

## **Проблемы использования результатов НИОКР: историческая ретроспектива создания и промышленного производства синтетических алмазов**

*Изложена история создания теории синтеза искусственных алмазов, первых разработок по их получению в лабораторных условиях учеными США, Швеции, СССР. Кратко рассказано о жизни ученых О. И. Лейпунского, Л. Ф. Верещагина, В. Н. Бакуля и их роли в создании и промышленном производстве синтетических алмазов и других сверхтвердых материалов в СССР.*

В 2010 г. Украина вступила в период ускорения реформ производственно-индустриальной деятельности и системной организации продуктивной социально-общественной жизни. Далее так, как это происходило в Украине последние десятилетия начала XXI века, века экономики знаний в мире, продолжаться не может. Накопленный в течение веков интеллектуальный потенциал украинской нации не может больше мириться с потерями индустриального развития украинской державы, передовой в мире до 90-х годов XX века, с упадком сельской жизни, загрязнением городов [1]. Очевидно, что для обеспечения необходимых реформ следует опираться на опыт европейских и азиатских стран. Но обратим также внимание на восстановление и возможное активное применение отечественного опыта 60—80-х годов XX века, периода бурного развития атомной энергетики, космонавтики, кибернетики в бывшем СССР с активным участием украинского потенциала.

Напомним вехи, движущие силы и содержание работ по организации про-

изводства синтетических алмазов, разработке и обеспечению применения тысяч высокопродуктивных инструментов из алмазных и алмазоподобных материалов. Все это сыграло революционную роль в развитии электроники, оптики, точного приборостроения, общего машиностроения, в обработке стройматериалов для массового строительства, высокопродуктивном бурении нефтяных и газовых скважин, проходке туннелей и в горнодобывающей промышленности.

Без широкого применения в СССР, других индустриально развитых странах 250 тонн абразивных шлиф-, микро- и субмикророшков синтетических алмазов, которые ежегодно производились в мире к 1990 г., а половина из них — в нашей стране, невозможны были бы многие достижения в индустрии и обеспечении обороноспособности.

В успешном решении научно-технической проблемы синтеза алмазов из графита, которую штурмовали лучшие ученые мира более 200 лет, выдающуюся приоритетную роль сыграли три группы ученых из Швеции, США и нашей страны [2, 3].

Исторически все три достижения имели место почти одновременно в середине прошлого века. В феврале 1953 г. в Швеции синтез алмаза осуществила группа Е. Лундבלата (E. Lundblat) — Г. Лиандера (H. Liander) из исследовательского центра корпорации АСЕА. В декабре 1954 г. в США успех был достигнут группами Т. Холла (H. Tracy Holl), Г. Стронга (H. M. Strong), Ф. Банди (Francis P. Bundy), Р. Венторфа (R. H. Wentorf) научно-технологического центра корпорации «Дженерал электрик» («General Electric Company») в г. Скенектеди. А весной 1960 г. синтетические алмазы были получены группой Л. Ф. Верещагина, В. А. Галактионова, В. Н. Слесарева из Института физики высоких давлений (ИФВД) АН СССР в Москве. Все эти результаты состоялись независимо. Достижение, которого добивались многие выдающиеся ученые мира, заключалось в том, что впервые были синтезированы алмазы при сверхвысоких давлениях и высокой температуре нагрева из металлургической реакционной смеси. Все

три способа имели одну научную основу — теоретическую разработку российского ученого О. И. Лейпунского, выполненную и опубликованную еще в 1939 г.

Успех в получении синтетических алмазов, сравнимых по твердости с природными алмазами — самыми твердыми минералами, стал одним из основных событий научно-технической революции XX века, которая привела к признанию человечеством роли науки в обществе как эффективной производительной силы современности. Вслед за этим последовал синтез алмазоподобного кубического нитрида бора (боразона, эльбора, кубонита), природные аналоги которого не обнаружены, а затем и синтез многих других соединений, составивших группу сверхтвердых материалов, которые играют важную роль не только в инструментальном деле, но и в электронике, электрохимии и других областях применения.

Разработка промышленной технологии производства синтетических алмазов заняла в США более трех лет,



**Леонид Федорович Верещагин**  
(1909—1977)



**Овсей Ильич Лейпунский**  
(1909—1990)



**Валентин Николаевич Бакуль**  
(1908—1978)

в Швеции не была реализована. У нас в стране промышленная технология была разработана и осуществлена всего за 9 месяцев (1960—1961) благодаря мощной государственной поддержке и исключительно энергичной организации дела и творческой настойчивой инженерной деятельности В. Н. Бакуля и его коллектива из Киевского ЦКТБ твердосплавного инструмента. В июле 1961 г. эта деятельность послужила основой для создания Института сверхтвердых материалов (ИСМ), носящего теперь имя своего основателя.

100-летний юбилей Л. Ф. Верещагина отметили в апреле 2009 г. в г. Троицке двумя торжественными заседаниями — городского актива научного академического центра и коллектива института, который ныне возглавляет академик РАН С. М. Стишов.

100-летний юбилей О. И. Лейпунского отметили в августе 2009 г. в здании Президиума РАН в Москве на Международной научной конференции «Химическая и радиационная физика», собранной Объединенным институтом химической физики им. Н. Н. Семенова (ИХФ), где долгие годы работал ученый.

100-летний юбилей В. Н. Бакуля был торжественно отмечен в 2008 г. в Киеве, в ИСМ им. В. Н. Бакуля.

В ознаменование исторического события — первого лабораторного синтеза алмаза — на территории ИФВД им. Л. Ф. Верещагина установлена памятная стела, на территории ИСМ им. В. Н. Бакуля — памятная доска на корпусе здания первого алмазного производства.

Корни семьи Л. Ф. Верещагина — в Украине [4]. Он родился в небогатой семье торгового работника 29 апреля 1909 г. в Херсоне. Учился там же в

частной начальной школе и получил первую спецподготовку как химик-аналитик. 14 ноября 1923 г. крупным детским почерком написал в школьной анкете «Любовь моя — к химии, зоологии и алгебре!» и далее утверждение — «Я решил твердо, что должен стать инженером-механиком. К этому я давно стремился». Юношей, определившись в своих интересах и целях, Л. Ф. Верещагин в 1930 г. поступил учиться на механико-математический факультет Одесского университета. Список научных трудов Л. Ф. Верещагина был открыт первыми статьями в 1930—1931 гг.

Дальнейшее научное становление ученого проходило в аспирантуре Харьковского государственного университета, а затем Украинского физико-технического института, созданного в 1929 г. в Харькове. Там сформировалось замечательное по составу научное ядро во главе с известными учеными-физиками И. В. Обреимовым и А. И. Лейпунским. В него временно или постоянно входили выдающиеся отечественные ученые П. Л. Капица, Л. В. Шубников, Л. Д. Ландау. Областью высоких давлений молодой ученый Л. Ф. Верещагин начал заниматься, познакомившись в начале 30-х годов с книгой «Физика высоких давлений» профессора Гарвардского университета в США Перси Бриджмена (Percy Williams Bridgman). В Харькове зимой 1932—1933 гг. состоялась личная встреча Леонида Федоровича с выдающимся физиком Паулем Эренфестом (Paul Ehrenfest), другом Альберта Эйнштейна (Albert Einstein).

С 1936 г. Л. Ф. Верещагин начал работу с аппаратурой высоких давлений. В 1940 г. защитил в Харьковском университете диссертацию на тему «Иссле-

дование растворимости меди в алюминии при давлении 5000 атм.». В феврале 1939 г. Верещагин переезжает в Москву и участвует по предложению известного академика-химика Н. Д. Зелинского из Института органической химии (ИОХ) АН СССР в работе лаборатории сверхвысоких давлений ИОХ. Научный путь Л. Ф. Верещагина к синтезу алмазов начался в сентябре 1939 г. с должности руководителя научного коллектива лаборатории сверхвысоких давлений ИОХ, а в 1958 г. продолжен созданием и развертыванием деятельности ИФВД, носящего теперь его имя.

О. И. Лейпунский родился в августе 1909 г. в семье железнодорожного техника-строителя, которая часто меняла место жительства [5]. После школы начал учиться в экономическом техникуме. Но, поняв, что это не его дело, в 1926 г. поступил на физико-механический факультет Ленинградского политехнического института. Овсей Ильич увлекался альпинизмом и был опытным, стойким покорителем горных вершин. Каждое лето до 1972 г. хотя бы на месяц он приезжал в альпинистские лагеря Кавказа.

Основными направлениями научной работы О. И. Лейпунского были физическая диагностика взрывных процессов, исследование особенностей горения взрывчатых веществ, исследование проникающей радиации. О. И. Лейпунский был одним из разработчиков реактивных снарядов легендарной «Катюши» времен Великой Отечественной войны, одним из главных научных экспертов по дозиметрии ядерных взрывов, участником ряда крупных международных научных конференций, активным участником международного Пагоушского движения ученых против ядерного оружия.

Большую известность благодаря выдающимся научным заслугам получила вся семья Лейпунских. Братья — старший Александр Ильич и младший Овсей Ильич, их сестра Дора Ильинична. Все трое — ученые-физики — активно участвовали в решении атомной проблемы. А. И. Лейпунский, Герой Социалистического Труда, около 5 лет был директором Украинского физико-технического института (УФТИ) в г. Харькове (1933—1938), в котором в то же самое время учился в аспирантуре Л. Ф. Верещагин. В 1932 г. А. И. Лейпунский участвовал в знаменитом эксперименте по расщеплению атомного ядра. Ему принадлежит заслуга создания энергетически эффективного атомного реактора на быстрых нейтронах. С его участием была построена атомная электростанция на берегу Каспийского моря. Такими реакторами (бридерами) оснащены энергетические установки отечественных подводных лодок. В 1934 г. А. И. Лейпунский в возрасте 30 лет был избран сразу академиком в Академию наук Украины. О заслугах всех троих Лейпунских ярче всего свидетельствует тот факт, что все они были награждены высшими орденами СССР за создание атомной бомбы. Награждение состоялось в соответствии с первым секретным (без публикации) указом по случаю исторического первого испытания 29 августа 1949 г. этого мощнейшего оружия в СССР. Это испытание положило конец западной монополии и коренным образом повлияло на мировую политику. Казавшаяся неизбежной новая мировая война была предотвращена.

В алмазной области достижения Л. Ф. Верещагина и О. И. Лейпунского дополнили друг друга, однако их совместная творческая работа не сложи-

лась, а линии личных научных интересов в зрелом возрасте не пересекались.

О. И. Лейпунский занялся проблемой синтеза алмазов почти случайно. Старшего брата — директора УФТИ А. И. Лейпунского — арестовали в 1938 г. по ложному обвинению. И поэтому младшего брата исключили из комсомола и уволили из закрытого по уровню секретности академического ИХФ в г. Черноголовке Московской области, где он занимался проблемами горения и механики взрыва. Нужно было жить, и О. И. Лейпунский начал лекционную работу. Однажды он принял предложение написать обзорную статью в популярный журнал «Знание — сила» по близкой ему в силу общей тематики проблеме использования сверхвысоких давлений  $P$  и температур  $T$  в смежной задаче синтеза алмаза из графита. Анализ доступной зарубежной литературы был широким и глубоким. Отечественные и зарубежные источники привели к констатации ряда несоответствий в термодинамических расчетах фазовых превращений. И молодой ученый (Овсею Ильичу тогда было 28 лет) теоретически рассчитал более точно параметры фазовой углеродной диаграммы, экстраполировал ее в область более высоких температур (выше 1400 К). Это позволило точнее термодинамически обосновать область возможного успешного синтеза алмазов путем их кристаллизации из раствора углерода в расплаве металла.

О. И. Лейпунский установил значения реальных  $PT$ -параметров для синтеза алмаза (около 2000 К и 60 тыс. атм.). В качестве эффективной реакционной углеродной среды были рекомендованы расплавы железа, платины и родия. Таким образом, О. И. Лейпунский предложил теорию,

которая была практически подтверждена в лабораториях Швеции, США и СССР. Открытие, признанное всеми специалистами еще в 30-х годах, было подтверждено официальным документом на научное открытие — дипломом Комитета по делам изобретений и открытий, выданным в 1972 г.

Обзор получился полным и творчески содержательным. Он был опубликован в виде популярной статьи в журнале «Знание — сила», а затем, позднее, как аргументированная научная статья — в журнале «Успехи химии» (1939 г.), известном зарубежным специалистам. Статью заметили, читали, ссылались. Это был, в частности, П. Бриджмен, который стал Нобелевским лауреатом 1946 г. за изобретение прибора, позволяющего создавать высокие давления, и за открытия, сделанные в связи с этим в физике высоких давлений. Читал статью О. И. Лейпунского и ссылался вначале на нее и Л. Ф. Верещагин. Но потом и он, и ряд других зарубежных ученых, пользуясь рекомендациями и выводами О. И. Лейпунского, не упоминали его работу, публикуя результаты своих исследований.

Для Л. Ф. Верещагина проблема синтеза алмазов с использованием аппаратуры высоких и сверхвысоких давлений еще в аспирантуре стала главной задачей всей его дальнейшей творческой жизни. Еще в 1940 г., после встречи в кругу научной молодежи УФТИ в Харькове с приехавшим к старшему брату О. И. Лейпунским, они оба обратились к правительству страны с письмом — предложением развивать исследовательскую работу и технические разработки по алмазному синтезу в интересах развития машиностроения в стране. О необходимости расширения таких исследований публично со-

общили в статье в газете «Известия» 5 июня 1941 г. известный академик — химик Н. Д. Зелинский и его заведующий лабораторией высоких давлений Л. Ф. Верещагин. После начала войны в 1941 г. Л. Ф. Верещагин занялся другими работами оборонного значения. О. И. Лейпунский также целиком ушел в разработку задач горения и взрыва, необходимых для создания боеприпасов, и уже не возвратился к задачам алмазной проблемы. Многие годы он был целиком занят проблемами приборной диагностики в разработках атомного оружия.

В военное время 1941—1945 гг. работы по алмазной проблеме были прерваны. Интерес к этой теме был проявлен в то время лишь известным физиком Д. А. Франк-Каменецким. Это стало известно из позже подготовленных им к печати научных статей.

После войны, 27 августа 1947 г., Совет Министров СССР принял Постановление «О мерах по расширению работ в области синтеза сверхтвердых кристаллов», в соответствии с которым ученым АН СССР вменялась обязанность разработать метод получения алмазов в лабораторных условиях и создать необходимую аппаратуру. Новое конкретное правительственное поручение — Постановление Совета Министров СССР «Об усилении научно-исследовательских работ по синтезу искусственных алмазов, боразона и других» — вышло 20 марта 1959 г.

Эти постановления были закрыты, работы, в том числе в созданной лаборатории физики сверхвысоких давлений АН СССР, которую возглавил Л. Ф. Верещагин, велись с грифом секретности. 24 мая 1958 г. эта лаборатория была преобразована в Институт физики высоких давлений АН СССР.

Начало наиболее интенсивной работы по синтезу алмаза в лаборатории пришлось на ноябрь 1959 г.

Более 11 лет поисков, разработок, исследований коллектива Л. Ф. Верещагина ушло на создание оригинального гидрокомпрессора высокого давления, прессовой установки больших усилий нагружения, вспомогательного и измерительного оборудования. Оригинальность и эффективность технических решений и созданной аппаратуры были подтверждены присуждением коллективу Л. Ф. Верещагина в марте 1952 г. Сталинской премии III степени за создание гидравлических компрессоров сверхвысокого давления. Такие компрессоры, развивающие давление на 6000 и 1200 атм., использовали для гидроабразивной резки камня, руды, проходки туннелей. А затем, уже в ИФВД, были созданы выдающиеся по эффективности аппараты высокого давления (АВД) для синтеза алмазов типа «чечевица» и «тороид». Их значение и техническое совершенство высоко оцениваются и сегодня как для синтеза высокоабразивных алмазных порошков («чечевица»), так и для выращивания совершенных по качеству крупных кристаллов алмаза («тороид»).

20 декабря 1960 г. были выданы авторские свидетельства на способ синтеза алмазов и на устройство для создания высоких давлений по заявке № 706386 от 3 мая 1960 г. Авторы: Л. Ф. Верещагин, Ю. Н. Рябинин, В. А. Галактионов, А. А. Семерчан, В. В. Попова, Л. Д. Лившиц, Л. Г. Архипова, В. Н. Слесарев, В. Е. Иванов, Б. П. Демяшкевич.

Авторское право на АВД типа «тороид» коллектива авторов (С. И. Яншина, В. М. Зубкова, Л. В. Колчина, Л. И. Клячко, В. И. Вепринцова,

А. С. Новгородова, Л. Ф. Верещагина, А. П. Новикова и Л. Г. Хвостанцева) было впервые определено в 1970 г. Как иногда водится в научной деятельности, истинные авторы этой разработки — Л. Г. Хвостанцев и его научные руководители Л. Ф. Верещагин и А. П. Новиков — оказались в конце списка.

В марте 1959 г. Л. Ф. Верещагину с сотрудниками удалось синтезировать боразон, о чем он письмом с грифом «секретно» известил академика-секретаря Отделения физики АН СССР академика Л. А. Арцимовича, и отчет об этом, также закрытый, был послан в Президиум АН СССР академику А. В. Топчиеву в августе 1959 г.

В технологии синтеза алмазов личной научной заслугой Л. Ф. Верещагина была творческая разработка АВД, простых по конструкции, но исключительно эффективных и более дешевых по сравнению с американскими АВД типа «белт», российскими (Новосибирск) и китайскими многопуансонными АВД.

Успешным было использование аппаратуры Л. Ф. Верещагина и для получения поликристаллических алмазных балласов и карбонада. В конце 1962 г. в группе Я. А. Калашникова в МГУ на кафедре Л. Ф. Верещагина был синтезирован поликристаллический вид алмаза — баллас. Авторское свидетельство было выдано Л. Ф. Верещагину, Я. А. Калашникову, Е. М. Фекличевой, И. С. Сухушиной 13 февраля 1963 г.

В 1970 г. были успешно завершены разработки технологии синтеза мелкокристаллического по строению крупного блока карбонада. Этого добилась группа сотрудников, возглавляемая Л. Ф. Верещагиным, в которую входили Т. Д. Варфоломеева, В. Н. Слесарев,

Е. Н. Яковлев, Г. Н. Степанов, В. Б. Преображенский, Л. Е. Штеренберг.

Именно «чечевица» и «тороид» открыли путь к успешному промышленному освоению технологии синтеза алмазных порошков и совершенных монокристаллов.

Работа Л. Ф. Верещагина, который с группой сотрудников настойчиво шел к цели — синтезу алмаза, развивалась в условиях все усиливающейся государственной поддержки и контроля. Внимание государства к проблеме синтеза алмазов диктовалось нуждами индустриализации страны в послевоенные годы. Это было отражено еще в Постановлении Совета Министров СССР от 27 августа 1947 г. о мерах по расширению работ в области синтеза сверхтвердых материалов. В постановлениях СМ СССР от 20 марта 1959 г. и 6 июня 1961 г. академическим институтам диктовалось требование добиться скорейшего успеха в исследованиях. Постановлением ВСНХ СМ СССР от 15 ноября 1963 г. перед ИФВД была поставлена задача синтеза крупных кристаллов алмаза. Для ее выполнения предусматривалось изготовление институту пресса усилием в 50 тыс. т. В августе 1966 г. СМ СССР принял постановление, в котором обязывал ИФВД в кратчайшие сроки разработать опытно-промышленную технологию производства синтетических алмазов размером 1,5—4 мм, выпустить их опытную партию и немедленно передать эту технологию ИСМ. Важным обстоятельством всех работ по синтезу алмаза и боразона было то, что все такие исследования и в Швеции, и в США, и в СССР были засекречены. Вся документация и переписка выполнялись под грифом «секретно».

Достижение шведских ученых из АСЕА в 1953 г. и содержание впервые опубликованного широко разрекламированного патента фирмы «Дженерал электрик» стали известны только весной 1955 г.

Визиты Л. Ф. Верещагина в США и Голландию в 1958 г., в США — в 1960 г., личные контакты с авторами достижений в области синтеза алмазов способствовали ускорению работы отечественных ученых. Детали технологии синтеза были строго засекречены, но магистральный путь поисков был намечен и обоснован работой О. И. Лейпунского еще в 1939 г.

Программа исследований коллектива Л. Ф. Верещагина привела к успеху в марте—апреле 1960 г. Алмазы были получены, но выявлены не сразу, так как трудно давалось выделение микрокристаллов алмаза размером 100—300 мкм из реакционной металлографитовой среды спеков. Использовали в экспериментах растворы углерода в расплавах таких металлов, как титан, платина, тантал.

Американские ученые сообщили в конце 1959 г. (журнал «Nature»), что алмазы были получены в системах графит—металл (С—Ме), где в качестве катализаторов использовали такие металлы, как хром, молибден, кобальт, железо, платина, тантал. Ученые США запатентовали эти составы, хотя, что касается железа, то систему Fe—С использовали еще Г. Муассан (Ferdinand Frederic Henri Moissan) в 1893 г. и О. И. Лейпунский — в 1939 г., рекомендуя применять железо в качестве растворителя углерода.

Группа В. Е. Иванова проводила эксперименты, используя камеру с линзовым объемом. В. А. Галактонов работал с кубическим аппаратом,

Ю. Н. Рябинин — с камерой цилиндр—поршень, а потом — с «чечевицей» (линзой). В. Н. Слесарев утверждает, что первый успешный синтез был проведен в лаборатории В. А. Галактионова в линзовом аппарате (пятнадцатимиллиметровая «чечевица»), а у Слесарева—Иванова в камере с линзовым аппаратом алмазы были получены на несколько дней позднее (март 1960 г.). Тогда, весной 1960 г., состоялось закрытое, не публичное, сообщение Л. Ф. Верещагина руководителям Академии наук о получении первых кристаллов синтетических алмазов. Об этом выдающемся достижении ученых открыто сообщил президент АН СССР А. Н. Несмеянов на пленуме ЦК КПСС в июле 1960 г. Но государству и экономике страны как можно скорее был нужен не лабораторный, а крупного масштаба промышленный результат. Л. Ф. Верещагину это настойчиво рекомендовали в Президиуме АН СССР, и он передал свои результаты, образцы прессов заводу «Ильич» в Ленинграде, заводу «Победит» — во Владикавказе, ВНИИТСу, ВНИИАлмазу — в Москве.

В сентябре 1960 г. в Москве состоялась первая встреча Л. Ф. Верещагина с В. Н. Бакулем. Через неделю после этой встречи группа сотрудников ИФВД во главе с Л. Ф. Верещагиным побывала в Киеве, после чего, по достигнутому соглашению, в Киев была передана техдокументация и одна, а затем три прессовые установки. В течение нескольких месяцев московская установка и специалисты поработали в Киеве, их опыт был освоен, творчески обогащен и преумножен. Киевские специалисты, освоив лабораторный опыт москвичей, добились в конце концов нужных промышленности ре-

зультатов — производительности, надежности и долговечности АД, творчески доработали и сами аппараты, и прессовые установки, и всю технологию, что обеспечило коммерческую эффективность алмазной продукции.

Имя Валентина Николаевича Бакуля — организатора и первого директора Института сверхтвердых материалов, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники УССР — хорошо известно большому кругу специалистов.

В. Н. Бакуль родился 11 августа 1908 г. в с. Чернышевка Винницкой области в семье армейского офицера [6]. Ранняя смерть отца заставила 12-летнего В. Н. Бакуля пойти работать батраком на частные табачные плантации. В 1925 г. он был командирован комитетом бедных крестьян, членом которого состоял, для учебы в Брацлавскую профтехшколу. В 1927 г., после окончания школы, получил специальность слесаря. Работая, он продолжает учебу на вечернем отделении Харьковского политехнического института, откуда его исключают со второго курса по мотивам социального происхождения (сын офицера царской армии).

В 1929—1932 гг. В. Н. Бакуль работает конструктором, а затем начальником конструкторского бюро Всесоюзного объединения каменноугольной промышленности «Уголь» и в эти годы регистрирует свое первое изобретение, касающееся совершенствования работы врубовых машин. С 1933 г. возглавил отдел завода «Союзтвердосплав», а с 1941 г. руководит цехом инструментального производства на эвакуированном после начала войны в Пермскую область (Урал) заводе, выпускающем тяжелые моторы для танков.

В 30-е годы началась и успешно

развивалась творческая деятельность В. Н. Бакуля, связанная с производством и применением вольфрамовых твердых сплавов. С их появлением (марка «победит») в конце 20-х годов потребовались объединение и организация целенаправленной работы сотен специалистов для создания штампов, резцов, фильер и других очень востребованных изделий машиностроения. Высокая твердость, износостойкость, но и присущая таким сплавам хрупкость при ударных нагрузках обусловили необходимость выполнения специальных конструкторских разработок, технологических исследований от специалистов. Одну из ведущих групп разработчиков этого направления и возглавил В.Н.Бакуль.

С 1949 г. В. Н. Бакуль возглавляет Харьковский филиал Всесоюзной конторы по использованию твердых сплавов «Твердосплав». Небольшой коллектив сотрудников филиала (14 человек) разработал и организовал промышленное производство новых твердосплавных буровых коронок для шахт Донбасса, твердосплавных зубков для горных комбайнов, твердосплавных резцов для токарных автоматов, начал разработку и испытания нового твердосплавного инструмента для обработки строительного камня, в том числе наиболее твердого из них — гранита. Эти исследования стали основой кандидатской диссертации В. Н. Бакуля, которую он защитил в 1958 году, предварительно окончив с отличием в 1950 г. Всесоюзный заочный политехнический институт.

В 1957 г. «Твердосплав» переводят из Харькова в Киев. Здесь начинается новый 20-летний киевский период жизни и работы В. Н. Бакуля. Это были наиболее яркие, плодотворные и

счастливые годы Валентина Николаевича, когда его врожденный талант организатора, создателя, творца заиграл новыми гранями — «гранями алмазных кристаллов». Эти годы вписали имя Валентина Николаевича Бакуля в историю страны, в историю развития научно-технического прогресса в производстве всех стран социалистического содружества.

В Киеве В. Н. Бакуль делает крутой поворот в направлении своей деятельности. Решение заняться совершенно новым делом было принято В. Н. Бакулем неслучайно. Механическая обработка твердосплавных инструментов абразивными кругами из карбида кремния не позволяла получать высокую остроту лезвия инструмента из-за хрупкости твердого сплава. Высокое качество обработки обеспечивал только алмазный инструмент, который в те годы импортировался из-за рубежа по высоким ценам, так как природные месторождения алмазов в Якутии тогда еще не были разработаны. Положение на мировом рынке промышленных алмазов кардинально изменилось с появлением синтетических алмазов (США, ноябрь 1957 г.). Постоянное стремление В. Н. Бакуля к совершенствованию технологических процессов производства, повышению эффективности работы твердосплавного инструмента привели к созданию в октябре 1959 г. лаборатории алмазного инструмента и преобразованию «Твердосплава» в ЦКТБ твердосплавного и алмазного инструмента с экспериментальным заводом и научно-исследовательскими лабораториями.

Ускорителем всех дальнейших решений стало сообщение об успешных опытах по получению синтетических алмазов в московском Институте фи-

зики высоких давлений АН СССР под руководством академика Л. Ф. Верещагина. Валентин Николаевич Бакуль сразу увидел и оценил перспективу использования синтетических алмазов в инструментальном производстве. Летом 1960 г. он знакомится с Л. Ф. Верещагиным и договаривается о совместной разработке промышленной технологии синтеза алмазов в Киеве. Перед коллективом ЦКТБ В. Н. Бакуль ставит задачу разработки оборудования и аппаратуры для создания высоких давлений и температур, обеспечивающих получение синтетических алмазов в промышленных масштабах. Сотрудники лабораторий, конструкторы, технологи, рабочие производственных подразделений, работая в две смены, к началу 1961 г. на новом оборудовании синтезируют первые кристаллы киевских алмазов.

Получив лабораторным путем синтетические алмазы, Л. Ф. Верещагин предполагал, что промышленную технологию удастся разработать только к 1969 г., а после этого спроектировать и построить завод искусственных алмазов с производительностью в один миллион каратов. Л. Ф. Верещагин и его сотрудники признали, что в Киеве коллектив В. Н. Бакуля модернизировал АД типа «чечевица», сделал его меньше и надежнее за счет оптимизации выбора твердого сплава, а впоследствии — существенно дешевле за счет разработки полностью стального варианта. Было создано массовое производство АД. Важной была системная разработка всей промышленной технологии — от высокопроизводительного и автоматизированного изготовления реакционных ячеек до массовой крупномасштабной технологии обогащения и очистки продукта синтеза, сортиров-

ки и классификации алмазных порошков по размерам, форме, примесному составу (чистоте). Это направление сотрудничества ИФВД с киевлянами было поддержано Постановлением Совета Министров СССР от 6 июня 1961 г. «Об организации промышленного производства сверхтвердых материалов в 1961—1965 гг.». При этом киевлянам предписывалось в 1961 г. выпустить установочную партию в 500 каратов алмазных абразивов. В. Н. Бакуль был требовательным и ответственным руководителем, ставил конкретные задачи для выполнения в жесткие сроки.

К XXII съезду КПСС, открывшемуся 17 октября 1961 г., в газете «Правда» был опубликован рапорт В. Н. Бакуля о наработке первых 2000 каратов синтетических алмазов. Поставленная еще Распоряжением Совета Министров от 20.03.1959 г. на три года задача синтезировать и внедрить в производство технологию синтеза искусственных алмазов была выполнена за два года. Был открыт путь развитию алмазной промышленности в стране. Президент АН СССР М. В. Келдыш так охарактеризовал заслугу Л. Ф. Верещагина в одном из выступлений: «Искусственными алмазами Верещагин окупил всю Академию наук за все годы её существования и на десять лет вперед».

Заслуги творцов синтетических алмазов были высоко оценены правительством и сообществом ученых. В июне 1960 г. Л. Ф. Верещагин был избран членом-корреспондентом Академии наук, а 1 июля 1966 г. — действительным членом (академиком) Академии наук СССР. За исследования по физике высоких давлений, которые привели к синтезу алмаза и боразона, ученым-первооткрывателям Л. Ф. Верещагину, В. А. Галактионову и Ю. Н. Рябинину

весной 1961 г. была присуждена Ленинская премия — высшая научная награда страны. Указом Президиума Верховного Совета страны от 30 декабря 1963 г. В. Н. Бакуль и Л. Ф. Верещагин были удостоены звания Героев Социалистического Труда, а институты ИСМ и ИФВД были награждены орденами Трудового Красного Знамени. 17 сотрудников ИФВД и 62 сотрудника ИСМ были награждены орденами и медалями.

Разработки ИСМ позволили за короткий срок создать в стране ряд крупнейших заводов по производству алмазов и инструмента из них в Полтаве, Львове, Ленинграде, Ереване, Томилино, Ташкенте. Промышленность страны к 1980 г. выпускала до 600 млн. каратов синтетических алмазов и 5000 типоразмеров алмазного и кубонитового инструментов, что равнялось всему их мировому производству по западной технологии. Благодаря разработкам Л. Ф. Верещагина, О. И. Лейпунского, В. Н. Бакуля, напряженной творческой работе, в первую очередь институтов ИСМ, ИФВД, ВНИИАлмаз, ВНИИТС и коллективов других организаций, страна была полностью обеспечена алмазными и кубонитовыми продуктами и инструментами. Не импортировала их, а, наоборот, осуществляла экспорт сверхтвердых материалов в Японию, США, европейские и азиатские страны. Анализ и расчеты, проведенные к 1980 г., показали, что экономический эффект от разработки и реализации отечественной технологии синтеза алмазов и кубонита, производства и применения отечественных инструментов из сверхтвердых материалов за 15 лет в масштабах страны реально составил один миллиард рублей, т.е. более миллиарда долларов по существовавшему тогда обменному курсу.

Исторический анализ научных открытий, анализ участия в них отечественных ученых, специалистов промышленности позволяет выделить ряд особенностей, полезных для настоящей и будущей организации решения сложных, принципиального значения, научных и научно-технических проблем. Важно при этом в менеджменте инновационно-инвестиционной деятельности, необходимой для этого, учесть опыт прошлого и умело воспользоваться техническими, административными и финансовыми возможностями настоящего. Важно в полной мере оценить риски для правильного планирования работы во времени и вложениях труда, материального обеспечения, необходимых инвестиций.

В истории успешного решения научно-технической проблемы синтеза алмазов из углеродно-металлического реакционного состава и других сверхтвердых материалов можно выделить главное.

*Первое.* Решение проблемы получения синтетических алмазов созрело во времени с учетом уровня развития техники высоких давлений, вклада ученых — П. Бриджмена, фон Платтена (von Platten), Т. Холла, Л. Верещагина и других. Физико-химия процесса кристаллизации алмазов из соответствующей реакционной среды достигла уровня готовности к получению прорывного результата благодаря научному вкладу Г. Муассана, О. И. Лейпунского, Д. А. Франк-Каменецкого и других ученых-предшественников. Нужно было объединить достигнутые знания и настойчиво решать задачу оптимизации известных взаимовлияющих факторов — состава реакционной смеси, уровня давления, температуры нагрева, времени процесса. Успех пришел к тем, кто настойчиво и упорно двигался

к цели в Швеции, США, СССР, а затем — в Чехии, Китае.

*Второе.* Необходимость в решении алмазной проблемы диктовалась потребностями индустрии. Исследования и достижения в области синтеза алмазов, КНБ относились в середине XX века к научно-техническим задачам материаловедения с наперед заданным результатом, обеспечивающим индустриальный прогресс, и к необходимым во времени целевым исследованиям фундаментального характера.

Металлообработка, электроника (производство элементов электроники из труднообрабатываемых кристаллических германия и кремния), оптическое производство и точная механика, эффективное породоразрушение и многие другие отрасли нуждались в применении алмазных и других сверхтвердых по свойствам инструментов. Без таких инструментов был бы невозможным технический прогресс. По известному утверждению, если алмазный инструмент изъять из техпроцессов, а алмазные элементы — из конструкций новой техники, то промышленное производство второй половины прошлого и настоящего веков было бы парализовано.

Роль науки как реальной производительной силы была хорошо понята в то время руководителями государства. Поэтому появились изложенные в ряде постановлений и упомянутые решения, направленные на обеспечение и стимулирование работ по синтезу алмазов. Они были изложены в ряде конкретных постановлений. Это постановления Совета Министров СССР от 28 августа 1947 г., Президиума Академии наук СССР от 3 октября 1958 г. СМ СССР от 20 марта 1959 г., ВСНХ СССР от 15 ноября 1963 г., СМ СССР от 6 июня 1961 г. и августа 1966 г.

## Опыт ИСМ по использованию инвестиций в области создания сверхтвердых материалов [7]

Научная разработка, год окончания	Годовой объем выпуска продукции	Объем инвестиций, дол. США	Объем эффективной реализации продукции, дол. США	Эффект на один дол. США вложений, дол. США
Порошки синтетических алмазов — 1961 г.	1962 г. — 100 000 ст 1963 г. — 3 млн. ст	50 млн.	600 млн.	12
Порошки кубического нитрида бора (КНБ) — 1963 г.	1964 г. — 50 000 ст 1965 г. — 100 000 ст 1990 г. — 2 млн. ст	100 000	1,5 млн.	15
Композиционный материал «Славутич» — 1967 г.	1970 г. — 300 000 шт.	300 000	27 млн.	90
Поликристаллы КНБ «Киборит» — 1983 г.	1985 г. — 20 000 шт.	400 000	5,5 млн.	14
Алмазно-твердосплавные пластины (АТП) — 1984 г.	1988 г. — 50 000 шт.	1 млн.	20 млн.	20

Поэтому в советское время не было ни одного руководителя в системе государственного управления, кто не приложил бы усилия, своё влияние и полномочия для материального и организационного решения задачи промышленного использования открытой учеными возможности получения синтетических алмазов как самого сверхтвердого из синтетических материалов. Ни одного начиная с Н. С. Хрущева, Л. И. Брежнев, Н. В. Подгорного, П. Е. Шелеста, В. В. Щербицкого, П. М. Машерова, А. П. Ляшко, Е. К. Лигачева.

За время работы института число специалистов из всех регионов большой нашей страны, руководителей и специалистов из десятков зарубежных стран, которые побывали, учились в ИСМ, воспользовались его продукцией и опытом, составило около тридцати тысяч человек.

*Третье.* Был достигнут такой успех, что реальная эффективность государственных инвестиций в материально-технический и кадровый потенциал для решения научно-технической проблемы промышленного производства синтетических алмазов и других сверхтвердых материалов оценена коэффициентом отдачи (экономическим эффектом) в несколько сот процентов (табл. 1 и 2).

Это стало результатом коллективного научного труда ученых ИФВД (Москва, Троицк) и ИСМ (Киев), специалистов ВНИИАлмаза (Россия), производителей Полтавского завода искусственных алмазов и инструмента (Украина), заводчан алмазников из Львова (Украина), Еревана (Армения), Томилино, Нальчика, Санкт-Петербурга (Россия), Минска и Гомеля (Беларусь),

**Опыт НТАК АЛКОН по использованию инвестиций в области создания нового оборудования и технологий механической обработки [7]**

Наименование	Объем инвестиций, тыс. дол. США	Количество оборудования	Полученный эффект, дол. США
Линия автоматизированной заточки сложнопрофильных свеклорезущих ножей	20	100 линий	4 млн.
Линия полной прецизионной обработки монокристаллических подложек	150	1 линия	1 млн.
Гамма станков алмазного точения лазерных металлических зеркал диаметром 0,5—3,0 м	200	20 шт.	3 млн.
Вакуумная технология спекания без пресс-форм шлифовальных инструментов из СТМ на адгезионно-активной связке	40	10 000 шт. в год	500 000
Автоматизированная линия полной алмазной обработки облицовочных плит из декоративного природного камня	100	2 линии	500 000
Технология полной переработки кусковых отходов вольфрамовых твердых сплавов для повторного использования	30	1 линия	150 000

Ташкента (Узбекистан), позднее — Казанлыка (Болгария) и многих других предприятий.

Прорывное решение крупной общегосударственного значения научно-технической проблемы в короткий срок стало возможным благодаря соединению фундаментальной и прикладной науки с производством. А конкретно — только объединение при централизованном управлении академического Бакулевского научно-исследовательского института, крупного специального конструкторско-технологического бюро и мощного Опытного завода за двадцать пять лет позволило:

— вывести отечественные достижения на мировой уровень;

— полностью обеспечить промышленность нужными сверхтвердыми материалами и конкурентоспособными твердосплавными и алмазными инструментами без какого-либо их импорта;

— обеспечить экспорт престижной отечественной высокотехнологичной продукции в Японию, США, индустриально развитые европейские страны.

Думаю, что этот опыт поучителен и должен быть востребован нынешними государственными руководителями для возрождения и укрепления индустриальной Украины.

1. Соціально-економічний стан України і наслідки для народу та держави: національна доповідь / за заг. ред. В. М. Гейця [та ін.]. — К.: НВЦ НБУВ, 2009. — 687 с.

- 
2. Горобец Б. Кто открыл синтез алмазов? / Б.Горобец // Государственное управление ресурсами. — 2009. — № 8(51). — С. 76—81.
  3. Современные проблемы химической и радиационной физики: сб. / [ред. И. Г. Ассовский и др.]. — М.: Объедин. ин-т хим. физики, 2009. — 402 с.
  4. Евдокимова В. В. Академик Леонид Федорович Верещагин / В.В.Евдокимова. — М.: Наука, 2009. — 364 с.
  5. Горобец Б. С. Секретные физики из Атомного проекта СССР: Семья Лейпуных. — Изд.2, испр. и доп./Б.С.Горобец. — М.: Книжный дом «Либроком», 2009. — 312 с.
  6. Бакуль В. М. Вибрані твори. Біографія. Спогади сучасників / В.М.Бакуль [відп. ред. М. В. Новиков]. — К.: ІНМ НАНУ, 2006. — 668 с.
  7. Научно-технологический алмазный концерн АЛКОН. Инвестиции и фонды // Инструментальный світ. — 2000. — № 7. — С. 13—16.

*Получено 05.05.2010*

**М.В.Новиков**

### **Проблеми використання результатів НДДКР: історична ретроспектива створення та промислового виробництва синтетичних алмазів**

*Викладено історію створення теорії синтеза штучних алмазів, перших розробок з їх одержання в лабораторних умовах вченими США, Швеції, СРСР. Коротко розповідається про життя вчених Й.І.Лейпунського, Л.Ф.Верещагіна, В.М.Бакуля та їх роль у створенні й промислового виробництві синтетичних алмазів та інших надтвердих матеріалів в СРСР.*

*А.І.Радченко*

## **Періодика майбутнього — паперова чи електронна?**

*Аналізуються сучасний стан, співвідношення та тенденції розвитку традиційних паперових і електронних, а також комбінованих видань, зокрема комерційних та видань НАН України.*

Стрімкий розвиток Інтернет-технологій і розширення спектру пристроїв, що дозволяють входити до всесвітньої павутини, сприяють тому, що усе більшу частину нашого життя охоплює віртуальний простір. Уже сьогодні людина може забезпечити себе всім необхідним, не виходячи з власної домівки. Серед найбільш розповсюджених товарів в Інтернеті — видавничі продукції.

Додає актуальності й без того жвавій дискусії щодо майбутнього папе-

рових видань світова фінансова криза. Подорожчання поліграфічних матеріалів і послуг позначилося на ціні друкованих видань, а відтак спричинило зменшення кількості їх споживачів. Типографії почали закриватись, періодичні видання закриватись або переходити на електронну форму випуску, шукати різних шляхів економії та впровадження платних послуг. Натомість на ринку стало більше аудіокниг, а в Інтернеті — різноманітних тематичних агрегаторів.