



Особенности научного поиска в наномасштабе

Нанотехнологии и наноматериалы продолжают интересовать ученых, производителей, бизнесменов и экономистов как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. Об этом — наш разговор с первым заместителем Председателя Президиума НАН Беларуси, заведующим лабораторией нанопроцессов и технологий Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, академиком Сергеем Чижиком.

– Интерес к нанотехнологиям действительно не ослабевает, хотя накал темы уже не столь впечатляющий. В научной сфере широко используют междисциплинарные знания, которые позволяют разрабатывать материалы и технологии для реализации в наномасштабе. Если обратиться к истории, то впервые заговорили о нанотехнологиях в 1959 г. Американский физик-теоретик Ричард Фейнман на ежегодном собрании физического общества в Калифорнийском технологическом институте произнес сакраментальную фразу: «Там, внизу, полно места!» – предрекая большое будущее нанотехнологий. Ученый утверждал, что нет никаких физических препятствий для того, чтобы в производстве манипулировать размерами молекулярно-атомарного масштаба. Считается, что перелом наступил в 1980–1982 гг., когда физиками Гердом Биннигом и Генрихом Рорером в научно-исследовательской лаборатории IBM в Цюрихе был изобретен сканирующий туннельный микроскоп. Прибор позволил визуализировать атомы, и главное – продемонстрировать возможность их контролируемого перемещения с помощью зонда: из нескольких десятков атомов была

выстроена надпись «IBM». Через 5 лет – а это необыкновенно короткий срок для осознания научным сообществом высочайшей ценности открытия – эти ученые получили Нобелевскую премию по физике.

Спустя 10 лет труды по нанотехнологиям следовали уже один за другим, а сама область стала невероятно популярной. Массово появлялись сообщества и организации с приставкой нано- в названии. Вначале это был несколько раздутый бум. Под ажиотажный интерес можно было добыть средства. Но и сегодня обществу необходимо объяснять, что же такое нанотехнологии, то есть технологии «снизу-вверх», когда продукт возникает в результате молекулярной сборки. Яркие примеры мы можем найти в окружающей нас природе. Как, например, возникают листья на деревьях? Вроде как ниоткуда и без особых усилий. Необходимые питательные вещества в молекулярных объемах поступают из почвы, воздуха, воды, энергия получается путем фотосинтеза, когда преобразуется энергия солнца в химическую. По сути, трудятся миллиарды наномашин, собирая атомы и молекулы в нужных комбинациях и создавая биомассу в огромных объемах.

И это самоуправляемый процесс: на дубе появляются дубовые листья, на березе – березовые, естественно, благодаря программе-инструкции, записанной в молекуле ДНК. Человек мечтал бы овладеть подобными безотходными и энергоэффективными технологиями. Но пока нам еще очень далеко до того, чтобы реализовать нанотехнологии по природному алгоритму.

Многое уже, конечно, получается. Ученые овладевают секретами наноинженерии, находя и используя факторы самоорганизации материи на наномасштабном уровне. Таким образом создаются наночастицы различных веществ, тонкие пленки и нанопокрывтия в современном материаловедении, лекарства и микроудобрения целевой доставки и др.

Например, ученые обнаружили, что с помощью углеродных нанотрубок можно преобразовать свойства субстанции. Но это не потому, что, создавая таким образом композиции, мы армируем материал. Благодаря включению в его состав нанообъектов инициируются изменения во взаимодействии между молекулами вещества. Частицы наноразмера, обладающие избыточной поверхностной энергией, становятся центрами роста кристаллов. Достаточно всего одной тысячной доли вещества, чтобы кристаллическая решетка трансформировалась, а, следовательно, существенно изменилась структура и улучшились эксплуатационные характеристики материала.

Можно привести примеры достижений в области нанотехнологий в мире и в нашей стране? Каковы перспективы использования методов прямого «выращивания» изделий?

– Нанотехнологии проникли в материаловедение, электронику, медицину, биотехнологии, стали неотъемлемой частью разработок в разных отраслях экономики. В Беларуси несколько десятилетий ведутся исследования в данной сфере. Функционируют лаборатории, нацеленные на изучение наноструктур. На рынке есть компании, которые создают необходимый объем углеродного наноматериала для последующего его применения. Пример тому – новые композиционные материалы, модифицированный бетон, инновационные материалы в дорожных покрытиях.

В свое время мы разработали белорусский вариант атомно-силового микроскопа, что подстегнуло исследования в области нанотехнологий и развитие наноиндустрии. Открылись возможности визуализировать и измерить рельеф, структуру и локаль-

ные физико-механические свойства поверхностных слоев с нанометровым разрешением. Несмотря на то, что это было более 20 лет назад, приборы работают, выполняя свои функции, востребованы и поставлялись во многие страны.

В агросекторе активно применяют уникальную разработку Института физико-органической химии и Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича – удобрение Наноплант. В чем его секрет и сила? Содержащиеся наноразмерные частицы соединений микроэлементов – железа, меди, кобальт, селен и другие, полученные путем синтеза, за счет сверхмалых размеров легко проникают сквозь мембрану клетки растения, не задерживаясь при этом транспортные белки, что очень экономно и эффективно. Небольшой объем концентрата позволяет подкормить гектары посевов, к тому же препарат безвреден и разрешен к применению в сельском хозяйстве, что подтверждено Европейским экологическим сертификатом.

В фарминдустрии появились препараты с целевой доставкой. И пусть сегодня их перечень не так широк, как хотелось бы, но это дело ближайшего будущего.

Самый яркий пример использования нанотехнологий – современная электроника. Сегодня мы активно пользуемся изделиями, предназначенными для облегчения и усовершенствования нашей жизни – электронными девайсами и гаджетами. Их чипы имеют топологию менее 10 нанометров, а ведущие компании в области микроэлектроники уже заявляют о том, что выходят на 5 нм и даже 3 нм, а это, по существу, лишь несколько атомов. Не будь такой концентрации транзисторов в одном чипе, наши мобильники были бы размером с чемодан и с гораздо более слабыми функциями. Что же касается Беларуси, то у нас есть такое предприятие, как ОАО «Планар», выпускающее уникальное сверхточное оборудование для производства в электронике, которое по ряду операций переходит в нанометровый диапазон. ОАО «Интеграл», производящий электронные чипы, пока находится в субмикронном диапазоне. Сложно встать на один уровень с мировыми лидерами в производстве элементов электроники, но отечественные предприятия, тем не менее, занимают свою нишу в микроэлектронике, а движение в направлении наноразмерного технологического диапазона будет продолжаться.

С удовлетворением можно констатировать, что в системе Госстандарта, в БелГИМ создана лаборатория, необходимая для сертификации оборудования, приобретены тестовые образцы для калибровки

приборов, работающих в наномасштабе. Имеется современная метрологическая база, которую хотелось бы использовать более активно.

Чтобы объединить усилия предприятий и институтов, которые работают в сфере нанотехнологий, 11 лет назад была создана Республиканская ассоциация наноиндустрии (РАНИ). Кто туда входит и помогает ли эта структура ученым в их работе?

– В ассоциации свыше 20 белорусских организаций. Среди них научные академические институты, ведущие университеты, промышленные компании и предприятия – Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, Институт физико-органической химии НАН Беларуси, Институт биоорганической химии НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, БГУИР, БНТУ, БГУ, предприятия ООО «Изовак», ОАО «Оптоэлектронные системы» и др.

Ими выполнено большое количество исследований, разработаны инновационные материалы (сверхтвердые, тугоплавкие и композиционные наноматериалы, резины, фильтрационные мембраны, микроудобрения, катализаторы, фармацевтические препараты, смазочные материалы и бетоны с нанодобавками и др.), сенсоры различного назначения. Благодаря таким разработкам мы можем наглядно видеть, как ничтожно малые добавки наночастиц обуславливают уникальные потребительские свойства изделий и продуктов, что в итоге может приносить ощутимый экономический эффект. Исследования в этой области и далее будут нацелены на создание технологических процессов получения и использования наноструктурных материалов, разработку и изготовление измерительных приборов и устройств для контроля на наноуровне.

В настоящее время ученые заняты подготовкой Словаря «Наноматериалы и нанотехнологии», Каталога высокотехнологичного оборудования, имеющегося в Беларуси, которое может использоваться при разработке нанотехнологий. Мы планируем сформировать Центр коллективного пользования таким оборудованием, чтобы к нему имели доступ все участники РАНИ. Разумеется, главная сила такого центра – люди. Закупить уникальное оборудование, не имея профессионалов, которые глубоко понимают особенности его использования – значит нерационально использовать средства. Именно поэтому так важна роль Ассоциации, деятельность которой нацелена не только на материальное обеспечение исследова-

ний, но и на подготовку высококвалифицированных специалистов. Здесь мы рассчитываем и на собственные силы, и на профильные кафедры вузов, призванные готовить кадры для нанотехнологической области, которых, к слову, немало.

Часто нанотехнологии сравнивают с аддитивными. Чем обусловлен возрастающий интерес к последним? Почему проводятся параллели между этими понятиями?

– В общепринятой производственной практике используется подход «сверху-вниз»: берется материал и от него отделяется лишнее, при этом тратится колоссальная энергия, производится огромное количество отходов, и в результате получается необходимое изделие металлообработки. То же изделие можно создавать и «снизу-вверх». Олицетворение аддитивных технологий – 3D-принтеры. Принцип их работы – добавляя небольшое количество материала, создавать законченный объект. Это одна и та же парадигма, сходная с нанотехнологиями «снизу-вверх», именно поэтому между нано- и аддитивными технологиями проводится параллель. Для нас важно нащупать возможность уникальных решений. К примеру, сделать полимерное изделие с магнитными добавками, использовать наноструктурные полимеры, печатать детали на 3D-принтере не только пластиком, но и металлом или керамикой, работать с биочернилами, содержащими живые клетки. В последнем случае напечатанное изделие является «живым», что поможет решать многие медицинские проблемы, в том числе и такую важную, как изнашивание хрящевой ткани в суставах. Если создать «живую заплатку», содержащую клетки пациента, и поставить ее на поврежденный участок хряща, можно избежать травматичной операции по установке искусственных суставов. Работа над этим идет, и через некоторое время все станет реальностью.

Применение подхода 3D-печати может рассматриваться как возможность реализации нанотехнологий путем манипулирования нано- и микрообъемами материалов. Реализация таких технологий с перемещением на микроуровень возможна с использованием, например, сканирующих зондовых микроскопов, в том числе с применением многозондовых моделей.

Можно заключить, что наноиндустрия остается перспективной, активно развивающейся областью, без которой невозможно представить будущее мировой науки и экономики. ■

Наталья МИНАКОВА