2. **Хвостанцев Л.Г., Слесарев В.Н.** (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк, Московская обл.). *Аппараты высокого давления большого объема для физических исследований.*

3. **Попова С.В., Бражкин В.В., Дюжева Т.И.** (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк, Московская обл.). *Структурные фазовые переходы в сильно сжатом веществе и синтез фаз высокого давления.*

4. **Джавадов Л.Н., Громницкая Е.Л., Степанов Г.Н., Тимофеев Ю.А.** (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк, Московская обл.). *Исследования термодинамических, упругих, сверхпроводящих и магнитных свойств веществ под давлением.*

5. **Дижур Е.М., Вентцель В.А., Вороновский А.Н.** (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк, Московская обл.). *Квантовый транспорт при высоких давлениях.*

6. **Рыжов В.Н., Барабанов А.Ф., Магницкая М.В., Тареева Е.Е.** (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк, Московская обл.). *Теоретические исследования конденсированных сред.*

7. **Бугаков В.И., Антанович А.А., Коняев Ю.С., Слесарев В.Н.** (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк, Московская обл.). *Создание новых конструкционных и сверхтвердых материалов и инструмента на их основе.*

Краткое содержание докладов 1–6 публикуется ниже.

PACS numbers: 01.65. + g, 07.35. + k, 61.50.Ks
DOI: 10.3367/UFNr.0178.200810h.1095**Институту физики высоких давлений
им. Л.Ф. Верещагина РАН — 50 лет**
(вступительное слово)

С.М. Стишов

Сегодня, 23 апреля 2008 г. мы празднуем 50-летний юбилей образования Института. На самом деле формальное подписание соответствующей бумаги Президиума Академии наук СССР, Совета министров СССР и ЦК КПСС было 23 мая 1958 г. Я думаю, что никто нас не осудит за это небольшое отклонение от формальной даты. Дело в том, что в конце мая состоится общее собрание Российской академии наук с весьма сложной программой. Но вернемся к нашему юбилею.

Иногда задаются вопросом, а для чего вообще создаются те или иные Институты? Кто-то скажет, что для решения важных научных задач и т.п. На самом деле это, наверное, некоторое заблуждение, потому что нет такой организации, такого учреждения, такого совета и таких людей, которые собрались бы и сказали, что есть проблема, есть талантливый человек, который может решить эту проблему, давайте для него создадим Институт, где он будет развивать эту тематику. Все это происходит совершенно не так. На самом деле Институт создается усилиями одного талантливого человека, или небольшой группы людей. Они являются инициаторами, они ходят по инстанциям, они организуют рекламные компании... Нужно понимать, что для того, чтобы организовать Институт, недостаточно иметь только научные таланты. Нужно обладать еще и весьма специальными талантами и, очевидно, Леонид Федорович Верещагин — основатель нашего Института — обладал этими талантами в полной мере. Я думаю, что историю создания или организации нашего Института следует начинать с периода, когда Л.Ф. Верещагин работал в



Рис. 1. Л.Ф. Верещагин у разработанного им гидрокомпрессора.

Харьковском физико-техническом институте, который сильно пострадал в 1939 г. Тогда часть людей посадили, часть расстреляли, и поэтому люди оттуда мигрировали, кто куда может. Работая в Харькове, Л.Ф. Верещагин разработал достаточно успешную машину для создания высоких давлений — гидрокомпрессор (рис. 1, 2). И с этой машиной Л.Ф. Верещагин приехал в Москву. Практически единственным местом, где нуждались в его знаниях и куда он мог устроиться на работу, в то время был Институт органической химии АН СССР, где работал тогда академик Н.Д. Зелинский. По его инициативе в ИОХе была организована Лаборатория сверхвысоких давлений, во главе которой и оказался Л.Ф. Верещагин. Затем наступила война, и тут компрессор очень пригодился. Высокие давления, получаемые с помощью этого компрессора, позволили автофретировать орудийные стволы, а также получать взрывчатые вещества повышенной мощности. В общем, Л.Ф. Верещагин участвовал в ряде оборонных работ, и здесь им были установлены вполне определенные связи, которые впоследствии ему, конечно, сильно помогли. В 1948 г. Лаборатория разработала технологию производства тефлона с использованием высоких давлений, которая была успешно внедрена в промышленность, за что группа сотрудников Лаборатории получила правительственные награды, а Л.Ф. Верещагин в 1951 г. получил Сталинскую премию за создание гидрокомпрессора. В 1954 г. была организо-

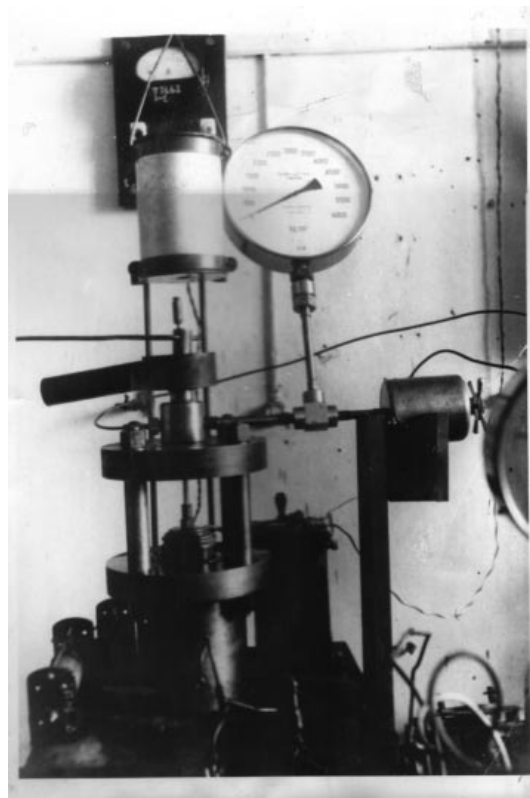


Рис. 2. Гидрокомпрессор для создания высоких давлений.

вана самостоятельная Лаборатория физики сверхвысоких давлений при Академии наук СССР. Вот здесь мы видим, с чего начиналась эта лаборатория (рис. 3). Это здание находится на задах Института неорганической химии РАН. Это было складское помещение, и начиналась стройка, чтобы приспособить его под лабораторию. На фотографии Л.Ф. Верещагин и академик Н.Н. Андреев (тесть Л.Ф.). Очень скоро лаборатория получила статус института. Заметим, что при его образовании в 1958 г. у Института не было никаких крупных научных достижений. Соответственно, у Л.Ф. Верещагина возникла острая необходимость проявить себя в новом качестве. Он пробует развивать многие направления: гидроэкструзию, сверхзвуковые струи, даже пытался включиться



Рис. 3. Лаборатория физики сверхвысоких давлений АН СССР. Слева направо: Н.Н. Андреев, Л.Ф. Верещагин, неизвестный, Г.А. Севянц.

в проблему термоядерного синтеза и т.п., но все без особого успеха. И тут случилось следующее: в 1955 г. компания Джeneral Электрик и независимо шведская исследовательская лаборатория компании ASEA объявили об успешном синтезе алмаза. Любопытно, что, как стало недавно известным, этот кристаллик алмаза, который послужил предметом первой публикации Джeneral Электрик, оказался естественным алмазом, т.е. его использовали как затравку, а потом его же и нашли и результат тут же опубликовали. Затем, спустя 40 лет, эти люди, уже будучи пенсионерами, обнаружили этот алмаз в архивах, проанализировали и сказали, что они тогда ошиблись и это был естественный алмаз. Но, тем не менее, искусственный алмаз потом был действительно сделан в Джeneral Электрик.

В нашей стране задача синтеза алмаза в свое время была поручена Институту кристаллографии АН СССР, который долго не мог справиться с этой проблемой в силу многих, главным образом, субъективных, причин. Насколько я знаю, директор Института кристаллографии А.В. Шубников с удовольствием уступил эту тематику Л.Ф. Верещагину, к большому разочарованию членов собственной "алмазной" группы, которая была распущена.

Итак, эта тематика досталась Л.Ф. Верещагину, и, как ни странно, эта задача была быстро решена. Почему странно? Потому что на самом деле в это время в составе Института, я думаю, не было ни одного человека, который бы понимал хоть что-нибудь в материаловедении. Я имею в виду в первую очередь идентификацию материала (оптика, удельный вес, рентген и прочее). Все это было результатом специфики прежнего кадрового состава Института. Но в это же время в Институте стала появляться молодежь с хорошим образованием, игравшая все большую роль в алмазных делах.

Так или иначе, задача была решена, и весной 1960 г. Л.Ф. Верещагин объявил об успешном синтезе алмаза (рис. 4), а затем и кубического нитрида бора. Синтез алмаза и кубического нитрида бора оказался возможен благодаря созданию новой и весьма эффективной камеры высокого давления — "чечевицы", широко используемой и в настоящее время. Синтез алмаза и боразона в ИФВД положил начало созданию промышленности сверхтвердых материалов в Советском Союзе. Уже осенью 1960 г. началось внедрение разработанных технологий на различных предприятиях страны. В частности, созданное в Институте оборудование было

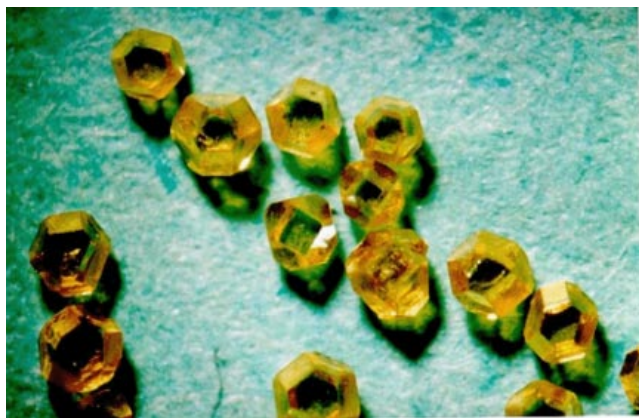


Рис. 4. Кристаллы алмаза, синтезированные при высоком давлении.

направлено в Киевское центральное конструкторско-технологическое бюро по твердым сплавам и инструментам, которое благодаря этому впоследствии было преобразовано в Институт сверхтвердых материалов АН УССР. Монтаж оборудования и обучение персонала проводили наши сотрудники.

Л.Ф. Верещагин, В.А. Галактионов и Ю.Н. Рябинин в 1961 г. получили Ленинскую премию за синтез алмаза. В 1963 г. Л.Ф. Верещагин стал Героем Социалистического Труда, а Институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Наградили орденами и медалями многих сотрудников Института. Нужно сказать, что премия — вещь важная, но ее тоже нужно как-то организовывать, и она важна потому, что те люди, которые дают премии, потом сами попадают под магию премий, и человеку становится легче жить и легче руководить Институтом.

Как уже говорилось, вначале Институт находился в небольшом здании на Ленинском проспекте, а затем разместился в прежнем здании Института кристаллографии в Пыжевском переулке. В 1962 г. было принято решение о строительстве современного комплекса зданий в Пахре (ныне г. Троицк) — небольшом поселке на 40-м километре Калужского шоссе, где к этому моменту уже находился Институт земного магнетизма и распространения радиоволн АН СССР. В 1966 г. Институт переехал в Пахру (рис. 5). Параллельно предпринимались безуспешные попытки круто повернуть направление исследований в сторону полупроводников и даже лазеров. Наряду с этим проводились работы по изучению влияния высоких давлений на свойства металлов (был открыт электронно-топологический переход в цинке), исследованию фазовых переходов под давлением в элементарных веществах и соединениях, развивались рентгеноструктурные, ультразвуковые, оптические и низкотемпературные исследования при высоких давлениях.

После скоропостижной кончины Л.Ф. Верещагина в феврале 1977 г. обязанности директора института исполняли его заместители, сначала Е.Н. Яковлев, затем Ю.С. Коняев. С 1989 по 1991 гг. директором Института был академик А.А. Абрикосов, лауреат Нобелевской премии по физике 2003 г., с 1991 г. проживающий в США.

Ниже я приведу краткую сводку наших достижений, представляющих собой реальный вклад в мировую науку. Исчерпывающий обзор нашей деятельности будет дан в последующих докладах.

Важнейшие достижения Института:

- Изобретение камеры высокого давления типа "чечевица" и последующий синтез алмаза и кубического нитрида бора (Верещагин Л.Ф. и др., 1960 г.).



Рис. 5. Здание Института физики высоких давлений РАН в Красной Пахре.

• Синтез плотного кремнезема — вещества мантии Земли (Стишов С.М., Попова С.В., 1961 г.).

• Ультразвуковые исследования твердых тел при давлениях до 100 кбар (Воронов Ф.Ф. и др.).

• Изобретение камеры высокого давления типа "тороид" (Хвостанцев Л.Г. и др., 1977 г.).

• Фазовые переходы в жидкости (Бражкин В.В., Попова С.В., Волошин Р.Н., 1989 г.).

• Синтез сверхпроводящего алмаза (Екимов Е.А., Сидоров В.А., 2004 г.).

В основе большинства наших достижений лежит изобретение камеры высокого давления, известной под названием "чечевица". С ее помощью был синтезирован алмаз и кубический нитрид бора (см. рис. 3). Затем на этой же камере был сделан плотный кремнезем (рис. 6), который прославил наш Институт. Дело в том, что очень скоро плотный кремнезем, открытый в лаборатории Института, был найден в Аризонском метеоритном кратере (рис. 7) и назван в честь пишущего эти строки. Ввиду важнейшей роли кремнезема как главной составляющей земных и планетных недр и полудетективной ситуации, связанной с открытием его плотной модификации, эта история получила большой резонанс.

Ф.Ф. Воронов много сделал по ультразвуковым исследованиям. Л.Г. Хвостанцев с товарищами изобрел камеру высокого давления "тороид", которая сейчас является основным средством работы у нас, и не только у нас (рис. 8). В.В. Бражкин, С.В. Попова и Р.Н. Волошин



Рис. 6. Кристаллы плотного кремнезема (стишовита).



Рис. 7. Метеоритный кратер в Аризоне, США.



Рис. 8. Камеры высокого давления типа "тороид".

опубликовали важную статью о фазовом переходе в жидкости. Недавно был произведен синтез сверхпроводящего алмаза (рис. 9, 10). Эта деятельность сейчас широко развивается, это одно из крупнейших достижений в области физики твердого тела последних лет. Здесь

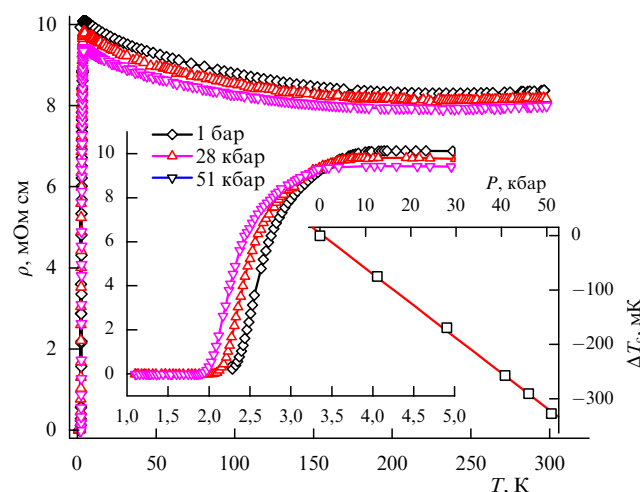


Рис. 9. Сверхпроводящий переход в алмазе, допированном бором.

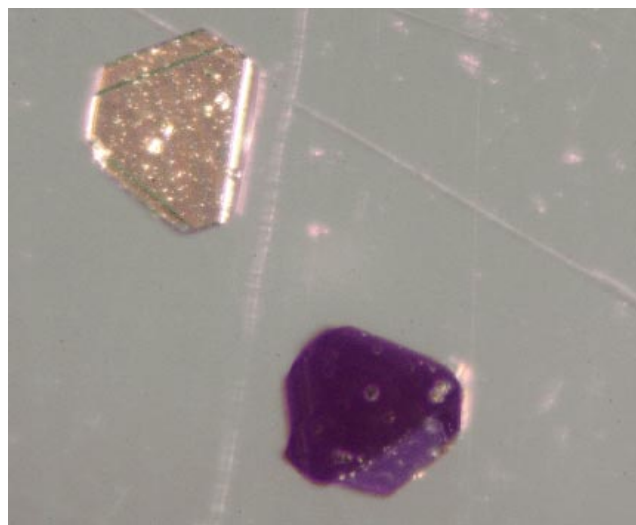


Рис. 10. Алмазы, допированные бором.

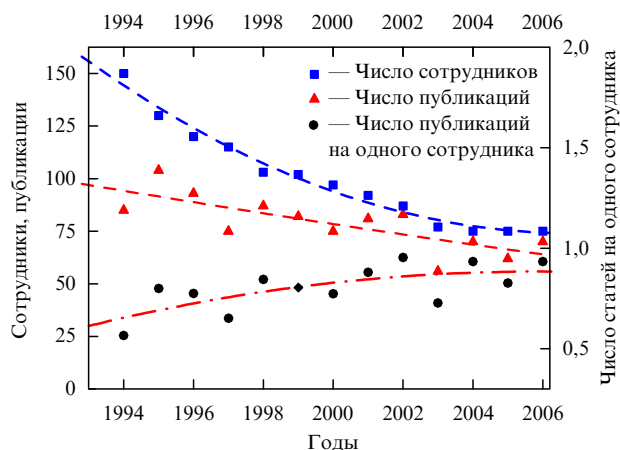


Рис. 11. Изменение численного состава научных сотрудников и количества публикаций в ИФВД РАН.

помимо самой физики есть достаточно прозрачные перспективы для применения.

В настоящее время в тематике Института наметилась тенденция увеличения доли фундаментальных исследований. Хотя материаловедение при высоких давлениях и создание аппаратуры высокого давления остаются одними из основных научных направлений ИФВД РАН, акцент в проводимых в Институте исследованиях смещается в сторону фундаментальных проблем физики конденсированного состояния, включая фазовые переходы при высоких давлениях, квантовые критические явления и сильно коррелированные электронные системы, термодинамику и кинетику фазовых переходов в неупорядоченных системах, физику наноразмерных форм углерода.

К сожалению, Институт не свободен от общих для академических институтов проблем. За последние 15 лет численный состав Института сократился более чем в 3 раза. На рисунке 11 представлена динамика изменения численного состава научных сотрудников Института, общего числа публикаций, а также числа публикаций в год на одного сотрудника с течением времени. Определенный оптимизм вызывает тот факт, что, как видно из рисунка, число публикаций на одного сотрудника заметно возросло. Очень мало научной молодежи — несмотря на наличие базовой кафедры Московского физико-технического института "Физика конденсированного состояния вещества в экстремальных условиях", академической аспирантуры, сотрудничества с Московским институтом стали и сплавов, физическим и химическим факультетами МГУ им. М.В. Ломоносова, приток научной молодежи оставляет желать лучшего.

PACS numbers: 01.65.+g, 07.35.+k, 64.70.Kb
DOI: 10.3367/UFNr.0178.200810i.1099

Аппараты высокого давления большого объема для физических исследований

Л.Г. Хвостанцев, В.Н. Слесарев

В докладе кратко описан отечественный путь развития техники высоких давлений (выше 5 ГПа) в больших объемах для физических исследований. Приведены тех-

нические характеристики созданных камер высоких давлений "тороид" и "чечевица" и показаны их экспериментальные возможности для изучения структуры и свойств вещества в конденсированном состоянии. Дан ряд примеров исследований твердых и жидких тел разными методами с применением этих камер. Отмечено эффективное использование камер "чечевица" и "тороид" в промышленности для синтеза сверхтвердых материалов.

Физика высоких давлений занимается изучением большой совокупности явлений в конденсированных средах в условиях сильного сжатия. С увеличением плотности твердых и жидких тел изменяются их физические свойства, кристаллическая и электронная структура, взаимное расположение атомов. Изучение этих явлений, в особенности в сочетании с низкими и высокими температурами, магнитными полями, дает ценные сведения для дальнейшего развития представлений о строении вещества в конденсированном состоянии. С другой стороны, они важны для решения главной проблемы материаловедения — получения новых материалов с уникальными свойствами. Последнее, в основном, связано с синтезом фаз высокого давления, образующихся в результате необратимых полиморфных превращений.

Круг изучаемых явлений определяется возможностями техники высоких давлений. Камеры высоких давлений характеризуются диапазоном рабочих давлений и температур, величиной рабочего объема. Большие объемы необходимы для получения более полной и достоверной информации, так как в большом объеме камеры могут быть созданы однородные поля давлений и температур, размещены исследуемые образцы необходимых размеров, различные датчики, в том числе давления и температуры, нагреватели, термоизоляция, катушки для магнитных полей.

Для достижения высоких давлений в тысячи и десятки тысяч атмосфер с начала XX века исследователи использовали два типа камер высокого давления: поршень — цилиндр и наковальни Бриджмена (рис. 1) [1, 2]. В обоих типах аппаратуры давление создается за счет уменьшения объема сжимаемого вещества. В камере поршень — цилиндр сжатие вещества может быть сколь угодно большим. Получение максимальных давлений ограничивается прочностью конструкционных материалов. Аппараты такого типа позволяют проводить исследования в больших объемах $\sim 1-100 \text{ см}^3$ и более при давлениях, не превышающих, как правило, $\sim 3-5 \text{ ГПа}$. В наковальнях Бриджмен использовал предложенный им принцип сжимаемого уплотнения, заключающийся в том, что тонкая прокладка, помещенная в зазор между сближающимися частями аппарата, может удерживать высокое давление в рабочем объеме. Поскольку прокладка (сжимаемое уплотнение) неизбежно имеет малую толщину, то в данной камере объем сжимаемого вещества незначителен. Накowальни, изготовленные из твердого сплава, позволяют легко достичь уровня давлений $\sim 10 \text{ ГПа}$ и выше, однако в очень малых объемах $\sim 10^{-2}-10^{-3} \text{ см}^3$ при толщине образца $\sim 0,1 \text{ мм}$.

Проблемы физики, геофизики и материаловедения, из которых самой важной была задача синтеза искусственных алмазов, требовали разработки камер большого объема ($0,1 \text{ см}^3$ и более), способных выдерживать в течение длительного времени высокие давления ($> 5 \text{ ГПа}$) и высокие температуры ($> 1500^\circ\text{C}$). Эти