



КЛЮЧ К НАНОПРОДВИЖЕНИЮ: ОТ ИССЛЕДОВАНИЙ ДО ГОТОВЫХ РЕШЕНИЙ



Применение наноразмерных частиц в материалах дает немало преимуществ: повышает их прочность и долговечность, привносит новые ценные свойства, способствует экономии исходного сырья и расходов на производство, делая его более эффективным. Однако путь нанотехнологий в разные сферы промышленности не так уж прост, ведь внедрение нового предполагает изменение устоявшихся практик и готовность к пересмотру привычных подходов. Об особенностях разработки и продвижения наноструктурированных материалов на рынок – наш разговор с академиком Сергеем ЖДАНКОМ, основателем предприятия «Передовые исследования и технологии».

Для работы с материалами на наноразмерном уровне нужны серьезный научный фундамент и особые компетенции. Означает ли это, что они в равной степени необходимы и потребителю этой наукоемкой продукции, или их следует «растить»? Готов ли реальный сектор экономики к ее внедрению, есть ли у него такая потребность, заинтересованность?

– Наноразмерные частицы как потенциальный компонент для производства новых или улучшения свойств традиционных материалов сами по себе не представляют интереса для промышленности, если они не интегрированы в производственные процессы. Да, они востребованы вузами, научными учреждениями для исследовательских целей, но в очень незначительных количествах. Поэтому основная идея созданного мной 12 лет назад предприятия состояла не только в организации массового производства наноструктурированных материалов, но и в разработке технологий и методов их применения в ведущих отраслях народного хозяйства – строительстве, машиностроении, энергетике, полимерной и т.д. Выпускаемый в промышленном масштабе базовый продукт у нас один – углеродные нанотрубки. В запатентованной нами технологии в качестве исходного сырья для их получения используется газ пропан-бутан. В основе производственного цикла лежит специальный каталитический процесс, осуществляемый в реакторе оригинальной конструкции, где обеспечивается определенный температурный и гидродинамический режим – цикл полностью замкнутый. Синтезированные наноразмерные частицы обладают рядом уникальных физических и химических свойств, но для их применения в реальном производстве необходима интеграция в технологические процессы в каждом конкретном случае, чтобы избежать их конфликта с традиционными

материалами и обеспечить стабильность и устойчивость всего цикла. В частности, при изготовлении автомобильных шин используется один тип пластификатора на основе углеродных нанотрубок, в асфальте, битумах – другой, бетоне – третий. Все это требует отдельных системных исследований, которые осуществляются на нашем предприятии по каждому направлению применения производимых нами материалов. Они касаются оптимизации распределения частиц по размерам, их диспергирования, рецептуры составов, подбора стабилизаторов. В этом состоит наша основная, решаемая в каждом конкретном случае задача по применению углеродных наноструктурированных материалов в производстве. Мы стремимся к тому, чтобы поставлять на рынок не сами наноразмерные частицы, а различные добавки на их основе, то, что на Западе называется ready solution – готовые решения для промышленности.

В каких отраслях, на ваш взгляд, применение наноматериалов могло бы совершить революцию, принести наибольшую отдачу?

– Говорить о некоем прорыве, думаю, рано, в работе с наноразмерными структурами еще очень многое предстоит сделать. Но, исходя из нашего опыта, первым, с чего мы начали, были строительные материалы: бетоны, асфальт, кирпич, компо-

зиты. На момент начала наших исследований бытовало мнение, что прочность модифицированных наноразмерными частицами материалов зависит от механических свойств добавляемых наночастиц, которые, как известно, обладают большой прочностью. А углеродные нанотрубки – основной производимый нами продукт – в 100 раз прочнее стали и в 5 раз легче алюминия. Нам удалось доказать, что эффект от их использования в качестве добавок в композиционные материалы состоит не в простом армировании, а в том, что они инициируют образование более совершенной структуры материала, обладая свойством быть центрами кристаллизации или полимеризации. Например, производство бетона – это процесс кристаллизации гидроокислов кремния и кальция. Соответственно, его прочность резко возрастает и, что важно, примерно в 4 раза ускоряются сроки ее набора. Эти материалы мы испытали практически во всех частях света: в Америке, Европе и Азии – Южной Корее и Китае – и сейчас поставляем их на рынок в виде пластифицирующих добавок. Чтобы достичь высокого качества бетона, требуется примерно 10 г углеродных нанотрубок на тонну цемента. Основной проблемой на пути к массовому применению наноструктурированных материалов является разработка технологии их правильного диспергирования при введении в исходный состав технологических смесей. При производстве бетона на тонну цемента идет примерно тонна воды, тонна песка и т.д. Поэтому необходимо мизерное количество углеродных нанотрубок равномерно распределить в 3–4 тоннах исходной бетонной смеси. Мы решили эту проблему. Разработали и запатентовали способ и оборудование, обеспечивающее необходимую степень диспергирования, и начали выпускать добавки – так называемые гиперпластификаторы, влияющие на качество кристаллических структур, образующихся в процессе набора прочности бетона. Замечу, один из таких гиперпластификаторов был испытан также на вспомогательных объектах Белорусской АЭС – мы продемонстрировали, что наши добавки существенно дешевле и лучше, чем зарубежные аналоги, применение которых закладывалось российскими проектировщиками станции. Что касается других отраслей, где мы прокладываем себе дорогу, то это в первую очередь производство электрохимических аккумуляторов, накопителей электрической энергии. В процессе их зарядки-разрядки образуются кристаллические структуры, которые участвуют в электрохимических реакциях, и мы с помощью углеродных нанотрубок контролируем их размеры, кото-



рые влияют на ресурс и эффективность накопителей энергии. В результате КПД свинцово-кислотных аккумуляторов возрастает на 15–20% и, главное, срок их службы увеличивается в 4 раза. Сейчас мы сотрудничаем с несколькими крупными российскими компаниями, которые занимаются производством накопителей энергии для энергетической, аэрокосмической и машиностроительной отрасли. Еще одна сфера применения углеродных нанотрубок, развиваемая нами в последние годы, – резинотехнические изделия: шины, протекторы, прокладки и др. Это перспективное направление, потому что надежность подобных изделий критически важна для авиационной, космической, военной, гражданской техники. Достаточно вспомнить гибель американского космического челнока «Челленджер»: катастрофа была связана с тем, что прокладку, используемую в аппарате, изготовили из резины, не предназначенной для резких перепадов температуры. При запуске же выводящей «Челленджер» на орбиту ракеты температура была рекордно низкой, резина стала хрупкой и потеряла свойства изоляции и герметичности – в результате произошла утечка раскаленных газов и взорвался топливный бак ракеты-носителя, погиб экипаж. Мы смогли показать, что введение в состав резиновой смеси частиц наноструктурированного углерода улучшает структуру соответствующих полимеров, делая ее более совершенной: повышается долговечность изделий, их стойкость к истиранию, химическая стойкость и механическая прочность. В этом ключе мы сейчас работаем с болгарской и российской компаниями, планируем наладить сотрудничество с белорусской «Белшиной». Что касается революции в других отраслях, то в свое время нами был предложен инновационный подход к изготовлению синтетических волокон – ПАН-волокна на основе полиакрилонитрила. При добавлении углеродных нанотрубок в процесс производства волокон их прочность значительно возрастает. Сейчас во всем мире активно идет переход к композитным материалам на основе углеродного волокна и стекловолокна – их используют прежде всего в самолетостроении. Мы разработали собственную технологию ввода углеродных нанотрубок в полимер-



ную основу композитного материала, что позволило существенно улучшить его механические свойства и снизить вес изготавливаемых на его основе изделий. В этой сфере мы активно сотрудничаем с научными организациями Саудовской Аравии.

Есть ли у вас конкуренты в России и других странах? Ведь рынок нанотехнологий демонстрирует постоянный рост, и около 30% его приходится именно на углеродные нанотрубки. В чем преимущество вашей разработки?

– В России до недавнего времени основным производителем углеродных нанотрубок являлась компания ОКСИАЛ. В основе технологии этой компании лежит использование плазмы для нагрева как каталитической поверхности, так и используемого в процессе синтеза углеводородного газа. Мы разработывали соответствующую технологию в Институте тепло- и массообмена НАН Беларуси еще в начале текущего столетия, когда я был директором этого института, и даже изготовили несколько промышленных реакторов на ее основе для экспорта в Сингапур и Саудовскую Аравию. Позже, уже на созданном нами предприятии, мы от этой технологии отказались, потому что плазменные технологии являются энергозатратными, и производимые на их основе углеродные нанотрубки неконкурентоспособны. Если закладывать плазменную технологию в основу производства, то цена продукции вырастает примерно в 10 раз. Поэтому первое, что мы сделали, – сосредоточились на разработке гораздо более экономичного подхода и запатентовали его. Наша уникальная технология обладает рядом преимуществ по сравнению с зарубежными аналогами. Конечно, сейчас много делается в области наноразмерных материалов в Японии, Корее, Китае, но мы конкурентоспособны благодаря собственной технологии. Более глубокое понимание процессов позволяет нам предложить дешевый способ получения конечного продукта. А это очень важный аргумент при современных массовых применениях углеродных нанотрубок. В КНР, например, выпускаются сотни тонн углеродных нанотрубок в год только для применения в литий-ионных аккумуляторах. Мы в Минске изготавливаем несколько тонн углеродных нанотрубок в год – в масштабах республики это крупное производство. Потребность же мирового рынка составляет сотни, тысячи тонн. Рынок быстро растет. Но наша стратегия – не наращивание объемов, а разработка новых рецептур, новых направлений применения углеродных наноструктурированных

материалов. Мы беремся за задачи, где применение углеродных нанотрубок требует глубокого понимания физики и химии технологических процессов, и благодаря квалификации и опыту работающих у нас ученых и инженеров мы обладаем рядом преимуществ по сравнению с конкурентами. Поэтому основной упор на предприятии делается на научные и инженерные кадры: на разных этапах развития предприятия у нас работали десятки кандидатов и докторов наук. Мы мобильны, быстро откликаемся на потребности рынка и имеем автоматизированное круглосуточное производство углеродных нанотрубок, не требующее большого количества персонала.

С какими сложностями при коммерциализации вы сталкиваетесь?

– Прежде всего, развивая производство, мы понимали, что создали новый продукт, который до этого в Беларуси не существовал, поэтому запатентовали его, чтобы защитить результаты своего интеллектуального труда. Далее сосредоточились на технических условиях, позволяющих применять их в промышленности. Следующий шаг – коммерциализация, необходимость взаимодействия с рынком. Сразу замечу, что для людей науки он особенно сложен. Но благодаря нашему неоспоримому преимуществу – готовности и возможности рисковать, чего, к сожалению, не предусматривает современная организация отечественной науки, мы продвинулись и в этом направлении. Должен заметить, что во время выступления на I съезде ученых Республики Беларусь мной поднимался вопрос том, что если стоит задача сделать что-то принципиально новое, право на ошибку должно быть предусмотрено априори. Об этом свидетельствует и мировой опыт: из 10 инновационных компаний, продвигающих на рынок свои идеи, только одна оказывается жизнеспособной. Конечно, государство не может финансировать программу, где из 10 заданий лишь одно может быть эффективно. Вот здесь и открывается поле работы для частных компаний: продвигая свои новые идеи, они сознательно идут на риск, опираясь на собственные ресурсы. Собственно, по этому пути пошла и наша компания. Академическая наука, как правило, ориентирована на оказание услуг: исследования, оптимизация, модернизация, а чтобы быть успешным на рынке, необходимо производить что-то самому и, как правило, в масштабе целой отрасли. К этому мы и стремимся. Успех зависит не только от качества продукта, материала, но и от заинтересованности потребителей, уровня конкуренции.

Скажу, что в Беларуси, России, Казахстане и других странах, где мне доводилось бывать, в строительной отрасли используются зарубежные химические добавки: швейцарские, немецкие. Как правило, привлечение конкретных пользователей к использованию вашего продукта является сложной задачей. Убедить потребителей перейти на новый материал, который и лучше, и дешевле, не просто, так как строительство и строительная наука достаточно консервативны, отдают предпочтение традиционным материалам. Мы же со своими новыми подходами в какой-то степени совершаем в отрасли переворот, и требуется большая работа по преодолению сложившихся в ней стереотипов. К примеру, для производства бетона одинаковой прочности и потребительских свойств нужен 1% обычной добавки, в то время как нашей достаточно 0,5%. Ее использование при строительстве метро в Саудовской Аравии показало, что при изготовлении железобетонных изделий рентабельность возрастает примерно на 15–20% за счет резкого ускорения сроков набора прочности, уменьшения потребления цемента и воды, которая в пустынных странах дефицитный ресурс. Активно работаем сейчас и на рынке Союзного Государства. Из-за санкций поставщики химических добавок, ранее монополично контролировавшие этот рынок, свернули свое производство. Для продвижения нашего продукта складываются благоприятные обстоятельства, и мы их стараемся использовать.

Вы продаете готовый продукт, а как насчет передачи технологии?

– На данном этапе для нас важно продавать наши добавки. Возьмем конкретный пример. Болгарская компания Monbat, выпускающая аккумуляторы для всего европейского рынка, провела испытания наших материалов и, получив хороший результат – срок службы батарей увеличился в 4 раза, вышла с предложением организовать производство нанодобавок в этой стране. Мы его приняли и наладили их выпуск непосредственно у них же на заводе, что обеспечило полную интеграцию нашего продукта в общую технологическую цепочку. По такому же принципу – приблизить производство к заказчику – мы стараемся выстраивать отношения и с другими нашими партнерами. Например, построили установки по производству углеродных нанотрубок в Калининграде и в Саудовской Аравии. У нас есть стандартный контракт, в котором оговариваются условия использования наших установок, предо-

ставления нашего материала для использования на предприятии заказчика. Если мы поставляем установку, в договоре запрещено ее копирование, наши права сохраняются. Где-то мы идем на создание совместных предприятий, когда нами предоставляется технология, а заказчик обеспечивает финансовую сторону вопроса, в том числе и строительство установок. В общем, отрабатываются разные модели, в зависимости от рынка. К примеру, в России, где можно гарантированно планировать совместную деятельность на будущее, нам проще создать совместное предприятие. Там есть финансовые ресурсы, у нас – ноу-хау. Перевод национальных патентов в международные – очень дорогостоящее мероприятие. Такие вложения оправданы, если в стране патентования есть сформировавшийся спрос, необходимо защититься от конкурентов. Мы пока не пользуемся этими инструментами.

Как в целом вы оцениваете перспективы нанотехнологий?

– Переход промышленности на нанотехнологический уровень – это вопрос выживания человечества. Полагаю, у нашей цивилизации нет другого выхода. Мы не можем идти дальше по экстенсивному пути развития, расширяться, из большого дела малое. Надо двигаться по интенсивному пути, снижать количество используемого сырья на производство потребляемой человечеством продукции. Экономия и получение нового качества материалов – вот основа развития на ближайшие 100 лет. Металло-, материало- и энергоемкость процессов будут падать. Уже сегодня с помощью нанотехнологий создаются объекты, меняющие структуру исходного материала, требуется меньше исходных ресурсов. Например, экономия до 20% бетона не только сэкономит средства, но и улучшит климат и экологическое состояние планеты, значительно сократив выбросы парникового газа при производстве цемента. Пришло время осознать это, переориентировать стратегии развития на новый курс. Опять же, если говорить об улучшении износостойкости изделий в космической технике, автомобилестроении, то при использовании нанотехнологий ее реально повысить в 10 раз. А увеличив в 4 раза ресурс батарей – сократить потребление свинца и других токсичных материалов. То же самое касается композитных материалов, когда будет существенно снижен расход алюминия, титана. Еще один важный вектор, который хотелось бы обозначить – аддитивные технологии. Они развились настолько, что вскоре

позволят исключить из технологической цепочки производства обработку металлических заготовок – необходимые элементы можно будет печатать на 3D-принтере. Пока проблема в том, что деталям, выполненным таким образом, не хватает прочности, от чего страдают эксплуатационные свойства. И наши наноматериалы помогают справиться с этим недостатком. В этой новой для нас отрасли с новыми задачами – интегрировать наши частицы в порошки для 3D-печати – мы работаем совместно с российскими специалистами. Первые результаты уже есть: углеродные нанотрубки существенно влияют на материал в процессе спекания, когда идет кристаллизация: образуются более совершенные структуры, что является основой для улучшения механических свойств. В итоге получается новое качество изделия. Еще одно перспективное направление – водородная энергия, водородные автомобили. Мы стоим на пороге новой эры, которая грядет за электротранспортом. Будущее – за водородом, я в этом уверен. Атомные станции будут производить его из воды. В Германии, например в Гамбурге, уже есть десяток водородных заправок. Наши южнокорейские партнеры заняты внедрением нанодобавок в устройства по конвертации водорода в электричество, что позволяет их делать более надежными. Наноразмерные частицы помогают решать и проблему хранения водорода на борту автомобиля – если удастся сделать более прочный бак, в который можно закачать значительный объем газа под большим давлением. Мы продолжаем работать с организациями НАН Беларуси – Объединенным институтом машиностроения, Институтом тепло- и массообмена и другими, и на безвозмездной основе передаем им свои материалы. Наша задача состоит в максимально широком распространении сферы применения нанодобавок – при разработке новых материалов, лекарств, удобрений, пищевых продуктов и т.д. Хочу проинформировать, что любое белорусское научное учреждение может их получить на безвозмездной основе. Мы открыты для сотрудничества, публикуем результаты своих исследований, и несколько аспирантов БНТУ защитились по нашей тематике, применяя предоставленные нами углеродные нанотрубки. Обсуждается возможность нашего участия в Госпрограмме научных исследований по новым материалам со своим заданием, на выполнение которого мы готовы выделить собственные средства. Я оптимист и считаю, что работы в сфере производства и применения наноструктурированных материалов хватит и нам, и следующим поколениям. ■