

НАНОТЕХНОЛОГИИ — ФУНДАМЕНТ НОВОЙ НАУКОЕМКОЙ ЭКОНОМИКИ. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНГ В XXI веке



М.В. Ковальчук

и.о. вице-президента Российской академии наук,
директор Российского научного центра "Курчатовский институт",
член-корреспондент Российской академии наук



Добрый день, уважаемые коллеги!

Я начну со слов благодарности Борису Евгеньевичу Патону за приглашение в Киев и за возможность выступить в такой представительной аудитории. Должен сказать, что я очень давно не был в Киеве и сегодняшний приезд ассоциируется у меня с приятными воспоминаниями, поэтому я пришел в этот зал очень воодушевленным. Спасибо большое.

Предваряя доклад, напомним, как важно, начиная любое новое дело, точно сформулировать его цель и идеологию его развития.

Позвольте в качестве введения представить вам своеобразный экскурс в историю энергетики (рис. 1). По горизонтальной оси отложены годы (это временная ось), а по вертикальной — доля различных источников получения

энергии в общем объеме энергетических затрат. Сначала источником энергии было дерево. На сегодня этот источник уже не является значимым, хотя кое-где в Европе в качестве возобновляемых ресурсов снова используются дрова. Использование угля как источника энергии перешло свой пик, но имеющиеся запасы угля гарантируют его использование в перспективе. Запасы нефти и газа еще значительны, но очевидно конечны, и сегодня человечество начинает ориентироваться на масштабное развитие ядерной энергетики. Есть еще так называемые альтернативные источники энергии — солнце, ветер, приливы и т.д. (рис. 2 и 3).

Россия абсолютно самодостаточна с энергетической точки зрения — у нее есть уголь, нефть для работы тепловых станций, гидроресурсы, развитая атомная энергетика. Хочу на

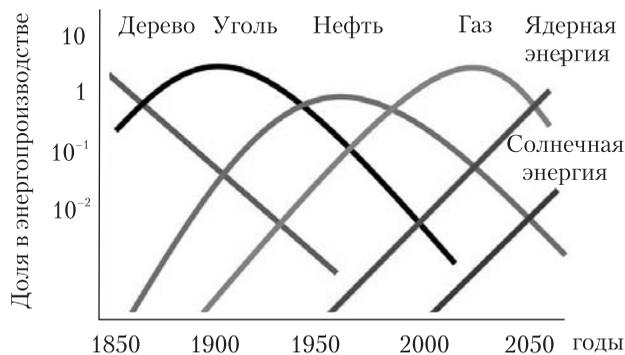


Рис. 1. Изменение роли основных источников энергии

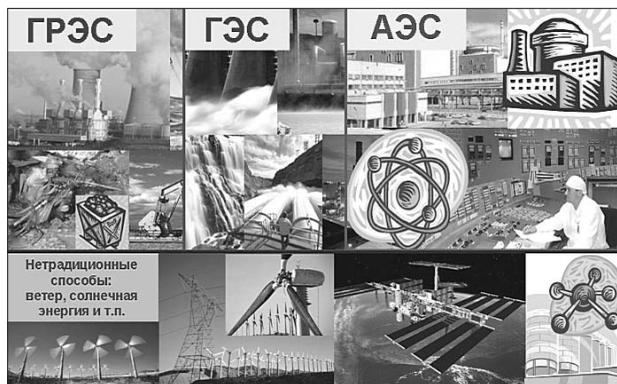


Рис. 2. Получение энергии



Рис. 3. Будущее энергетики

помнить, что атомная энергетика началась с запуска в начале 50-х гг. прошлого столетия Обнинской атомной станции, созданной по инициативе и под руководством И.В. Курчатова. Из Курчатовского института атомной

энергии идеология атомной энергетики распространилась по всему Советскому Союзу и дала толчок развитию атомной энергетики в мире. Если говорить о перспективах на ближайшее обозримое будущее — атомная энергия будет составлять основу развития энергетики, не исключая при этом альтернативных источников. В ноябре 2006 г. представителями ведущих стран в Париже было подписано Соглашение об образовании Международной организации по осуществлению проекта строительства Международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР). В качестве прототипа первого термоядерного реактора ИТЭР использовалась также разработанная в Курчатовском институте установка для термоядерного синтеза "ТОКАМАК". ИТЭР планируется ввести в строй через 10 лет, и он должен стать крупнейшей в мире экспериментальной установкой для демонстрации научной и технической осуществимости термоядерной энергетики.

В России внутренний спрос на энергетические мощности сегодня существенно выше, чем предполагалось в прежних планах и программах. Отсюда необходимость ускоренного развития и энергетики и энергосбережения. В связи с этим создание новых генерационных мощностей является ключевым вопросом экономического развития страны. У нас запущена масштабная программа по модернизации и строительству атомных станций.

Но есть и альтернативное предложение решения энергетических проблем — развитие энергосберегающих технологий. Сегодня львиная доля производственных затрат человечества идет, как это ни парадоксально, на производство отходов и загрязнение окружающей среды. Если же мы будем целенаправленно создавать необходимые нам материальные объекты, конструируя их из атомов и молекул с помощью нанотехнологий, это приведет к радикальному снижению материальных и энергетических затрат общества в целом. И это не вопрос отдаленного будущего —

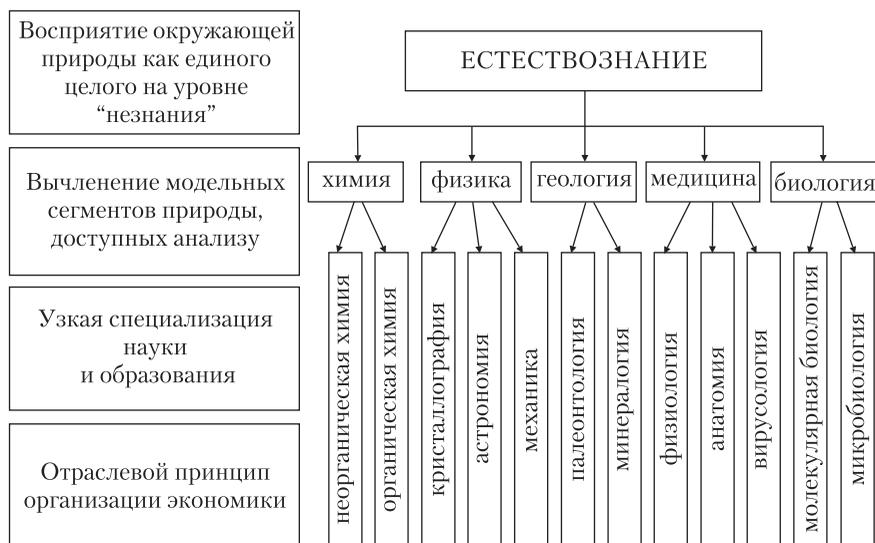


Рис. 4. Этапы познания окружающего мира

уже сегодня, например, реален переход от традиционных ламп накаливания к светодиодным светильникам, которые, по сути, являются нанотехнологическим продуктом, уже создаваемым российскими компаниями. Светодиодные осветительные элементы гораздо долговечнее, безопаснее и значительно уменьшают количество потребляемой энергии.

Если мы посмотрим на историю развития любой общественной системы, в первую очередь научно-технической, то можно выделить несколько этапов: знания накапливаются и трансформируются в технологии, которые, в свою очередь, составляют основу для развития промышленности. Но из-за того, что разные части системы развиваются с разной скоростью, возникают естественные "конфликты", которые разрешаются переходом системы на качественно новый уровень. Чаще всего подобный переход совершается революционным путем. В качестве примера можно привести замену классической модели мира, созданной во времена Ньютона, на квантовую картину мира, которая возникла во многом благодаря открытиям Резерфорда и Бора, когда было выявлено пространственное строение атома и

атомного ядра. Фактически это привело к научной революции XX века, самым ярким выражением которой стал "Атомный проект". От фундаментальных исследований мы перешли к ускорителям, от ускорителей — к атомной бомбе, от атомной бомбы — к атомной электростанции. Результатом этого стало появление новых технологий, новой науки. Но самое главное — изменилось геополитическое лицо мира.

Давайте попробуем разобраться в глубинных процессах, происходящих сегодня в научном сообществе. Когда при Ньютоне, 300 лет назад, наука как таковая только формировалась, она изучала единую неделимую природу. Тогда не существовало химии, физики, математики — природа была едина. Она была непонята, "обожествлена" на уровне незнания, любая наука об окружающем мире называлась естествознанием, а любой ученый соответственно — естествоиспытателем (рис. 4). Дальше, по мере роста человеческих знаний об окружающем мире, наука стала "делиться". Схематично рассуждая, если вы писали формулы, то вы были математиком, смотрели в подзорную трубу или лупу — физиком, если



Рис. 5. Информационные технологии



Рис. 6. Нанотехнологии

изучали бабочек — биологом, камни — геологом и т.д. То есть человечество вычленило для себя все больше модельных сегментов из этой неделимой природы, что, казалось бы, позволяло проще разбираться в различных явлениях. В результате за 300 лет была построена узкоспециализированная система науки, а следовательно, и образования. Сегодня есть сотни различных научных дисциплин, но утрачено целостное восприятие окружающего мира. Создав узкоспециализированную систему науки и образования, мы глубоко разобрались в окружающем мире, построили уникальную цивилизацию, но при этом попали в некоторый логический тупик.

Естественно, узкоспециализированная система науки и образования предопределила отраслевой характер промышленности и экономики в целом. Давайте проследим этапы развития промышленности. Сначала разви-

вались камнеобработка, деревообработка, добыча полезных ископаемых и т.д., т.е. *чисто отраслевые технологии*. На следующем этапе появились так называемые *интегрированные межотраслевые технологии*. Это означает, что при сохранении отраслевого характера экономики мы начали делать более сложный, высокотехнологичный конечный продукт — автомобиль, самолет, космический корабль. Несколько десятилетий назад появились принципиально новые *информационные технологии*. Хотя изначально информационные технологии были просто добавлены к уже существующим отраслям, они имели принципиально иной — надотраслевой — характер и фактически явились неким обручем, который объединил все отрасли знания. Это можно понять из следующего рисунка (рис. 5). Очевидно, что сегодня прогресс ни в одной из сфер человеческой деятельности без при-

менения информационных технологий немыслим.

Но информационные технологии в значительной мере виртуальны, это некая "голова профессора Доуэля" из фантастического романа Беляева. Появившиеся сегодня нанотехнологии, в отличие от информационных технологий, существенно более материальны. Нанотехнологии — это базовый приоритет для всех существующих отраслей, которые изменят и сами информационные технологии. Внутренняя логика развития нанотехнологий призвана соединить существующую узкоспециализированную науку и отраслевую экономику в единую картину естествознания, но уже на новом уровне развития цивилизации — уровне знания (рис. 6).

Нанотехнологии — это не отдельные технологии или новые технологические направления, а модернизация всех существующих технологий на принципиально новом атомарном уровне (рис. 7). Нанотехнологии — это единый материальный надотраслевой фундамент развития всех без исключения отраслей новой наукоемкой экономики постиндустриального общества.

Сегодня уже можно сформулировать основные черты современного этапа развития научно-технической сферы.

1. Во-первых, мы переходим к наномасштабам, получив возможность манипулировать атомами и молекулами, составляющими любое вещество. Сто лет назад главная цель науки заключалась в стремлении проанализировать и понять, каким образом устроен окружающий мир. В XX веке, используя электромагнитное излучение и частицы, человечество двигалось по пути анализа в область микромира, последовательно открывая молекулы, атомы ядра и элементарные частицы. В середине прошлого столетия благодаря открытию рентгеновского излучения и рентгеновской дифракции стали видны молекулы и атомы, появилась возможность видеть их и манипулировать ими. Соединяя отдельные атомы и

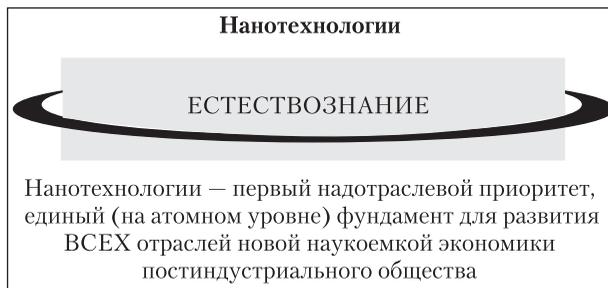
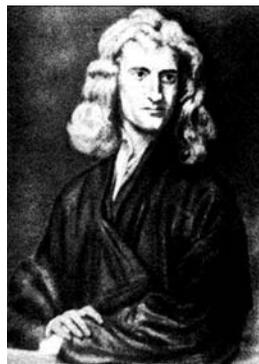


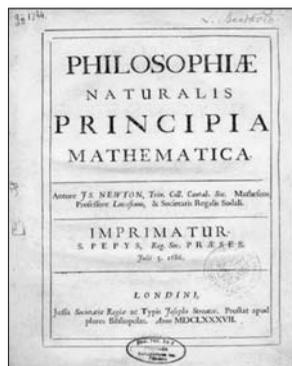
Рис. 7. Модернизация технологий на принципиально новом атомарном уровне

молекулы, стало возможным конструировать из них новые вещества. Таким образом, появились искусственные материалы, хорошо известные нам сегодня: полупроводниковые кристаллы кремния, германия, арсенида галлия и другие соединения АЗВ5 и А2В6, диэлектрические кристаллы, в частности лазерные, и даже такие, которые обладают свойствами, не существующими у природных веществ. Большие успехи были достигнуты и в органическом материаловедении — был создан синтетический каучук, целый ряд полимеров и других биоорганических объектов. Таким образом, в середине прошлого столетия, наряду с основным научным методом — **анализом**, начал формироваться и другой — **синтез**, когда человечество руками и разумом ученых начало синтезировать искусственные материалы. Парадигма развития науки стала меняться от понимания, как устроен мир, к тому, чтобы целенаправленно и оптимальным путем самим создавать какие-то его элементы.

Безусловно, мы сильно продвинулись на пути анализа. Стало очевидно, что наши знания о мироустройстве достигли такого уровня, что мы способны исследовать практически любое явление, изучать любое вещество. Мы можем высадиться и погулять по Луне, жить автономно много месяцев в космическом корабле или в подводной лодке подо льдами океана. Мы даже можем найти панацею от многих болезней, но это все потребует огромного количества средств, как матери-



Исаак Ньютон
(1642–1727)



“Philosophiæ Naturalis
Principia Mathematica”

Рис. 8. “Математические начала натуральной философии” сэра Исаака Ньютона впервые опубликованы в 1687 г.

альных, так и интеллектуальных. Главная же проблема заключается в том, что имеющиеся в распоряжении человечества ресурсы ограничены.

Отсюда возникает новая постановка проблемы — нужна строго выстроенная система приоритетов. Существуют тысячи задач, но сегодня, используя те ресурсы, которыми мы располагаем, можно решить лишь часть из них. Поэтому мы должны из этого множества задач выбрать наиболее приоритетные и сконцентрировать на них усилия. Например, можно сосредоточить все усилия на решении проблем, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, но тогда значительная часть населения будет страдать от туберкулеза, других вирусных и прочих болезней.

2. Вторая характерная черта научного развития на данном этапе — это сближение органического мира — мира живой природы — с неорганическим, в чем мы достигли больших успехов в последние десятилетия. Как следствие, принципиально меняется подход к *организации исследовательской работы* — от узкоспециального мы должны перейти к междисциплинарному методу проведения научных исследований. Ученый, манипулирующий атомами, создающий из них новые вещества,

не может назвать себя физиком, химиком или биологом. Этот ученый — тоже естествоиспытатель, каким был Ньютон 300 лет назад, но уже на качественно новом уровне — “уровне знаний” (рис. 8). Нанотехнология — это фактически название научно-технологической революции начала XXI века (рис. 9).

Раньше мы шли “сверху”, то есть двигались в сторону уменьшения размеров создаваемых предметов. Можно на “пальцах” представить себе цепочку: *рубим дерево — обтесываем бревно — распиливаем его на доски — делаем вагонку, или добываем руду — выплавляем ее — делаем болванку — обтачиваем ее на станке и т.д.*, т.е. отрезаем все лишнее. В итоге мы получаем доску или металлическую деталь, но большая часть наших усилий — материальных и технологических — идет на создание отходов и на загрязнение окружающей среды. Сейчас мы начинаем идти “снизу” — с уровня атомов, складывая из них, как из кубиков, материалы и системы с заданными свойствами. Фактически речь идет о создании технологий и оборудования для атомно-молекулярного конструирования любых материалов, что, очевидно, возможно лишь при создании адекватных методов диагностики с атомарным разрешением. Если двигаться по этому пути, то переход к нанотехнологиям, к атомарному конструированию дает важнейший результат — дематериализацию производства и резкое качественное уменьшение энерго- и ресурсоемкости. При этом развитие нанотехнологий подразумевает развитие двух самостоятельных направлений. Что я имею в виду?

С одной стороны, нанотехнологии — это новая технологическая культура, основанная на конструировании макроматериалов путем направленного манипулирования атомами и молекулами. И сегодня уже можно говорить о создании принципиально новых уникальных материалов (хотя отмечу: здесь очень много спекуляций). Страницы наших газет пестрят

сообщениями о "нанотелефонах", "наноавтомобилях" и т.д. На самом же деле "нано" не значит только миниатюризацию, тут мы уже дошли в некоторых случаях почти до абсурда. Мобильный телефон должен иметь клавиши, чтобы удобно было в них попасть пальцем. Экран компьютера должен быть таким, чтобы изображение не надо было рассматривать в подзорную трубу. А вот схема внутри должна обладать колоссальным быстродействием, должна одновременно иметь огромную память и быть максимально миниатюрной. Новая технологическая нанокультура состоит в том, что с помощью направленного манипулирования атомами создаются макроматериалы с любыми заданными свойствами, принципиально новая продукция, необходимая практически во всех отраслях промышленности. Следовательно, речь идет о формировании рынка принципиально новой продукции. Естественным результатом этого станет изменение технологического и социально-экономического уклада общества. И, по прогнозам, это произойдет очень быстро — в течение ближайших 15–20 лет.

Второе направление нанотехнологий — это соединение существующих сегодня технологических возможностей, в первую очередь

твердотельной микроэлектроники, с конструкциями, созданными по образцу живой природы. Например, создание полупроводниковых наноструктур с квантовыми точками — важное достижение в неорганическом материаловедении. В основе формирования этих структур лежит принцип самоорганизации, а принцип самоорганизации — это базовый принцип живой природы. В течение 60 лет развития твердотельной микроэлектроники на базе полупроводниковых кристаллов человечество, создав компьютер, подошло к принципам, используемым живой природой.

Уже довольно давно существуют приборы "ночного видения". Для их изготовления были специально разработаны материалы на базе монокристаллов теллурида кадмия. Но это — искусственно выращенные кристаллы, требующие больших затрат для их создания. Между тем в живой природе существуют подобные системы, например, у ряда змей. Благодаря достижениям нанобиотехнологий можно будет выделить соответствующие стволовые клетки из инфракрасного сенсора змеи, и на их основе "вырастить" инфракрасный детектор биологической природы. Фактически, мы придем к созданию принципиально новых наноприборов и систем биони-

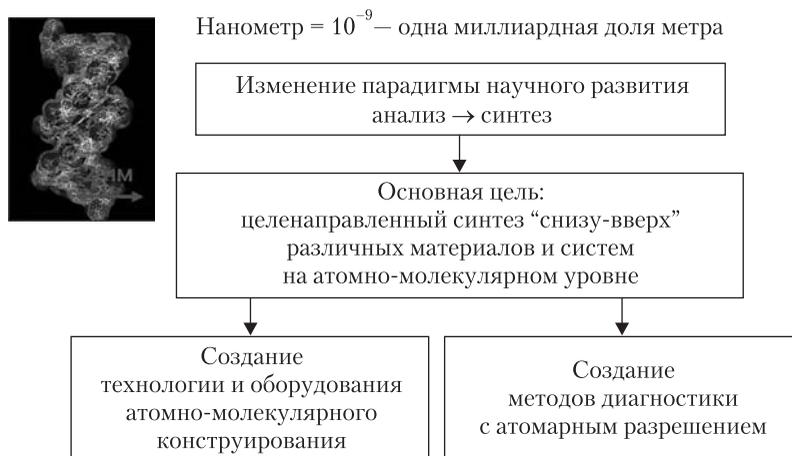


Рис. 9. НАНОТЕХНОЛОГИЯ — научно-технологическая революция начала XXI века

ческого характера, в первую очередь на базе технологий твердотельной микроэлектроники, сочетаемых с возможностями нано-биоорганических систем.

Результатом этих усилий будет создание антропоморфных, похожих на человека, технических систем. Развитие нанобиотехнологий по обсуждаемому второму направлению, в основе которого лежит развертывание и проведение широкого фронта междисциплинарных фундаментальных исследований, и есть запуск будущего.

В чем же заключается принципиальное отличие нанотехнологической революции от предыдущих научных революций? С одной стороны, доля интеллектуального вклада в любой конечный продукт резко возрастет. Если в индустриальном обществе, в котором мы, собственно говоря, еще продолжаем жить, доля НИОКРа в конечном продукте не превышает 15–20 %, то в постиндустриальном она должна быть не менее 60 %. То есть исследования и разработки (НИОКР) становятся все

более существенной частью высокотехнологичного продукта.

Вторая особенность нанотехнологической революции связана с социальной направленностью нанопроекта — в этом существенное отличие от атомного или космического проектов, которые были изначально ориентированы на военно-стратегические цели. Нанопроект по сути своей социален, поскольку создаваемые материалы с новыми свойствами будут востребованы в медицине, строительстве, легкой промышленности и т.д. Конечно, нанопродукты будут востребованы и для специального использования, но в целом они изначально найдут применение на широком рынке, что предполагает обратную связь — быструю отдачу вложенных средств.

В таблице (рис. 10) представлена небольшая часть того, что уже предлагает сегодня рынок продукции нанотехнологий. Левый столбец — то, что реально есть на рынке. Средний — то, что существует в проектах НИОКРа, но довольно быстро из этого столбца перейдет в левый — готовый продукт. В правом столбце отражены перспективные продукты — "запуск будущего".

Как это все может реализовываться?

Первый этап реализации — это формирование рынка высокотехнологичной продукции (рис. 11 и 12).

Второй этап связан с существующими в РФ федеральными целевыми программами, с помощью которых можно "перевести" товары из среднего столбца в левый.

Важно отметить, что мы снова начали производить средства производства: строим синхротроны, установки молекулярно-лучевой эпитаксии, атомно-силовые микроскопы, проводим модернизацию действующих машин, участвуем в международном разделении труда (рис. 13). Так, в октябре 2007 г. в Висбадене на встрече Канцлера ФРГ Ангелы Меркель и Президента России В.В. Путина была достигнута договоренность о полномасштабном участии России в сооружении Европейс-

Готовые продукты, имеющиеся на рынке	Продукты, которые будут готовы к выходу на рынок через 3–5 лет	Перспективные продукты и разработки
<ul style="list-style-type: none"> + нанодисперсные материалы + покрытия + композиты + керамика + полимерные материалы + катализаторы + мембраны + светодиоды + сенсоры + биочипы 	<ul style="list-style-type: none"> + углеродные материалы + наноэлектронные устройства + средства доставки лекарственных препаратов (нанокапсулы) + микросистемная техника + медицинские диагностикумы 	<ul style="list-style-type: none"> + продукция нанобиотехнологий + гибридные устройства и приборы бионического характера + нано-биосистемы и устройства
Запуск программы типа SBIR	Программы НИОКРов	Запуск «будущего» Координация и инфраструктура

Рис. 10. Рынок продукции нанотехнологий



ЗАДАЧА – МАСШТАБИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Рис. 11. Примеры готовой продукции наноиндустрии



ЗАДАЧА – МАСШТАБИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Рис. 12. Примеры готовой продукции наноиндустрии

кого лазера на свободных электронах — XFEL, его эксплуатации и проведении исследований. Это воплощение давней, еще советской идеи, сформулированной нашими учеными. Сегодня начинается совместная реализация этого крупного международного проекта, в котором вклад России составляет существенную часть.

На рис. 13 представлены сложные комплексы, так называемые "нанофабы" — в своем роде целые "фабрики будущего", которые будут

позволять создавать сложные наносистемы для различных целей. На начальном этапе, наряду с проникновением на мировые рынки, для развертывания производства высокотехнологичной нанопродукции нужен стабильный государственный заказ. На сегодня в России реализуются национальные проекты, которые могут быть использованы в качестве своеобразного инструмента для запуска рынка наукоемкой продукции. Вот, например, проект "Доступное жилье". Каждый сдавае-



Рис. 13. Совместная разработка, производство и использование технологического, метрологического и диагностического оборудования для nanoиндустрии (средства производства)

**Программа формирования институтов
частно-государственного партнерства**

- ✦ Создание и/или подбор компаний по приоритетным направлениям развития;
- ✦ Передача интеллектуальной собственности;
- ✦ Передача материальных ресурсов, включая прямые инвестиции;
- ✦ Создание гарантированного спроса (госзаказ, изменения нормативной базы).

Аналогичные программы в США – SBIR, STTR, SBIC

Плановое увеличение объемов производства nanoиндустрии путем замещения выпускаемой продукции продукцией nano (перенормировка)

Рис. 14. Алгоритм "запуска" рынка продукции нанотехнологий

мый в эксплуатацию в рамках национального проекта новый дом должен быть оснащен датчиками, которые будут контролировать состояние фундамента, системами освещения на базе светодиодов, очистки питьевой воды и стоков с помощью наночистот. Для реализации такого проекта необходимо введение новых технологических регламентов и стандартов, на основе которых каждый дом должен оснащаться соответствующими датчиками. Это должно создать устойчивый спрос на

научно-технологическую продукцию, что, в свою очередь, запускает производство высокотехнологичной продукции и соответствующий сегмент рынка. Создавая внутренний спрос на нанотехнологическую продукцию и внутренний рынок высокотехнологичных продуктов, мы становимся интересными любой зарубежной компании для сотрудничества и партнерства, что, в свою очередь, создаст условия для нашего масштабного участия в глобальных мировых рынках научно-технологической продукции. Сейчас

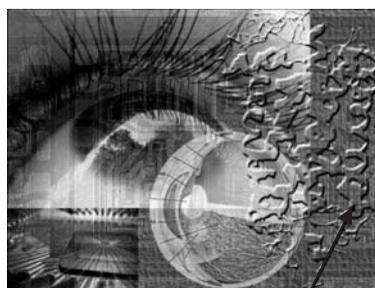
у нас в стране существует уникальная возможность использования национальных проектов для создания механизмов платежеспособного спроса на отечественную высокотехнологичную продукцию. Фактически, речь может идти о создании или подборе компаний, институтов по приоритетным направлениям, передаче им интеллектуальной собственности, материальных ресурсов, включая прямые инвестиции и создание гарантированного спроса на выпускаемую ими высокотехнологичную продукцию, т.е. формирование внутреннего рынка этой продукции.

Говоря о международном опыте в этой сфере, вспомним США, которые в свое время запустили целый ряд программ по активизации наукоемкого бизнеса — SBIR, STTR, SBIC (рис. 14). После запуска программы SBIR они за короткий срок, практически с нуля, создали "Силиконовую долину". Это удачный пример формирования институтов частно-государственного партнерства. Во-первых, выбираются компании по определенным приоритетным направлениям и создаются жесткие конкурентные условия, в которых они развиваются. Во-вторых, государство вкладывает средства в проекты под определенные индикаторы, материальные ресурсы, интеллектуальную собственность. Компании производят продукт и выпускают его на рынок под контролем государства, имея соответствующую нормативную базу.

Заканчивая обсуждение развития нанотехнологий по первому направлению, связанному с формированием и запуском внутреннего рынка соответствующей нанопродукции, хочу подчеркнуть, что нам для этого необходимы соответствующие научно-технологические возможности (которые уже есть) и воля государства.

Теперь по поводу "запуска будущего". Представьте, что вы хотите создать с помощью нанотехнологий устройство, подобное человеческому глазу. Какой специалист может решить эту задачу? С одной стороны, это уникальный оптический прибор (рис. 15). С другой — это биологический объект, фоточувствительный белок родопсин, в котором протекают сложные биохимические процессы. Так что моделирование глаза — задача для большой команды специалистов из разных научных областей: физиков и математиков, химиков и биологов, медиков и физиологов, инженеров, прибористов, схемотехников и др., работающих в рамках единого подхода на общий результат на основе общей инфраструктуры.

Серьезным фактором, препятствующим развитию такого единого подхода, является действующая сегодня система финансирования и организации науки. Она построена по узкоспециальному принципу и затрудняет организацию междисциплинарных исследований. Чтобы перейти к новой экономике, необ-



белок родопсин

Рис. 15. Этапы создания искусственного глаза — уникального детектора электромагнитного излучения

- Изучение природы зрения
(физиолог, нейроофтальмолог)
- Изучение функций молекулы родопсина
(молекулярный биолог)
- Выделение и очистка белка
(биохимик)
- Кристаллизация белка,
рентгеноструктурный анализ
(кристаллограф)
- Разработка интегральной схемы
(инженер-системотехник)
- Создание двумерной белковой пленки
(физик, химик)



Рис. 16. Государственная научно-техническая политика в сфере нанотехнологий

ходимо в корне изменить нынешнюю организацию науки. Причем это касается не только России. За страной, которая поймет это и сможет перестроить систему научных исследований, – будущее. Мы начинаем действовать в этом направлении.

Несколько слов о том, какова сегодня научно-техническая политика в сфере нанотехнологий в Российской Федерации (рис. 16). У нас уже построены основные элементы достаточно замкнутой и согласованной системы по развитию и продвижению нанотехнологий, началось формирование инфраструктурной базы наноиндустрии в сетевом формате, т.е. не для отдельных организаций,

а в виде национальной нанотехнологической сети (ННС).

В соответствии с президентской инициативой и правительственной программой координации работ в области нанотехнологий ННС будет формироваться как совокупность организаций различных организационно-правовых форм, выполняющих фундаментальные и прикладные исследования, осуществляющих научно-технологические разработки и коммерциализацию технологий, ведущих подготовку кадров в области нанотехнологий. В состав ННС входят:

- ✦ головная научная организация – Российский научный центр "Курчатовский инсти-

тут", осуществляющая научную координацию деятельности по реализации президентской инициативы;

- ✦ государственная корпорация "Роснано", решающая задачи организационной и финансовой поддержки инновационной деятельности в среде нанотехнологий;
- ✦ ведущие научные, промышленные и образовательные центры — головные организации по направлениям развития нанотехнологий и по регионам РФ.

В процессе создания ННС планируется сформировать 6 технологических платформ по всем направлениям деятельности как структурообразующих элементов сети:

- ✦ исследовательско-технологической;
- ✦ научно-образовательной и кадровой;
- ✦ информационно-коммуникационной;
- ✦ организационно-экономической (коммерциализация, частно-государственное партнерство);
- ✦ организационно-правовой (интеллектуальная собственность, стандарты, безопасность);
- ✦ организационно-методической для международного сотрудничества.

Таким образом, формируется национальная нанотехнологическая сеть, которая объединит все имеющиеся научные, образовательные и промышленные организации в области нанотехнологий.

Организационно эта сеть устроена так.

Первый этап — фундаментальные исследования, второй — НИОКР, третий — производство (рис. 17). Фундаментальные исследования сегодня поддерживаются, в первую очередь, бюджетами и спецпрограммами Российской академии наук, Российской академии медицинских наук и Российской академии сельскохозяйственных наук. Кроме того, у нас исследования и разработки в области нанотехнологий проводятся приблизительно в 60-ти государственных научных центрах (ГНЦ) и отраслевых институтах, а также в значительном количестве университетов и вузов. Сегодня в этих организациях, наряду с проведением фундаментальных исследований, все большее внимание уделяется научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам (НИОКР). Существуют целые серии специальных программ. В первую

Глобальный характер проекта предполагает его сетевую организацию
 ЯДРО СЕТИ — Головная организация — РНЦ "Курчатовский институт"
 Центры превосходства — головные организации: по направлениям, по регионам
 Научно-образовательные центры — на базе ведущих вузов РФ



ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ ГОЛОВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ



Рис. 17. Национальная нанотехнологическая сеть (архитектура проекта)

очередь, это федеральные целевые программы (ФЦП), которые реализует Министерство образования и науки РФ. Основная из них — это ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.", в рамках которой существует ряд приоритетных направлений, в частности "Индустрия наносистем и материалы". Программа рассчитана на 5 лет и на ее финансирование выделено более 100 млрд. руб. (около 4 млрд. дол США). Существует также значительное число федеральных программ, включающих разработки в области нанотехнологий. Назовем здесь федеральные программы, реализуемые Министерством промышленности и энергетики РФ, Министерством обороны РФ, и комплекс программ Росатома и Роскосмоса. Эти программы нацелены в основном на преобразование существующих результатов фундаментальных исследований в реальные НИОКР. Следующее звено — промышленное производство, которое сегодня в значительной мере развивается частными компаниями. По поручению Президента РФ создана государственная корпорация — "Российские нанотехнологии" ("Роснанотех"), которая в соответствии с Федеральным законом должна выполнять функции финансово-организационной структуры для коммерциализации результатов исследований в области нанотехнологий. Кроме того, необходимо упомянуть недавно принятую федеральную программу "Инфраструктура nanoиндустрии", объем финансирования которой составит около 25 млрд. руб. (чуть более 1 млрд. дол. США) на ближайшие три года. По этой программе деньги целевым образом будут вкладываться в развитие инфраструктуры информационно-коммуникационной базы и в создание новых технологических центров. Уже начато создание нескольких исследовательско-технологических центров на базе ведущих научных центров России. Один такой центр формируется на базе РНЦ "Курчатовск-

кий институт", планируется создание ряда центров в РАН. Сегодня стало очевидным, что мы впервые после долгого перерыва начали глобальный научный проект, уже ставший реальностью. Созданы основные элементы структуры для развития нанопроекта: существует Правительственный совет по нанотехнологиям, возглавляемый первым вице-премьером Правительства РФ С.Б. Ивановым, который должен определять стратегию развития в этой области у нас в стране; подготовлена программа фундаментальных исследований на 5 лет; утверждена головная научная организация по координации работ в области нанотехнологий и наноматериалов в РФ; выстраивается Национальная нанотехнологическая сеть; создана государственная корпорация Роснанотех.

Отдельно следует остановиться на роли Академии наук. РАН, в структуру которой входит несколько сотен институтов, имеет уникальную базу для развития междисциплинарных исследований. И сегодня руководством Академии сделаны серьезные шаги в этом направлении. Во-первых, распоряжением Президиума создана комиссия по нанотехнологиям, которую возглавляет академик Ж.И. Алферов. Ей поручено разработать масштабную программу работы РАН в этом направлении. Разработка программы сейчас идет полным ходом. Во-вторых, решением Общего собрания РАН в структуре Академии создано специальное отделение нанотехнологий и информационных технологий, которое должно быть координационным центром развития исследований и разработок в сфере нанотехнологий внутри Академии наук.

Еще несколько слов о национальной нанотехнологической сети.

Глобальный характер проекта предопределяет и характер его сетевой структуры. Сегодня развитие глобальных научных проектов очевидным образом перешло от кластерного типа структур к сетевым. ЦЕРН и ОИЯИ были чисто кластерными решениями.

В начале 50-х годов было принято решение развивать физику высоких энергий, ядерную физику — и все, что было лучшего в разных странах, было сконцентрировано в конкретном месте на берегу Женевского озера или реки Дубны. И это был кластер. Сегодня речь идет о создании сетевой структуры, причем для нашей огромной страны это крайне важно, т.к. формируя сетевую структуру, мы сможем включать в нее вузы и университеты. Академические институты в основном сосредоточены в крупных городах, но по всей стране существует немало университетов, других учебных заведений, в которых ведутся исследования, важные для развития нанотехнологий. С помощью сетевой структуры они смогут активно включаться в процесс. Естественно, необходимо найти формы для сквозного финансирования междисциплинарных проектов. Наиболее понятный и быстрый путь для этого — использование национальных лабораторий в качестве базы междисциплинарных исследований крупных исследовательских центров национального масштаба. Например, одним из таких центров является Российский научный центр "Курчатовский институт", обладающий уникальной экспериментальной базой мирового класса и ведущий работы по большому спектру современных научных направлений — физики, математики, химии, биологии, материаловедения и др. Сегодня, в соответствии с поручением Президента РФ, готовится к реализации пилотный проект по созданию национального исследовательского центра в области нанотехнологий на базе головной организации национальной нанотехнологической сети — РНЦ "Курчатовский институт". В процессе реализации этого проекта должна быть сформирована эффективная организационно-управленческая структура и отработаны правовые основы деятельности междисциплинарного исследовательского центра.

В России уже началось формирование ННС, включающей в себя головные организа-

ции по научно-технологическим направлениям и по регионам. Этот тип сотрудничества может быть расширен путем включения в состав организаций — участников ННС крупных исследовательских и образовательных центров государств СНГ. Первым шагом на пути реализации такого сотрудничества может быть коллективное использование больших установок, к которым относятся синхротронные и нейтронные источники, ускорители, плазменные установки, интегрированная информационно-вычислительная сеть на основе технологий GRID-GLORIAD, являющаяся элементом общеевропейской и мировой сети и др. Возможно формирование единой исследовательской и технологической инфраструктуры России и других стран СНГ и организация в ее рамках партнерского доступа ученых из всех государств Содружества к уникальным исследовательским возможностям.

Я уже отмечал, что основные перспективы развития нанотехнологий связаны с нанобиотехнологиями, созданием гибридных материалов и приборов. Одним из приоритетов развития науки и техники в индустриальном обществе было изучение устройства человека и его возможностей, а затем их копирование в виде модельных технических систем, усовершенствование того, что дано нам природой. Например, подъемный кран — это фактически имитация руки; в оптических приборах мы имитируем человеческое зрение, в акустических — слух. Когда 60 лет назад началось создание интегральных схем и полупроводниковой микроэлектроники, создатели компьютеров принимали за образец человеческий мозг. Но никто не смог сделать биокомпьютер, поскольку биологические структуры крайне сложны. Так, в элементарной ячейке кристалла насчитываются десятки или сотни тысяч атомов. Значительно проще было взять в качестве модели простой кристалл кремния, в котором всего 8 атомов в элементарной ячейке. За десятилетия экспериментов с этими 8-ю атомами наука очень далеко продвинулась,



Академики Н.П. Лавров и Б.Е. Патон

что дало возможность создать современные компьютеры и информационные технологии. Одновременно с этим очевиден значительный прогресс в изучении структуры сложнейших объектов и принципов их функционирования.

Мы вплотную подошли к пониманию того, как можно использовать возможности живой природы. Запуск будущего и состоит в том, чтобы перейти не к модельному копированию живых систем, а к использованию систем живой природы. И первый этап нанореволюции — это соединение технологических возможностей, в первую очередь современной микроэлектроники, с достижениями в области познания живой природы, точнее — с биологическими конструкциями. Конечной целью этого этапа будет создание гибридных антропоморфных технических систем бионического типа. Это и есть фактическая цель нанотехнологической революции.

Если мы хотим занять достойное место в постиндустриальном мире, мы не должны упустить свой шанс в разворачивающейся нанотехнологической "гонке". В настоящее время, несмотря на неоднородность материальной, ресурсной и кадровой баз, на постсоветском пространстве имеется созданный в советский период значительный научно-технический потенциал, который продолжает в той или иной степени использоваться для

проведения междисциплинарных исследований.

Кроме того, у нас существует сложившиеся раньше и имеющие международное признание научные и инженерные школы, существуют и продолжают развиваться уникальные установки (нейтронные реакторы, ускорители, плазменные установки и т.д.) Имея эти доставшиеся нам от советских времен уникальные установки для междисциплинарных исследований, мы вполне могли бы сформировать сетевую инфраструктуру независимых государств Содружества в области нанотехнологий. Опыт и традиции успешной реализации глобальных научно-технических проектов у нас также есть. В первую очередь, это проекты в атомной энергетике, космические программы. Присутствующие в зале академики Н.П. Лавров и Б.Е. Патон являются отцами-основателями этих эпохальных проектов, и традиции еще существуют. Сохранился и бесценный интеллектуальный капитал, который при правильной организации мог бы эффективно использоваться на благо наших независимых государств. В этом смысле формирование единого нанотехнологического пространства могло бы стать одним из путей нашего успешного сотрудничества.

Сегодня мы предлагаем сформировать в рамках СНГ единое нанотехнологическое пространство, состоящее из 6-и платформ (рис. 18):

- † научно-технологическая платформа — инфраструктура;
- † научно-образовательная — кадры, которые подпитывают эту инфраструктуру;
- † информационно-коммуникационная платформа, которая обеспечивает связь между всеми участниками инфраструктуры с тем, чтобы вклад каждого был бы учтен и эффективен, включая, конечно, сервисные функции;
- † производственно-технологическая платформа — система трансфера технологий, кото-

рую мы сейчас гармонизуем с западным законодательством и опытом в этой сфере;

- ✦ организационно-экономическо-правовая платформа — основополагающая;
- ✦ система стандартов и сертификации.

Существует международная комиссия, которая вырабатывает стандарты на продукцию нанотехнологий. Автоматически это означает следующее: кто выработает такой стандарт, тот сформирует свой рынок и защитит его. Всем известен пример с превышением допустимого в Европе уровня шума наших самолетов, что автоматически привело к запрету полетов над территорией Европы и в свою очередь нанесло удар по нашей авиационной промышленности. Поэтому мы сегодня должны начать формирование собственных стандартов на нанотехнологическую продукцию, гармонизованных с западными, но таких, которые изначально будут формировать и защищать наш рынок.

В формировании единого регионального нанотехнологического рынка стран Содружества есть очень важные положительные моменты. Во-первых, его появление создаст новые рабочие места на этом наукоемком поле, во-вторых, приведет к выпуску новой продукции. Кроме того, формирование единого на-

нотехнологического пространства стран СНГ может создать один из крупнейших рынков нанопродукции, сравнимый с американским и объединенным европейским. Все это существенно повлияет на качество и уровень жизни наших государств.

В заключение я хотел бы сослаться на послание В.В. Путина Федеральному Собранию Российской Федерации в апреле 2007 г. Президент РФ, учитывая глобальность и чрезвычайную важность проекта по развитию нанотехнологий у нас в стране, предложил принять участие в нем всем странам-членам Содружества Независимых Государств, что, по его мнению, могло бы стать еще одним объединяющим, взаимовыгодным и направленным в будущее проектом. Обращаясь к Собранию, Президент в частности сказал: "Задача формирования научно-технологического потенциала адекватна современным вызовам мирового технологического развития... В этой связи хочу подчеркнуть необходимость создания эффективной системы разработок и исследований в области нанотехнологий, основанных на атомно-молекулярном конструировании... Нанотехнологии уже становятся ключевым направлением развития современной промышленности и науки... Изделия с



Результат: Формирование ЕДИНОГО регионального (СНГ) рынка продукции наноиндустрии, одного из крупнейших в мире

Рис. 18. Формирование единого нанотехнологического пространства

применением нанотехнологий войдут в жизнь каждого, ... позволят сэкономить невозобновляемые природные ресурсы". Возможный механизм проведения в жизнь предложений, сделанных В.В. Путиным, которые я процитировал, это подготовка и принятие на межгосударственном уровне стратегической инициативы независимых стран Содружества в области нанотехнологий.

Я благодарен Вам за внимание о долготерпение. Большое спасибо.

Вопросы к М. В. Ковальчуку:

С.В. Комисаренко (*академик-секретарь Отделения биохимии, физиологии и молекулярной биологии НАН Украины, академик НАН Украины*). Михаил Валентинович, большое спасибо за доклад. Мы занимаемся и нанотехнологиями и, в частности, нанобиотехнологиями, но всегда остается непонятным принцип, как нанотехнологии использовать и какой путь их внедрения в условиях рыночной экономики. А также как правильно защитить интеллектуальную собственность перед частным капиталом.

М.В. Ковальчук. Я бы сказал: не надо изобретать велосипед. Я уже говорил о программе SBIR в США. Наше государство активно принимает меры по решению этих проблем. Мы говорим об активизации процесса; назовем это внедрением трансферных технологий. Во-первых, мы должны создать спрос на наукоемкую продукцию. У нас есть конкретный платежеспособный спрос в виде национальных проектов. Мы должны затвердить технологические регламенты и требования, которые будут обязывать любого человека, строящего дома или создающего медицинскую аппаратуру, их использовать. Во-вторых, надо создать четкие механизмы, прежде всего в сфере интеллектуальной собственности. Главная задача государства — создать необходимые условия для инновационного, коммерчески выгодного развития науки и наукоемкой экономики. В

первую очередь, надо решить вопрос об интеллектуальной собственности, наладить четкие механизмы в этой важнейшей сфере. У ученых-разработчиков должен быть материальный и моральный стимулы превращать свои научные достижения в реальный продукт. Наука — это зона особых рисков. Правильно определив приоритеты, гарантировав минимизацию рисков частных инвесторов, государство даст сигнал частному бизнесу — куда вкладывать деньги. Сам факт бюджетной поддержки отдельных проектов должен стимулировать привлечение также и внебюджетных средств.

А.В. Рагуля (*заместитель директора Института проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, д.т.н.*). Правильно ли я понимаю, что "Роснанотех" сегодня является государственной организацией?

М.В. Ковальчук. Можете называть это и так. Я считаю так — нельзя нам слепо переносить западный опыт. Например, по поводу венчура я считаю, что в ближайшие 10 лет в России венчура в том понимании, как он есть на Западе, в принципе быть не может. Объясню почему. Мы с вами постсоветские люди с патерналистской психологией, и сегодня носителями знаний являются ученые. Каждый из нас считает, что все, что он изобрел — на 100 % принадлежит ему, но приходит венчурный капиталист, который обещает создать компанию, где этому ученому причитается 5 % от будущего миллиардного оборота. Ученого начинают терзать сомнения — ведь лучше иметь сегодня 100 % от рубля, чем завтра 5 % от миллиарда. Это и есть закон венчура. В США он отработан и действует десятилетиями. У нас с вами государственный элемент продолжает пока в этой сфере оставаться важнейшим. Например, Российское Министерство образования и науки за последние 4 года реализовало 11 так называемых VIP-проектов, в которые были вложены десятки миллионов долларов. Все проекты были успешными: по новым кристаллам (что близко Харьковскому институту монокристаллов), много

проектов по светодиодам, биочипам, наномембранам и т.д. Это и был фактически венчур, но главным игроком выступало государство — оно вложило в новые технологии и наукоемкую продукцию миллионы долларов через гранты. Конечно, мы должны развивать систему венчура и она у нас существует. У нас есть венчурные фонды — российские, иностранные, международные, но это еще не стало сутью государственной политики. Я так считаю как научный работник, это мое субъективное мнение. Венчур сегодня еще не может быть главным механизмом запуска наукоемкой экономики. Я ответил? Спасибо.

В.В. Гончарук (*академик-секретарь Отделения химии НАН Украины, академик НАН Украины*). Глубокоуважаемый Михаил Валентинович, я хотел бы задать Вам более конкретный вопрос. Мне очень нравится Ваша позиция по стандартам. Применение новейших технологий, нанотехнологий по подготовке питьевой воды будет востребовано только тогда, когда появятся новые стандарты. Если мы не будем вводить эти новые стандарты, никакой рынок в этом не будет заинтересован. Поэтому, по-видимому, должны быть изменены акценты и государство должно быть инициатором создания новых стандартов, которые бы соответствовали сегодняшнему времени и выходили на новый уровень. Правильно я Вас понимаю?

М.В. Ковальчук. Вы меня поняли абсолютно правильно. Более того, в Правительственном совете РФ по нанотехнологиям существуют три рабочие группы. Одна группа занимается стратегией развития nanoиндустрии, вторая нацелена на коммерциализацию на основе частно-государственного партнерства, третья занята разработкой и введением стандартов. Главная цель этой группы — выработка рекомендаций для создания и введения новых стандартов, а это и есть главный вопрос запуска рынка. В свое время академик А.П. Александров рассказывал, как работает рыночный механизм в Америке. Напри-

мер, микроэлектроника, по которой у нас готовились постановления ЦК и Совмина. А в США сидел один чиновник в налоговом органе и отвечал за микроэлектронику. Ему на стол приходила справка, что, допустим, рынок заполнен выпускаемыми микросхемами 256 Мб, а вот схемы 512 Мб никто не делает, потому что не заинтересованы. Этот чиновник передвигал "планку" налога на соответствующую продукцию. На все деньги, которые идут на изготовление схем 256 Мб, налог повышался, а на новые разработки схем 512 Мб — резко уменьшался. И через короткое время ситуация менялась в правильном направлении. Это стандартный регулятор, и государство должно этим руководствоваться.

В.А. Орлович (*председатель Совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, академик НАН Беларуси*). У меня к Вам есть вопрос. Как можно ученым СНГ участвовать в проектах по нанотехнологиям?

М.В. Ковальчук. Я бы на самом деле расширил ваш вопрос. Мы с вами коллеги и равноправные партнеры, и это — первое и главное условие. Система сотрудничества, о которой я вам рассказывал, формируется внутри Российской Федерации. Это национальная нанотехнологическая сеть, она открыта для развития и расширения. Это означает, что в нее через информационно-коммуникационные технологии могут и должны включаться другие участники. Эта система расширяется и дополняется, и мы должны для нее сформировать нормативную базу. Это может быть сделано либо для всех государств СНГ, либо в двустороннем порядке. Мы должны сделать соответствующие соглашения, принять декларацию о совместной инициативе и поручить соответствующим органам выработать механизм, в том числе и для финансирования на начальном этапе. И второе. Я уже говорил, что не надо ничего изобретать. Евросоюз уже пришел к этому, и 3 года уже действует единая Европейская исследовательская инфраструктура.

тура — общая организация. Вопрос создания общей организации, которая бы координировала развитие исследовательской инфраструктуры в рамках СНГ, мы в принципе можем решить на уровне сегодняшнего представительства наших академий. В рамках такой организации мы сразу могли бы обеспечить беспрепятственный и простой доступ к участию в общих проектах. Стандартную европейскую "дорожную карту" мы могли бы продублировать с определенными коррективами и организовать доступ ко всем установкам, в частности к тем, которые находятся сегодня в Курчатовском институте и в других странах. Такая организация, обеспеченная правовыми полномочиями, могла бы стать первым шагом к нашему объединению в области нанотехнологий. Второй шаг — это совместное использование и координация развития исследовательской структуры. Вот два шага, которые мы могли бы сделать конкретно и незамедлительно.

В.П. Семиноженко (*председатель Северо-восточного научного центра НАН Украины и МОН Украины, академик НАН Украины*). Спасибо Михаил Валентинович, за то, что вспомнили харьковские монокристаллы. Важно то, что вы сказали о рыночном спросе на продукцию. Это первая ремарка. И второе — в последнем ответе вы сказали, что надо присоединяться к вашей системе. Я могу подтвердить, что недавно на встрече российского министра иностранных дел с губернаторами директор Белгородского университета мне сказал: "Выиграл я три проекта по нанотехнологиям. Я подсчитал эту сумму, и получилось 36 млн. дол. США. Приезжайте к нам работать". Возникает вопрос. Мы начнем работать, и начнут работать экономические законы. Одним только ввозным НДС или иным нашим финансовым законодательным механизмом полностью уничтожается заинтересованность. Это первое. И второе. Какие, в связи вот с такими интересными стратегическими инициативами, произошли в последнее

время изменения законодательства, которые реально способствовали бы (главным образом, в налоговом законодательстве), чтобы выгодно было выпускать нанопродукцию, чтобы выгодно было объединять науку с производством?

М.В. Ковальчук. Я уже говорил об этом. Правительственный совет был создан недавно, он собирается раз в квартал. Закон о "Роснано" был принят этим летом. Сейчас вырабатывается последовательность мероприятий именно по той теме, о которой вы говорите. Это очень удобный повод начать совместную работу всем нам — мы все на старте. Возможно, уже пора принять некое обращение к главам правительств, например, о том, чтобы рассмотреть совместную стратегическую инициативу государств СНГ в области нанотехнологий. И второе — формирование организации для совместной координации, развития и использования исследовательской инфраструктуры, то, что в мировой практике называется Mega science. Это, как представляется мне, может стать первыми шагами — понятными и реальными. Возможно, потом можно будет под эгидой этого создавать комиссии по стандартам, по гармонизации законодательства и по выработке механизмов. Согласны?

В.П. Семиноженко. Была комиссия стран СНГ по научно-технологическому развитию, где мы могли синхронизировать наши действия. Вы, по сути, предлагаете создавать подобную вещь?

М.В. Ковальчук. Фактически да. И это надо сделать сегодня, сейчас. У нас уже построена эта система внутри, и механизм ясен. Если эту систему развивать совместно, мы начнем гармонично двигаться вместе как партнеры. По-моему, это очень важно. Это выгодно для каждого из нас и выгодно для наших государств. Все вместе мы сразу же становимся реальной силой, с которой необходимо будет считаться на мировом наукоемом рынке.

В.М. Локтев (*академик-секретарь Отделения физики и астрономии НАН Украины, академик НАН Украины*). Уважаемый Михаил Валентинович, вы говорили об аспектах сотрудничества. А если предположить, что данное технологическое пространство создано не будет? Поскольку то, что вы рассказывали — это довольно самодостаточная и замкнутая структура. Хотелось бы понять, почему Россия стратегически заинтересована в партнерстве?

М.В. Ковальчук. Как говорится, в хорошей компании всегда веселее. Это важная вещь. Второе. Я скажу, в чем стратегическая заинтересованность — мы вместе как партнеры станем существенно сильнее. Каждый из нас самодостаточен. Мы живем с вами уже не один год самостоятельно и, как видим, неплохо. Давайте я уж откровенно вам скажу. Вы лучше меня понимаете, что слабые игроки на мировом рынке не нужны. Никто из нас, даже не исключая большую по объему Российскую Федерацию. С моей точки зрения, одной из серьезных проблем Советского Союза была наша неинтегрированность в мировое пространство. И сегодня мы очень слабо интегрированы в мировой рынок наукоемкой продукции и нам практически невозможно встроиться в него на равных партнерских условиях — там слишком давние и устоявшиеся связи, слишком жесткая конкуренция. Нам надо создать внутренний рынок наукоемких технологий и параллельно эволюционно встраиваться в те цепочки транснациональных рынков, где мы не нарушаем сложившегося равновесия. Для того чтобы обеспечить нашим странам достойное место в новом постиндустриальном мире, необходимо выработать стратегию создания и развития национальной наноиндустрии и объединить усилия государства, научного сообщества и бизнеса для ее реализации.

Вспомним еще раз про кристаллы. Сегодня в ЦЕРН на миллионы долларов поставляются монокристаллы вольфрамата свинца. Все эксперименты в ЦЕРНе основаны на калоримет-

рах, на кристаллах, которые мы придумали, спроектировали и выпускаем — качественно, быстро, в больших количествах. Этого никто не смог сделать, в том числе и китайцы. Мы вместе, масштабно должны закрепить наши успехи, не конкурируя друг с другом, не толкаясь локтями.

В.Ф. Чехун (*директор Института экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины, академик НАН Украины*). Михаил Валентинович, спасибо за блестящий доклад. Вы очень четко обрисовали будущее и интересные новые технологии. Скажите, заложена ли в системе безопасность новых технологий для человека в целом? Потому что за этим следует и другая система ...

М.В. Ковальчук. Я бы не хотел касаться этих аспектов, но если вы поставили вопрос, я кратко отвечу. Вы должны понимать, что развитие нанотехнологий очевидно выдвигает на повестку дня разработку принципиально новой доктрины национальной безопасности. Существуют стандартные риски. У нас есть, например, медико-биологическое агентство, которое всегда занималось стандартами и проблемами, связанными с радиационной безопасностью. Фактически аналогичные службы мы должны создавать и в нанотехнологическом проекте. Другой пример — у нас существует главная санитарная служба, и работа ее гармонируется с западными стандартами, но при этом учитываются национальные особенности для обеспечения собственной безопасности. Вы на самом деле затронули очень важный вопрос о национальной безопасности на нанотехнологическом рынке.

М.Ж. Журинов (*президент НАН Республики Казахстан, академик НАН Республики Казахстан*). Михаил Валентинович, я насчет создания единого пространства нанотехнологий. Благодаря Борису Евгеньевичу было принято постановление поручить Исполкому СНГ создать в 2008 г. центр по выработке еди-

ных действий. Может быть, это стоит продолжить. Дело в том, что правительство Казахстана тоже собирается выделить большие деньги на развитие нанотехнологий. Но этим занимаются люди, которые не вполне хорошо знакомы с этим вопросом. А ведь есть люди, которые давно занимаются нанотехнологиями, просто это раньше так не называлось. Вот, например, электрохимия, катализ — это же нанотехнологические направления. И если не будет единой контролирующей и жестко определяющей, хотя бы на начальном периоде, организации, мне кажется, что единого пространства не получится. Когда к нам в Казахстан дважды приезжал Жорес Иванович, ему там организовывали, я знаю, "потемкинскую деревню".

М.В. Ковальчук. Я знаю. Мы вчера с ним это обсуждали.

М.Ж. Журинов. Правда, он в Алма-Аты ничего не подписал, но если бы он обратился к нам — в Академию наук, — мы бы сразу ему сказали, кто есть кто. Мы то знаем, кто и чем занимается за последние по крайней мере 30–40 лет. Здесь есть опасность, что мы можем вообще пойти вразброд или в другую сторону, а эти технологии очень финансовоемки. Поэтому, наверное, следует создать что-то типа транснациональной корпорации, некие временные группы, может быть, на 3–5 лет на разработку конкретно одной технологии. Я сейчас Вас очень внимательно слушал и понял, что когда будет централизована задача и определена группа, мы быстрее будем продвигаться. Ваше мнение?

М.В. Ковальчук. Мы сегодня еще не готовы выбрать технологию или направление. Для этого надо создать некий орган, который бы это выработал. Поэтому наиболее простым и понятным первым шагом является, как мне кажется, некая общая инициатива и под эгидой этой инициативы должны быть созданы совместные рабочие группы, которые будут дальше работать совместно. И второе. Я уже

говорил об инфраструктуре. Вы это понимаете очень хорошо, потому что у вас запускается только что разработанный по нашему проекту "Токомак" и уже, насколько я знаю, запущен проект по сооружению при участии российских ученых нового синхротрона. То есть вы находитесь сейчас на передовом уровне в инфраструктуре, у нас есть полное взаимопонимание, и мы можем многие государства к этому присоединить. Я полностью согласен с Вашим предложением, и это — следующий шаг. Сначала мы должны сделать очевидные шаги, хотя они стандартные, скажем, для Евросоюза или для США. Понимаете? Спасибо. Хочу еще раз поблагодарить вас всех за внимание и интересные вопросы.

Мне было очень приятно здесь выступать. И особо, Борис Евгеньевич, хочу поблагодарить Вас за то, что Вы делаете всю свою жизнь, и в частности за то, что Вы сделали за последние 10 лет. Вы сохранили наше общее научное сообщество на постсоветском пространстве и это, в первую очередь, заслуга Вашего авторитета, Вашего интеллекта. Спасибо Вам огромное.

Выступление **Керимова Махмуд Керимоглы** (*президента НАН Азербайджана, академика НАН Азербайджана*)

Прежде всего, я хочу поблагодарить Вас, Борис Евгеньевич, за то, что Вы включили в повестку дня МААН столь интересный доклад ну и, естественно, самого докладчика за прекрасное сообщение. Михаил Валентинович в своем выступлении назвал нанотехнологии новой парадигмой. Я бы даже назвал это новой идеологией и по аналогии с другими нашими известными учениями, извините за выражение, может быть, я его назвал бы идеологией нанонизма. Хочу предостеречь от двух вещей. Первое, что больше всего нас должно тревожить, это то, что вокруг нанотехнологий, наноструктур есть много спекуляций. Мы уже сегодня наблюдаем "очищение"

водки новыми нанотехнологиями, которая не отличается по вкусу, а может даже и хуже. Наноструктурный крем, губная помада и т.д. Как этому противостоять? Второй вопрос касается научной этики в связи с этой новой парадигмой или новой, как говорится, идеологией. В конце своего выступления Михаил Валентинович сравнил эти наноробототехнические изделия с атомной бомбой. Это, наверное, соответствует действительности. Если это будет неконтролируемо, то внедрение этих наноробототехнических изделий может быть по эффекту сопоставимо с эффектом атомной бомбы. В связи с этим вопрос этического характера: не выпустим ли мы джина из бутылки в связи с этими наноробототехническими изделиями? Не создадим ли новых искусственных вирусов и т.д.? Мне кажется, что прежде чем начинать такие широкомасштабные проекты, стратегии и т.д., необходимо выработать вопросы научной этики именно в области нанотехнологий. Меня, конечно, вдохновил призыв В.В. Путина, пригласившего участвовать в этом проекте все страны СНГ. Конечно, это прекрасное предложение и не воспользоваться этим было бы большой глупостью для нас всех. Мы действительно никому на Западе и вообще в мире не нужны, кроме как друг другу. Поэтому, я думаю, что нанотехнологии действительно могут стать тем консолидирующим моментом, которое может нас всех объединить. Благодарю за внимание.

М.Г. Иткис (*вице-директор Объединенного института ядерных исследований, РФ, профессор*)

Вопрос, который здесь поднимался, прежде всего касается того, как создать совместные структуры для развития такого грандиозного проекта, о котором говорил Михаил Валентинович. Вообще-то примеры на советском и постсоветском пространстве мы имеем. Например, Объединенный институт ядерных исследований. Я просто позволю себе напомнить, когда и СЭВ, и Варшавский договор, и

прочие организации распались, все-таки ни одна страна из Объединенного института ядерных исследований, включая все страны Восточной Европы, не вышла и по сей день продолжает в нем участвовать. И продолжает вносить свой вклад и пользоваться, что самое важное, очень серьезной инфраструктурой в области физики ядра, конденсированного состояния, высоких энергий, которая была создана общими усилиями и которая имеет мировой класс по своим возможностям вплоть до сегодняшнего дня. Значит, формы такие уже отработывались, есть европейская организация в этой монокультуре. ОИЯИ имеет богатый опыт, и сейчас новые страны, уже с других континентов, становятся его членами. Мне кажется, что если пользоваться своим же собственным опытом, который был нажит за все эти годы, то вообще эта задача будет реализуемая. Призыв к участию стран СНГ в совместном решении этих больших задач, по-моему, не беспочвенен, а имеет достаточно правильную основу и возможность прямой реализации.

Б.Е. Патон (*Президент НАН Украины, академик НАН Украины*).



Я хочу, уважаемые коллеги, еще раз поблагодарить Михаила Валентиновича за то, что он приехал в Киев, согласился сделать такой содержательный доклад и познакомил нас с общим состоянием дел в Российской Федерации в области нанотехнологий. Хочу поблагодарить и высказать, с другой стороны,

некоторую зависть, пусть она будет белой, к амбициозным, без преувеличения, планам развития и применения нанотехнологий. Безусловно, прогресс в этой области основывается на достижениях фундаментальной науки, которая должна рассматриваться как одна из стратегических составляющих развития nanoиндустрии. Без фундаментальных исследований инновационная цепочка просто немислима. Мы привыкли, уважаемые коллеги, на каждом шагу говорить об инновационных проектах, инновационном развитии, так надо себе дать отчет, что именно здесь действительно существует возможность этих инновационных проектов. И ведущая роль здесь принадлежит Российской академии наук, которая уже имеет в области nanoисследований научный задел мирового уровня. Мы понимаем, что мировой уровень невероятно высокий, но все же в РАН и в связанных с ней организациях уже имеются разработки действительно на мировом уровне. На наш взгляд, сфера нанотехнологий является одним из актуальных и перспективных направлений для взаимовыгодного объединения усилий научных организаций стран СНГ. Мы с вами хорошо знаем о некоторых попытках вообще ликвидировать содружество независимых стран, а работы по нанотехнологиям, будем говорить — по nanoпроблеме — позволяют снова объединить

страны СНГ, но важно, конечно, для этого подготовить конкретные предложения. Мне кажется, что мы никак не можем расползаться по поверхности, поскольку есть и США, и Европейский Союз, и другие страны. Надо выбрать те приоритетные направления, где действительно наши страны, прежде всего Российская Федерация, могут и должны сделать конкретные вещи. Нам представляется, что в организации сотрудничества в этой сфере необходимо использовать возможности нашей МААН, которая сегодня здесь собралась. И решение Совета глав государств СНГ под названием "Об обращении Совета МААН", которое было принято 5 октября в г. Душанбе, дает для этого все основания. Это решение роздано всем делегациям, участвующим сегодня в работе Совета МААН, и находится в ваших материалах. Мне представляется, что из того, что говорил Михаил Валентинович, мы можем и должны составить, опираясь на решение Совета глав государств, соответствующий координационный план, который не позволил бы опять-таки растекаться по поверхности, а сконцентрировать силы на определенных проблемах, на определенных технологиях, и который будет способствовать развитию всех наукоемных отраслей экономики постиндустриального общества. Спасибо за внимание.

Комментарии к выступлению
члена-корреспондента РАН М.В. Ковальчука

В.В. Гончарук,

академик НАН Украины,
директор Института коллоидной химии
и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины

**Новые подходы к реформированию
организации научных исследований
в интересах экономики России и стран СНГ**



Блестящий доклад члена-корреспондента РАН Ковальчука М.В. "Нанотехнологический фундамент новой наукоемкой экономики. Новые возможности СНГ в XXI ст." посвящен обсуждению не только многоплановых проблем сугубо научных задач нанотехнологии, но и принципиально важных вопросов реформирования организации научных исследований в России.

Глубоко продуманная государственная политика в сфере науки в Российской Федерации направлена не столько на реорганизацию научных учреждений РАН, сколько на решение организационных вопросов внутри научных исследований. Докладчик акцентировал внимание на необходимости проведения внутри- и междисциплинарной координации действий по решению крупных государственных проблем перевода экономики на современный научно-технический уровень.

Только государственная политика поддержки развития фундаментальной науки приводит к ее стабилизации, а рыночные подходы в науке приводят к ее разрушению. Академия наук никогда не должна превращаться в коммерческую структуру.

Лишь государство может регулировать все процессы реализации новейших достижений в экономике (прежде всего, своей страны) путем повышения требования к качеству продукции, введения новых более высоких стандартов и экономических стимулов реализации принципиально новых наукоемких товаров и услуг на законодательном уровне.

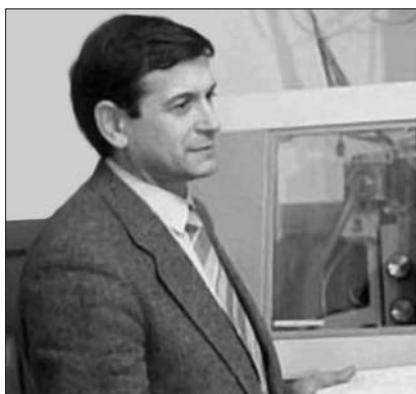
Дезинтеграция научных дисциплин в последние 2–3 столетия сыграла свою положительную роль в получении и накоплении огромного массива знаний по пониманию законов, управляющих мирозданием. Вызовы сегодняшнего мира требуют пересмотра всех наших знаний и подходов на принципиально новом уровне. Глобальные изменения, происходящие на нашей планете, не могут быть поняты и, тем более, прогнозируемы на основе имеющихся представлений. Сегодня в организации фундаментальных научных исследований необходимо привлечение интеграционных подходов — междисциплинарных знаний узких высокопрофессиональных специалистов.

Существующие фундаментальные и научно-технические программы, как правило, не имеют четкой цели и стратегии того, что мы хоте-

ли бы получить в результате их выполнения. Именно здесь должна быть в полной мере реализована государственная политика как в организации научных исследований, так и их внедрении в экономику страны.

Мы уже имели блестящие примеры такой политики при создании новых летательных аппаратов — земных и космических, создании ядерных и термоядерных источников энергии, информационных систем и т.д.

Целенаправленные исследования и государственные заказы на крупные научно-технические проекты должны формулироваться правительством с привлечением широкого круга высокопрофессиональных специалистов, работающих в области смежных фундаментальных направлений. Только такой подход может дать быструю реализацию с максимальной экономической эффективностью.



О.М. Івасин,
академік НАН України,
заступник директора Інституту металофізики
ім. Г.В. Курдюмова НАН України

Доповідь, звичайно, вразила масштабністю постановки задачі. Правда, на мій погляд, бракувало конкретних прикладів вже завершених або близьких до завершення розробок із області нанотехнологій, яких, безумовно, є багато в активі вчених РАН.

Хотілося б також почути більше про "співіснування" діючих науково-технічних програм і запропонованої програми розвитку нанотехнологій, а також про те, як у рамках обмеженого фінансування науки забезпечити

пріоритетний розвиток програми з нанотехнологій і водночас не залишити поза увагою інші важливі напрямки. Адже не секрет, що для більшості життєво важливих сфер людської діяльності нанотехнології є хоч і надзвичайно захоплюючою, але все ж перспективною, в той час як сьогодні вимагає неперервного розвитку нових матеріалів і технологій, а це неможливо без належного фінансування відповідних програм.

Н.В. Новиков,
академик НАН України,
директор Інститута сверхтвердых материалов
им. В.Н. Бакуля НАН України



Развитие нанотехнологий прежде всего основано на получении наноматериалов и их нотестировании. Подразумевается не только получение наноструктур, но и определение комплекса физико-механических свойств материалов экспериментально на атомно-молекулярном уровне.

ИСМ им. В.Н. Бакуля имеет опыт изготовления наноалмазов (диаметром 10 нм) статическим и динамическим (взрывным) способами, оценки их свойств, в частности поверхностных, использования для получения компактов спеканием при сверхвысоких давлениях и температурах, а также производства паст и суспензий на их основе. В связи с ростом потребности в наноматериалах мы организуем совместно с отечественными и немецкими партнерами крупномасштабное производство углеродных и металлических нанопорошков и их производных. Области их применения зависят от развития аналитических возможностей атомно-туннельной микроскопии и развития производных техноло-

гий их применения. В институте развиваются методы наноиндентирования с использованием алмазных наковален при давлении 10–20 ГПа и исследуются возможности их комплексования с рентгеновской спектроскопией (in situ). Такие приборы и технологические устройства только создаются, требуют от академических институтов и наших коллег за рубежом кооперации, развития междисциплинарного сотрудничества. И мы надеемся, что интерес РАН и НАН Украины к этой тематике, продекларированный на заседании МААН, будет подкреплен соответствующей целевой организационно-финансовой поддержкой. Только интеграция усилий и согласованность междисциплинарной кооперации позволят реально усилить научные исследования и обеспечить практическую реализацию их результатов для достижения провозглашенной в докладе вице-президента РАН академика М.В. Ковальчука цели — создание нашими странами наноиндустрии, конкурентной на мировом уровне.



В.М. Локтєв,

академік НАН України,
Академік-секретар Відділення фізики і астрономії

Коментувати доповідь в.о. віце-президента РАН, члена-кореспондента РАН М.В. Ковальчука, яку він виголосив на розширеному засіданні Президії МААН, і легко, і важко. Легко тому, що зараз словосполучення з приставкою "нано", що стала дуже популярною, весь час на слуху, їх можна щоденно почути з передач радіо і телебачення, прочитати в будь-яких ЗМІ. А важко тому, що в цьому потоці часто сенсаційної, на перший погляд, інформації абсолютно нема або ж губляться повідомлення про справді цікаві реальні результати наукових досліджень чи про дійсно серйозні проблеми, що чекають на своє розв'язання. Проте і фахівці, і прості споживачі, або користувачі, відповідних досягнень в тій чи іншій мірі розуміють, які наслідки може справити "нанотехнологічна революція" на майбутнє людства. Саме тому інтерес до нанопроблематики в усіх верствах суспільства надзвичайно високий.

Наші російські колеги, як переконливо впливає з виступу М.В. Ковальчука, відчують велику увагу і підтримку з боку держави та її найвищого керівництва. Справа в тому, що Україна, подібно до Росії, має такий специфічний устрій, що для того, аби чимось зайняти-

ся по-справжньому, необхідна увага, а інколи і втручання перших державних осіб.

Якщо бути точним, то просування нанобренду у суспільну думку почалося у 2000 році, коли тодішній президент США Б. Клінтон висунув "Національну нанотехнологічну ініціативу", яку підхопили розвинені країни. Тепер, як ми почули, і керівні органи Росії висловили готовність витратити на перспективні роботи суми, зіставлені з витратами світових країн-лідерів. Наприклад, США заявили, що у поточному році направляють на розвиток нанотехнологій 1,3 млрд. дол., а Росія передбачає вкладення до 200 млрд. рублів. Це дійсно величезні кошти, і якщо вони підуть на реальні справи, то спочатку може навіть виникнути проблема, як їх взагалі витратити. Втім я добре усвідомлюю, що це не моя справа, тому зупинюся лише на моєму враженні від почутого.

Воно, вибачте за тавтологію, вражаюче. Держінвестиції у нанонауки одномоментно збільшуються на два порядки. Родзинка проекту — створення "Роснанотеха", основні ресурси якого будуть спрямовані на впровадження нанотехнологій у виробництво. Мені здається, що це стане ахіллесовою п'ятою всь-

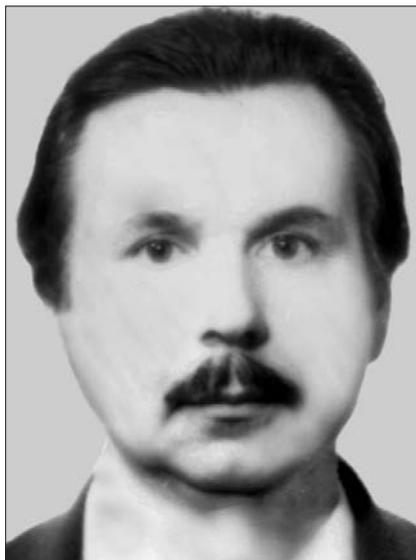
ого мегапроекту. Це певною мірою схоже на намагання злетіти у космос, скажімо, на сто років раніше, ніж це відбулося. Бо, на мій погляд, нанотехнології являють собою набір задач і проблем — доволі часто фундаментальних, у яких немає наперед визначеного результату. Тобто жодний експерт не зможе передбачити, яка з них спрацюватиме. З іншого боку, в усьому світі згадування "наноіндустрії" перетворилося вже на, образно кажучи, чарівні слова, які допомагають вибивати гроші на фінансування всієї науки, бо, як слушно зазначалося в доповіді, все, що стосується "нано", стає по суті міждисциплінарною проблемою.

В Україні поки що нічого подібного — маю на увазі "втручання" держави — не відбувається, і Національна академія підтримує відповідні роботи лише в рамках цільової програми (керівник — академік НАН України А.П. Шпак). Існує також російсько-українська програма, керівниками якої з російської сторони є лауреат Нобелівської премії академік РАН Ж.І. Алфьоров, а з української — академік НАНУ М.Г. Находкін. Проте говорити про пріоритетне або, скажімо так, надлишкове фінансування цих програм неможливо. Водночас хочеться надіятись, що наша держава врешті-решт повернеться обличчям до науки в цілому і "нанонауки" зокрема. Тоді я б хотів застеретти від точного повторювання шляху, на який ступила Росія. Щоб запропонувати світові щось принципово нове, треба основні кошти вкладати у фундаментальні дослідження і змиритися з відсутністю гарантій, що все, що вивчається, має принести позитивний результат. Наприклад, винахід нанокомп'ютерів, що спираються на біологічну (таку, як у мозку) густину укладки елементів пам'яті, буде мати ефект вибуху. Але революції може і не статися, і тоді буде поступове "лінійне" зростання параметрів та удосконалення властивостей тих же обчислювальних систем. І це з'ясуватиметься лише в процесі глибоких пошуків.

Наука, в т. ч. прикладна, має насамперед фінансуватися за допомогою цільових програм, яких має бути не одна. При цьому, якщо витрати будуть направлені на те, щоб тільки наздогнати виробників існуючих нанопродуктів, вони можуть бути дещо обмеженими, а якщо на щось нове, то мають бути достатніми. Повернемося до Росії. В ній розподіл коштів передбачається робити в одній організації. В той же час у США нема єдиного центру, і кошти можуть надходити з різних відомств — Національного наукового фонду, Міністерств оборони та енергетики, Національного інституту здоров'я, NASA тощо, які лівову частку виділяють саме на дослідження. Про застосування результатів дбає приватний бізнес, хоча, зауважу, саме держава підтримує трансфер технологій.

М.В. Ковальчук також впевнено прогнозував, що розвиток нанопідходів призведе до втрати природничими науками їх характерної спеціалізації та певного синтезу різних наук. Проте мені особисто не здається, що фізики, хіміки, матеріалознавці та біологи, які вивчають природу на нанорівні, спроможні зараз об'єднатися і працювати єдиними командами, видаючи технологічні пропозиції для майбутнього використання. Я ці слова з доповіді сприйняв як мрію або бажане зближення.

Росіяни, мушу визнати, перегнали нас у розумінні того, що без належного фінансування годі й думати про дійсно конкурентноспроможний рівень науки в країні, тому попри мою "критику", безумовно, вливання коштів дасть свої — виключно позитивні — наслідки. І якщо ми не зробимо того ж самого в сенсі рішучого збільшення фінансування, то наше відставання може перерости у необоротне. Ми втратили усі 90-ті, думаючи тоді лише про виживання, і тепер багато що треба починати спочатку — закуповувати обладнання, повертати хоча б частину "мозку", що осів на Заході і Сході, плекати нові кадри та надіятись, що колись все це спрацює. А надія, як добре відомо, вмирає останньою. Так будьмо ж оптимістами!



В.Г. Литовченко,

член-кореспондент НАН України,
президент Українського Фізичного Товариства

В доповіді М.В. Ковальчук підкреслив глобальне значення принципового для сучасного етапу розвитку науки напрямку — нанофізики та нанотехнології.

В першу чергу розвиток нанотехнологій обумовлений пошуком різкого скорочення енергозатрат на функціонування одиничного елементу системи обробки інформації. Сьогодні ці затрати в сотні і тисячі разів перевищують заплановані.

Природним виходом із "кризи кількості" є поєднання інформаційної технології з нанотехнологією.

Сучасна методика цілісного світосприймання забезпечує взаємозв'язок методології аналізу та синтезу з виходом на найскладніші сфери інтелектуально-технічної діяльності людства — біосистеми. Останні, дуже складні для вивчення об'єкти, можна сприймати у певному наближенні як природну сукупність взаємопов'язаних наноструктур.

Закономірним переходом від вивчення звичайних нанооб'єктів до тих, що включають біоструктури, є перехід від гібридних підходів

(сучасні структури в поєднанні з нанорозмірними) до їх синтезу і створення нової області — біоніки. Знаряддям реалізації цього проєкту мають бути найсучасніші фізичні методи технології (молекулярно-пучкова епітаксія) та контролю (атомна мікроскопія, лазери, системи високих енергій, в т.ч. ядерних). Стартова матеріальна база для цього в пострадянських країнах повинна бути створена на бюджетній основі. Наступний крок — преференції приватному підприємництву під строгим контролем з боку держави. Прикладом може слугувати створення в США державної "Силіконової долини" — технологічної бази найсучаснішої електронної галузі.

Після таких першорядних заходів щодо створення наноелектронної галузі розвиток піде за принципом самоорганізації. Така галузь з часом стане високоприбутковою.

Це, на мою думку, — найоптимальніший шлях для країни, яка має намір ввійти в коло високорозвинених цивілізованих країн, а окреслені академіком Ковальчуком горизонти — цілком реальні.

І.С. Чекман,

член-кореспондент НАН України,
професор, завідувач кафедри фармакології
з курсом клінічної фармакології
Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця



На кафедрі фармакології з курсом клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця проводяться дослідження з нанофармакології. Зокрема встановлено, що суспензія високодисперсного кремнезему зменшує токсичність таких сполук, як натрію фторид і натрію нітрит, а також протитуберкульозних препаратів — ізоніазиду, піразинаміду, етамбутолу.

Тому мені було надзвичайно цікаво слухати доповідь академіка Ковальчука. Відомий учений Росії узагальнив результати власних досліджень та досліджень зарубіжних учених в області нанотехнологій та шляхи впровадження їх у народне господарство і медицину. Особливо приємно відзначити, що серед ілюстрацій його доповіді (більше 100 слайдів) третина присвячується нанофармакології.

Нанофармакологія — це наука, яка вивчає синтез, фармакокінетику, фармакодинаміку, досліджує нові лікарські форми та можливі побічні дії лікарських засобів, отриманих за допомогою нанотехнологій. Результати проведених досліджень показали наявність інших властивостей у частинок з нанометричними розмірами в порівнянні з макрооб'єктами.

Дослідження в області специфічних властивостей нанорозмірних частинок відкривають широкі можливості для створення нових

лікарських препаратів та методів діагностики і лікування захворювань. Отримані вченими Росії результати з нанотехнологій та нанофармакології перекликаються з науковими розробками українських вчених.

Учені України також активно працюють над розробкою нових нанотехнологій та нанопрепаратів. Так, у Міжнародному центрі електронно-променевої технології (керівник — академік НАН України Б.О. Мовчан) при Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблені оригінальні методи отримання наночастин металів та інших сполук, які можуть застосовуватися в медичній практиці. В Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кравецького (директор — академік НАН України В.Ф. Чехун) розробляються нові протипухлинні препарати на основі нанотехнологій. Інститутом хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України (директор — член-кор. НАН України М.Т. Картель) разом з вітчизняними науково-медичними закладами розроблено, досліджено та впроваджено в медичну практику новий препарат сорбційно-детоксикаційної дії "Силікс" на основі нанокремнезему.

Як у медицині, так і у фармакології нанотехнології застосовуються досить широко. Без сумніву, одним з першочергових завдань

при застосуванні нанотехнологій в медицині є охорона здоров'я людини. Одним із важливих аспектів застосування нанотехнологій є дослідження впливу таких апаратів, пристроїв, лікарських засобів не тільки на організм людини, але і на зовнішнє середовище. Оскільки нанотехнології все частіше застосовуються на всіх стадіях створення нових лікарських препаратів та у медицині з метою діагностики і лікування різних захворювань, то небезпека

токсичних проявів при виготовленні нанопрепаратів вимагає більш детального вивчення цієї проблеми фармакологами, провізорами, токсикологами, гігієністами.

Більш широке застосування лікарських засобів, створених на основі сучасних нанотехнологій, забезпечить розробку ефективної фармакотерапії різних захворювань за принципами доказової медицини.