

УДК 621.921.34

**Н. Ф. Колесниченко, П. А. Балабанов**, кандидаты технических наук*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев***АЛМАЗАМ УКРАИНЫ 50 ЛЕТ**

*Представлены основные этапы развития Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины и достижения в области синтеза сверхтвердых материалов и инструментов на их основе.*

**Ключевые слова:** *синтез, сверхтвердые материалы, алмаз, кубический нитрид бора, высокие давления и температуры, монокристаллы, поликристаллы, нанокристаллы, алмазные инструменты.*

«Прорывное решение крупной общегосударственного значения научно-технической проблемы синтеза алмаза в короткий срок стало возможным благодаря объединению фундаментальной и прикладной науки с производством»

*Академик НАН Украины Н. В. Новилов,  
журнал «Наука та наукознавство» № 2, 2010 год*

Заметным событием в научном сообществе и общественной жизни страны стал полувековой юбилей деятельности Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля Национальной академии наук Украины, отмеченный 29 июня–2 июля 2011 года.

Становление и высокие темпы развития института относятся к 60–70 гг. XX столетия. Его организация была обусловлена высокой потребностью базовых отраслей промышленности страны в высококачественном обрабатывающем инструменте. Выпускаемые в те годы небольшие партии высокоэффективных инструментов на основе природных технических алмазов были дорогостоящими и дефицитными. Это определило дальнейшее развитие научных исследований в области разработки процесса синтеза алмазов на массиве знаний 20-го века. Важнейшую роль в этом направлении сыграла работа советского ученого химика О.И.Лейпунского, который теоретически рассчитал и четко сформулировал условия перехода графита в алмаз (ж. Успехи химии, т.VIII, вып.10, 1939 г.). Первые синтетические алмазы были получены в лабораторных условиях лишь в середине 50-х годов 20-го века. Независимо друг от друга алмазы синтезировали в Швеции (1953 г. – ф. «ASEA», США (1954 г. ф. «Дженерал Электрик»), Англии (1960 г. ф. «Де-Бирс»), СССР (1960 г. ИФВД АН СССР).

Результаты лабораторного синтеза алмаза под руководством Л.Ф.Верещагина в Институте физики высоких давлений АН СССР, стали основой для создания крупномасштабного промышленного производства алмазов. С этой целью в Киеве был организован в июне 1961 г., в подчинении Госплана УССР, Институт сверхтвердых материалов (ИСМ), которому в 1990г. присвоено имя его создателя и первого директора, известного организатора науки и производства, Заслуженного деятеля науки и техники, Героя Социалистического Труда В. Н. Бакуля. Организационно институт являлся научно-техническим комплексом, состоящим из научных подразделений, специального конструкторского бюро и опытного завода, расположенных на одной территории. Такая структура института позволила в кратчайшие сроки разработать и изготовить промышленные установки, коренным образом дополнить и усовершенствовать технологии синтеза и аппаратуру высоких давлений, оптимизировать параметры синтеза, обеспечивающие увеличение выхода алмаза за 1 цикл синтеза в десять раз при сокращении цикла от 25 минут до 1 минуты. Решение задачи повышения долговечности аппаратов высокого давления обеспечило снижение содержания твердого сплава в аппарате в 4 раза, и увеличение его срока службы от 1–2-х до 200 циклов. Совершенствование технологических процессов производства алмазов привело к разработке синтеза различных марок алмаза, отличающихся по своим физико-химическим и механическим

свойствам, новых сверхтвердых моно- и поликристаллических материалов, а также композитов на их основе.

Уже к концу октября 1961 г., т.е. через пять месяцев работы института, была выпущена первая партия синтетических алмазов в количестве 2 тыс. карат, что в 4 раза превысило государственный плановый показатель. До конца декабря этого же года было синтезировано 4400 карат алмазов (при плане 500 карат). Коллектив комплекса отличался высокой дисциплиной и производительностью в работе, ответственностью, пониманием государственной важности выполняемых работ. Опытный завод работал в трехсменном режиме и алмазы «текли рекой», их выпуск увеличивался ежегодно на несколько порядков: 1962 г. – 137 тыс. 400 карат (27,5 кг), 1963 г. – 3 млн. 61 тыс. 630 карат (612,3 кг), 1964 г. – 4 млн. 914 тыс. 897 карат (983,0 кг), 1965 г. – 6 млн. 436 тыс. 261 ст (1,3 т) и т.д.

К 1963 году Институт занял одно из ведущих мест в мире по выпуску алмазов (США, Англия, СССР), а по промышленному использованию алмазного инструмента превосходил эти страны. Наибольший объем выпуска алмазов на опытном заводе института зафиксирован в 1991 г. – 20 млн. 731 тыс. 247 карат (4,15 т). Всего за 50 лет деятельности ИСМ его Опытный завод выпустил 84,9 т. алмазов.

В 1963 г. Советом Министров СССР было намечено широкое использование синтетических алмазов в промышленности, ИСМ получает статус головной организаций страны в области синтеза алмаза, разработки и внедрения алмазного и твердосплавного инструмента.

Вместе с новыми марками алмазных порошков и других сверхтвердых материалов в институте создано более 5 тыс. типоразмеров инструментов на их основе для многих десятков промышленных производств, в т.ч. инструменты для шлифования, полирования, хонингования высоколегированных сталей и чугунов, заточки резцов из твердых сплавов, обработки специальных неметаллических материалов – оптического, технического, художественного стекла, ситалла, кремния, кварца, сапфира, керамики, природного камня, жаростойких материалов для авиационной и космической техники, материалов для электроники, военно-промышленного комплекса, медицины, для аграрно-промышленных предприятий и многих других.

Широкому внедрению инструмента способствовала активная учебная, информационная, рекламная деятельность института. На территории института работал техникум по подготовке специалистов и рабочих-алмазников, научные работники и инженерно-технический персонал проводили лекции и практические занятия, выезжали в сотни городов от западных границ страны до Сахалина, от Мурманска до Черного и Каспийского морей на специально оборудованных автобусах с передвижными выставками.

Такой «штурм» внедрения алмазного инструмента дал свои результаты. 10 тысяч организаций и предприятий взаимодействовали с институтом и проводили работы по хозяйственным договорам. Объем реализованных за 50 лет материалов, инструментов, изделий производства научно-технического комплекса института составил сумму 648,2 млн. дол. США.

Реальный экономический эффект к 1990 г. от применения предприятиями страны разработок института выражается суммой более миллиарда рублей, а вложения в создание института в 60-е годы исчисляются 50-ю миллионами рублей из госбюджета Украины.

В январе 1972 года Институт из подчинения Госплану УССР переведен в Академию наук УССР, а в 1977 г. его возглавил доктор технических наук, ныне академик НАН Украины Н. В. Новиков. В составе Академии наук институт значительно усилил свой кадровый научный потенциал и стал одним из известных научных центров в области материаловедения сверхтвердых материалов, исследований при сверхвысоких давлениях и экстремально высоких температурах. Сегодня в составе коллектива 405 человек, из них 205 научных работников, в т.ч. один академик, 5 членов-корреспондентов НАН Украины, 34 доктора, 85 кандидатов наук.

Под руководством Н. В. Новикова коллектив творческих работников заслужено занял ведущее место в мире по развитию фундаментальных исследований в области физико-химических

основ синтеза новых сверхтвердых материалов, созданию новейших методик изучения их структуры, физико-механических и химических свойств.

С приходом Н. В. Новикова в жизни института была открыта новая страница. Ранее, основное внимание уделялось разработке промышленной технологии, технологическим регламентам, организации широкого внедрения алмазного инструмента, при этом фундаментальные и теоретические исследования оставались на втором плане, к тому же не было достаточного количества высококвалифицированных кадров в области физики, химии, материаловедения. С появлением молодого доктора наук из известного академического института прочности, где Н. В. Новиков работал заместителем директора по научной работе, да еще с группой хорошо подготовленных специалистов в области теории прочности, которую он привел за собой, сразу произошел заметный поворот от прикладного по своей сути института к академическому учреждению.

В институте под научным руководством Н. В. Новикова широко развернулись фундаментальные исследования в области физико-химических основ синтеза сверхтвердых материалов (СТМ) на основе физики твердого тела, термодинамики, химии, механики. Началось комплексное изучение современными методами физико-механических свойств сверхтвердых материалов, прочности и долговечности изделий и поверхностей, обработанных инструментами из сверхтвердых материалов и твердых сплавов. Создавалась новая испытательная техника, приборы и технологическое оборудование.

Приведем лишь некоторые из важнейших научных разработок и укажем, что за время работы института создано более 100 разновидностей новых материалов.

Были получены новые научные результаты в исследованиях зависимости прочности алмазов от температуры при различных режимах синтеза и установлено, что легирование реакционного состава бором и особенно титаном приводит к увеличению прочности кристаллов.

Впервые синтезированы полупроводниковые алмазы, в том числе с металлическим типом проводимости, разработан эффективный экономически целесообразный способ синтеза и получены лучшие по свойствам в мире высококачественные алмазы больших размеров 4-10 мм (приоритет подтвержден патентом Украины № 2 от 26.07.1982 г.). Они перспективны для использования в теплостоках электронных устройств, для резцов, обеспечивающих высокое качество обрабатываемых поверхностей. Разработан способ получения алмазов с различной окраской (белые, красные, желтые, зеленые и даже черные), которые очень редко встречаются в природе и имеют высокую коммерческую стоимость).

Синтезирован не существующий в природе материал кубический карбонитрид бора, твердость которого на 30% превышает твердость монокристаллов кубического нитрида бора и уступает только алмазу.

Получен сверхпроводящий наноструктурный диборид магния конструкционного назначения с высоким уровнем механических свойств.

Впервые по государственному заданию в институте разработана промышленная технология высокотемпературного спекания керамического ударопрочного материала, не имеющего Европейских аналогов, для защиты бронированной техники и изготовления бронезилетов для армии.

В научной школе Н. В. Новикова значительно развиты компьютерные технологии моделирования фазовых превращений в материалах при высоких давлениях и температурах, созданы научные основы и разработаны новые методы классификации сверхтвердых материалов, в т. ч. поликристаллических наноструктурных алмазных порошков, показана их эффективность использования в качестве адсорбентов нового типа в медицине и в прецизионной обработке различных материалов, получены разные марки элитных алмазных порошков, работающих в инструментах при больших динамических нагрузках, разработаны методы прогнозирования сопротивления разрушению алмазосодержащих материалов, твердых сплавов и технической высокопрочной керамики в конструктивных элементах машин и инструментах. Определены закономерности механики разрушения алмазосодержащих композитов с твердосплавной и

металлическими матрицами. Развита основы термомеханики малоциклового деформирования и оценки предельного состояния с числовым расчетом распределения механических и термических напряжений в многоэлементных аппаратах высокого давления из разномодульных материалов в широком интервале температур нагрева.

Создано новое оборудование и разработаны методики для исследования *in situ* и фазовых превращений при сверхвысоких давлениях в алмазных наковальнях, определения состояния электропроводной поверхности методом сканирующей туннельной микроскопии с использованием алмазных полупроводниковых наноинденторов, а также для высокотемпературного термического анализа при высоких давлениях.

Изучен механизм влияния высоких давлений и температур на структуру, сверхпроводящие и механические свойства высокотемпературных керамических сверхпроводников, исследованы процессы формирования сверхпроводящих соединений.

Решены задачи механики и теплофизики контактного взаимодействия при алмазном микроточении оптических изделий из алюминия, механики и физикохимии контактного взаимодействия при точении резцами, оснащенными ПСТМ на основе КНБ, деталей машин из закаленных сталей, с наплавленными и напыленными защитными покрытиями, в том числе деталей сложной формы.

Десятки композиционных материалов созданы на основе алмаза и кубонита для оснащения режущих и буровых инструментов. Новые типы специализированного бурового и породоразрушающего инструмента, разработанные в институте, в настоящее время широко внедряются в Украине и странах СНГ и показывают высокую производительность и эффективность. В числе новых разработок создание буровых коронок, импрегнированных синтетическими монокристаллическими алмазами мелких фракций, ранее не применявшихся в бурении, что позволяет эффективно использовать неходовые алмазы.

90-е годы – это годы судьбоносных перемен в жизни Украины и в жизни института. Это разрыв научно-технических связей, катастрофическое снижение эффективности и престижности науки. Научные отделы и лаборатории сокращались, ученые расходились в разные фирмы, создавали за пределами института другие производства. Заводы останавливались, и им было не до нового инструмента, что роковым образом сказалось на судьбе Опытного завода и СКТБ с опытным производством института.

Для сохранения и дальнейшей работы производства НТК ИСМ Президиум НАН Украины принял постановление о создании в 1995 г. на базе Института сверхтвердых материалов Научно-технологического алмазного концерна «АЛКОН» – основы, создающей научно-технологический продукт. В АЛКОН вошли 12 юридически самостоятельных, но объединенных общей задачей, предприятий, обеспечивающих полный цикл от создания продукта до его реализации. Эти предприятия за 2006–2010 гг. выпустили и реализовали продукции на сумму 7 млн.203 тысячи долларов США. Такая реорганизация позволила институту продолжать работать над новой научной тематикой, воплощать в жизнь новые идеи о синтезе смарт-материалов, изменяющих свойства в различных условиях их использования, создании новых структурированных композитов абразивного применения с алмазными и КНБ наполнителями.

Научно-технические разработки института конкурентоспособны и имеют спрос на мировом рынке. Институт сотрудничает с известными научными центрами и предприятиями более, чем в 30 странах мира. Приоритетность разработок института подтверждается 3100 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

Только на разработку процессов синтеза сверхтвердых моно-, поликристаллических и композиционных материалов, выращивание крупных кристаллов на затравках и создание аппаратов высокого давления получено 424 патента. В 60-70-е годы XX столетия получены зарубежные патенты на 48 изобретений указанных направлений в 25 зарубежных странах, в т.ч. на способы

синтеза СТМ – 108 патентов, аппараты высокого давления – 49, композиционные материалы – 49, порошки и пасты из СТМ – 35 патентов.

В числе авторов этих изобретений ученые и специалисты института: д.т.н. Андреев В. Д., д.т.н. Бакуль В. М., к.т.н., Заслуженный изобретатель Украины Боримский А. И., д.т.н. Бочечка А. А., д.т.н. Беженарь Н. П., к.т.н. Божко С. А., Вишневский Э. Б., к.т.н. Гетьман А. Ф., Герасимович А. В., Герасименко В. К., Еременко Г. А., Житнецкий В. И., Кацай М. Я, к.т.н. Лукаш В. А., Масленко Ю. С., Ляшенко А. Ф., к.т.н. Нагорный П. А., акад. НАН Украины Новиков Н. В., к.т.н. Прихна А. И., д.т.н. Петруша И. А., Петренко В. И., Потапенко В. Д., Мельник Л. Е, Риттель Ю. Г., к.т.н. Соколов А. Н., Сухарев Б. Б., Ставицкий Б. И., Устинцев В. И., чл.-кор НАН Украины, д.т.н. Шульженко А. А., Шишкин В. А., Якименко В. Д., Белоусов И. С., к.ф.-м.н. Будяк А. А., д.т.н. Ивахненко С. А., к.ф.-м.н. Чипенко Г. В., к.х.н. Заневский О. А., к.т.н. Катруша А. Н.

Важное место в процессах синтеза принадлежит извлечению сверхтвердых материалов из продукта синтеза, созданию установок для химической очистки, классификации, сепарации, модифицированию, нанесению на порошки металлических и неметаллических покрытий и другим процессам. В этом направлении получено 980 авторских свидетельств и патентов, в числе которых ведущие сотрудники института: д.т.н. Богатырева Г. П., Базалий Г. Д., к.т.н. Ильницкая Г. Д., Крук В. Б., Куцовская А. М., к.т.н. Коберниченко Л. В., Лепитова Т. Г., к.т.н. Никитин Ю. И., к.т.н. Олейник Н. А., Погорелый Б. В., Сохина Л. А., Солнцев А. М., к.т.н. Уман С. М., Чипенко Т. Ю. и другие.

Институтом созданы более 900 технологических процессов получения сверхтвердых материалов и инструмента на их основе, разработано свыше 3 тысяч типоразмеров инструментов. На новые высокоэффективные оригинальные конструкции буровых долот и коронок для бурения глубоких скважин на нефть и газ и геологоразведочных работ получено 83 авторских свидетельств и патентов, в числе авторов которых Бакуль В. Н., Бондарь С. Н., Бронштейн Д. Х., д.т.н. Бондаренко Н. А., д.т.н. Вовчановский И. Ф., Доброскокин А. И., Иванов В. В., Исаков Э. И., Квач В. В., акад. НАН Украины Новиков Н. В., к.т.н. Красник В. Г., Скляр Э. С., Симкин Э. С., Финкельштейн Е. М., Цыпин Н. В., Аптов Э. Г., к.т.н. Арцимович Г. В., к.т.н. Бугаев А. А., к.т.н. Богданов Р. К., Голод Н.Ф., к.т.н. Загора А. П., Заболотный С. Д., Исонкин А. М., Лившиц В. Н., д.т.н. Свешников И. А., Фадеев В. Ф. и целый ряд других.

Интеллектуальное достояние института составляют 115 монографий, 90 сборников научных работ, 217 справочников, учебников, методических пособий, 8 тысяч научных статей. Институт издает научно-теоретический журнал «Сверхтвердые материалы» и рекламно-информационный журнал «Инструментальный світ». Первый из них переиздается на английском языке издательством «Springer» и включен в информационные продукты Thomson Renters, а также реферируется в трех базах данных.

72 сотрудника института отмечены Государственными наградами и премиями в области науки и техники СССР, УССР, Армянской ССР, Украины, Совета Министров СССР, премиями выдающихся ученых НАН Украины.

Многое изменилось за 50 лет в окружающей действительности, а значит и в жизни института. Самое тяжелое время – это время перемен, но институт выстоял и это видно по результатам его научной деятельности.

Директор института, академик Н. В. Новиков в одном из своих выступлений перед коллективом отметил пять успешно решенных основных задач. К ним относится разработка промышленной технологии синтеза алмаза, организация широкого промышленного использования сверхтвердых материалов; значительное повышение уровня фундаментальных научных исследований, преодоление коллективом не простых кризисных лет перестройки страны и переход к рыночной экономике и, наконец, мы решили пятую задачу – создали большой запас инновационных технологий.

Институт сегодня – это один из известных авторитетных в мире центров технологического превосходства в области сверхвысоких давлений и температур, компьютерного материаловедения, нанотехнологий, инженерии поверхности.

Инновационные проекты института целенаправлены на разработку новых материалов, инструментов, изделий техники для потребностей промышленности Украины, ускорения преобразований, намеченных программами правительственных реформ.

*Представлено основні етапи розвитку Інституту надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України в галузі синтезу надтвердих матеріалів і інструментів на їх основі.*

**Ключові слова:** синтез, надтверді матеріали, алмаз, кубічний нітрид бору, високі тиски і температури, монокристали, полікристали, нанокристали, алмазні інструменти.

*The basic stages of development of V. N. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine and achievements in synthesis of superhard materials and tools on their basis are presented.*

**Key words:** synthesis, superhard materials, diamond, cubic boron nitride, high pressure and temperature, monocrystals, polycrystals, nanocrystals, diamond tools.