

УДК: 620.4.004

**К ОСНОВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ИЗУЧЕНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
НАНОМАТЕРИАЛОВ, НАНОПРОДУКТОВ**

**НАНОМАТЕРИАЛДАР МЕН НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ  
ОЛАРДЫ ОҚЫП ҮЙРЕНУДІҢ НЕГІЗГІ БАҒЫТТАРЫ**

**THE MAJOR AREAS OF STUDY AND RESEARCH OF NANOMATERIALS**

*В.З. КРУЧЕНЕЦКИЙ, А.А. КАЛАБИНА, В.В. КРУЧЕНЕЦКИЙ*  
*V.Z. KRUCHENETSKY, A.A. KALABINA, V.V. KRUCHENETSKY*

(Алматинский технологический университет)  
(Алматы технологиялық университеті)  
(Almaty Technological University )  
E-mail: [anesti-an@mail.ru](mailto:anesti-an@mail.ru)

*Изложены вопросы необходимости изучения и исследований наноматериалов, показаны место и роль нанотехнологий в их получении, основные сведения по составу содержанию, особенностям. Предложены основные направления изучения и научных исследований наноматериалов, нанопродуктов, основные проекты с целью их реализации в области пищевой, легкой промышленности.*

*Бұл мақалада наноматериалдарды зерттеу және оқып үйрену қажеттілігі мәселелері қарастырылған. Нанотехнологияларды алудағы рөлі мен орны, мазмұн құрамы және ерекшеліктері бойынша негізгі мәліметтер көрсетілген. Осы мақсатқа сай наноматериалдар мен нанотехнологияларды ғылыми зерттеу және оларды оқып үйренудің негізгі бағыттары, сонымен қатар тағам және жеңіл өнеркәсіп салаларында жүзеге асыратын негізгі жобалары ұсынылған.*

*The questions need to study and research of nanomaterials, to show the place and the role of nanotechnology in obtaining them, the basic data on the composition of content and features. The main directions of the study and research of nanomaterials, nano, major projects to implement in the field of food processing and light industry.*

**Ключевые слова:** нанотехнологии, нанoeлектроника, биотехнологии, наноматериалы.

**Негізгі сөздер:** нанотехнологиялар, нанoeлектроника, биотехнологиялар, наноматериалдар.

**Key words:** nanotechnology, nanoelectronics, biotechnology, nanomaterials.

## ***Введение***

Как известно, в настоящее время и в ближайшей перспективе производство и использование наноматериалов признано относить к одним из приоритетных направлений и определяющих факторов научного, экономического и оборонного развития государства. Такие перспективы требуют незамедлительного внедрения в образовательные программы дисциплин, необходимых для подготовки специалистов, способных успешно решать фундаментальные и прикладные задачи в области нанотехнологий.

Изучение наноматериалов имеет большую значимость для подготовки специалистов, но им присуща особенность, связанная с междисциплинарным характером нанотехнологий [1,2]. Профессиональная подготовка специалистов, исследователей, способных работать в этой новой, достаточно сложной и комплементарной области знаний, науки и техники, является одним из важнейших условий быстрого и успешного развития нанотехнологий.

Отдельные образовательные курсы и разделы по нанотехнологии уже включены в учебные планы Алматинского технологического университета, но они охватывают в основном программы обучения магистрантов и докторантов. Вопросам их дальнейшего расширения и включения в программы, рассчитанные на студентов, важнейших направлений исследований в области нанонауки и наноматериалов, посвящена данная краткая статья.

### ***Объекты и методы исследований.***

К наноматериалам относят дисперсные и массивные материалы, содержащие структурные элементы (зерна, кристаллиты, блоки, кластеры), геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками. Нанотехнологии получения их являются такие, которые обеспечивают возможность контролируемо создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять интеграцию в функционирующие системы.

Основу наноматериалов составляют наночастицы, представляющие собой мельчайшие структуры, составляющие не более одной миллионной доли метра. В зависимости от условий получения они могут иметь сферическую, гексагональную, хлопьевидную, игольчатую формы, аморфную или мелкокристаллическую структуру и за счет

того, что состоят из небольшого количества атомов, их свойства отличаются от свойств тех же атомов, связанных в объемном веществе. Многие физические свойства наноматериалов определяются некоторой критической длиной, например, характерным расстоянием тепловой диффузии или длиной рассеяния. Размеры наночастиц меньшие, чем критические длины, характеризующие многие физические явления, придают им уникальные свойства.

Изменения основных характеристик веществ и материалов обусловлены не только малостью размеров, но и проявлением квантово-механических эффектов при доминирующей роли поверхностей раздела. Эти эффекты наступают при таком критическом размере, который соизмерим, с так называемым, корреляционным радиусом того или иного физического явления (например, с длиной свободного пробега электронов, размерами магнитного домена или зародыша твердой фазы и др.).

Наноразмеры – важнейшее свойство, но не самое главное для наноматериалов. Принципиальным является квантовый характер nanoобъектов и нанопроцессов и уникальная возможность целенаправленной сборки веществ на атомно-молекулярном уровне. Поэтому существует вынужденная необходимость отказа от привычных представлений о характере физико-химических превращений вещества, об их свойствах и возможностях использования.

Развитие фундаментальных и прикладных представлений о наноматериалах и нанотехнологиях уже в ближайшие годы может привести и уже приводит к кардинальным изменениям во многих сферах человеческой деятельности: в материаловедении, энергетике, электронике, информатике, машиностроении, медицине, сельском хозяйстве, биотехнологии, экологии.

Нанотехнологии, наряду с компьютерно-информационными и биотехнологиями, являются фундаментом научно-технической революции в XXI веке. Сегодня они проникают практически во все сферы человеческой деятельности и существенно изменяют характер отношений людей друг к другу и к природе.

В развитых странах основное направление наноструктурных исследований все более смещается от изучения и применения нанокристаллических веществ и материалов в область нанотехнологии, т. е. создания изделий и устройств с наноразмерными

элементами. Основные области применения наноразмерных элементов — это электроника, медицина, химическая фармацевтика и биология. В последних трех областях проводимые сейчас исследования достигли фантастических размеров, например, в области создания микронасосов и микросредств для доставки лекарств непосредственно к больным клеткам того или иного органа и других искусственных биологических наноструктур разного функционального назначения, в геномной инженерии.

Процессы, в результате которых происходит формирование наноструктур — это кристаллизация, рекристаллизация, фазовые превращения, высокие механические нагрузки, интенсивная пластическая деформация, полная или частичная кристаллизация аморфных структур. Выбор метода получения наноматериалов определяется областью их применения, желательным набором свойств конечного продукта. Характеристики получаемого продукта — гранулометрический состав, форма частиц, содержание примесей, величина удельной поверхности могут колебаться в зависимости от способа получения в широких пределах.

В части изучения основ нанотехнологии по специальностям пищевой, перерабатывающей промышленности, биотехнологии естественно, что основные знания, главные вопросы связаны с производством и эффективным использованием нанопродуктов. Известно, что согласно общепринятой научной терминологии, продукт, может называться нанопродуктом, если при его выращивании, производстве, переработке или упаковке использовались наночастицы, нанотехнологические разработки и инструменты. Разработки нанопродуктов обеспечивают более совершенный процесс производства и упаковки продуктов питания, их улучшенный вкус и новые питательные свойства, производство "функциональных" продуктов, содержащих лекарственные или дополнительные питательные вещества. В этой связи, очевидно, представляет значительный интерес рассмотрение коллоидно-дисперсных систем, физических и химических методов получения ультрадисперсных порошков (УДП), использования нанодисперсных материалов, полимерных нанокомпозитов, нанотрубок.

Следует ожидать, что самыми массовыми нанопродуктами уже в ближайшее время окажутся разного рода композитные

материалы, сплавы и покрытия, приобретающие благодаря своей микроструктуре особые свойства. При этом в одном материале могут совмещаться крайне противоречивые свойства, например, в силу того, что в них аморфные и нанодисперсные состояния могут кардинально отличаться от их кристаллических форм.

УДП обладают уникальными каталитическими свойствами. При их добавлении в жидкость даже при объемной концентрации в 5%, ее вязкость возрастает на 2-4 порядка. Важное свойство УДП — снижение их температуры спекания [3].

Одно из перспективных направлений в наноматериаловедении — разработка технологии получения полимерных материалов. Такие технологии могут найти широкое распространение в изготовлении контейнеров, упаковок пищевых продуктов различной формы и назначения, обладающих всеми качествами многофункциональных материалов — жаропрочностью, морозостойкостью, сверхвысокой прочностью, в холодильной и другой технике.

Перспективно использование нанопористых материалов, обладающих тремя важными свойствами взаимодействия с окружающей средой: адсорбцией, фильтрацией, катализом. Они имеют такие привлекательные характеристики, как температурную и химическую стабильность, механическую прочность, низкую стоимость, технологичность.

Важной особенностью металлических наноматериалов, играющей ключевую роль при их использовании в пищевой промышленности АПК, является их низкая токсичность. Оказывается, что токсичность наночастиц металлов во много раз меньше токсичности ионов металлов, например, меди — в 7 раз, цинка — в 30, а железа — в 40 раз [1].

Методы получения наночастиц отличаются разнообразием, но в основном выделяются химические и физические, включая механические. Их изучение и исследование несомненно представляет большой интерес.

Механическим путем измельчают металлы, керамику, полимеры, оксиды, хрупкие материалы. Степень измельчения зависит от вида материала. Так, для оксидов вольфрама и молибдена получают крупность частиц порядка 5 нм, для железа — порядка 10-20 нм. [1]. Способы измельчения материалов механическим путем связаны с использованием в основном мельниц различного типа —

шаровых, планетарных, центробежных, вибрационных, гироскопических устройств, аттрикторов и симолойеров. Аттрикторы и симолойеры – это высокоэнергетические измельчительные аппараты с неподвижным корпусом-барабаном с мешалками, передающими движение шарам в барабане. Аттрикторы имеют вертикальное расположение барабана, симолойеры – горизонтальное. Измельчение размалываемого материала шарами, в отличие от других типов измельчающих устройств, происходит главным образом не за счет удара, а благодаря механизму истирания. Крупность частиц в них достигает порядка 5 -20 нм. [1,2].

Разновидностью механического измельчения является механосинтез, или механическое легирование, когда в процессе измельчения происходит взаимодействие размалываемых материалов с получением измельченного материала нового состава. Так получают нанопорошки легированных сплавов, интерметаллидов, силицидов и дисперсно упрочненных композитов с размером частиц 5-15 нм. [1,2].

В числе физических методов широко распространены способы испарения (конденсации) и газофазный синтез получения нанопорошков металлов, основанные на испарении металлов, сплавов или оксидов с последующей их конденсацией в реакторе с контролируемой температурой и атмосферой. Фазовые переходы: «пар - жидкость - твердое тело» или «пар - твердое тело» происходят в объеме реактора или на поверхности охлаждаемой подложки или стенок. Сущность метода состоит в том, что исходное вещество испаряется путем интенсивного нагрева, подается с помощью газа-носителя в реакционное пространство, где резко охлаждается. Нагрев испаряемого вещества осуществляется с помощью плазмы, лазера, электрической дуги, печей сопротивления, индукционным способом, пропусканием электрического тока через проволоку. Возможно также бестигельное испарение. Испарение и конденсация в зависимости от вида исходных материалов и получаемого продукта проводятся в вакууме, инертном газе, потоке газа или плазмы. Размер и форма частиц зависят от температуры процесса, состава атмосферы и давления в реакционном пространстве. Например, в атмосфере гелия частицы будут наверняка иметь меньший размер, чем в атмосфере аргона, являющегося более плотным газом. Таким методом получают порошки Ni, Mo, Fe, Ti, Al. Размер частиц

при этом – десятки нанометров.

Ионно-плазменные методы применяются для получения беспористых нанокристаллических материалов (аморфные сплавы).

Важнейшим фактором в исследовании нанотехнологий стало открытие и использование фуллеренов и углеродных нанотрубок. Сферические молекулы фуллерена C<sub>60</sub> и свернутые в трубочку графитовые плоскости все более удивляют не только физиков и химиков, но материаловедов, технологов, например, в силу того, что позволяют образовывать гигантские молекулы, длина которых в миллионы раз превышает их диаметр [2].

Углеродная нанотрубка – цилиндрическая молекула, состоящая из одних лишь атомов углерода. Имеет диаметр около 1 нм и длину от одного до нескольких сотен микрометров. Внешне выглядит как свернутая в цилиндр графитовая плоскость. Нанотрубки известны однослойные и многослойные. Последние представляют собой несколько однослойных нанотрубок, вложенных одна в другую. Основная классификация нанотрубок проводится по способу сворачивания. Различают прямые (архивальные) нанотрубки и спиральные (хиральные).

Нанотрубки обладают уникальными электрическими, магнитными и оптическими свойствами. Они могут быть как проводники, так и полупроводники, на порядок прочнее стали. На основе нанотрубок огромную перспективу имеет получение новых сверхпрочных и сверхлегких композиционных материалов. Нанотрубки используются в качестве иглы для сканирующего туннельного или атомного силового микроскопа, а также для создания полупроводниковых гетероструктур.

Известно также [2,3], что нанотрубки обладают уникальными сорбционными свойствами, которые обусловлены рекордным значением удельной площади поверхности (2600 м<sup>2</sup>/г). Благодаря этому, а также наличию внутри нанотрубки естественной полости, она способна поглощать газообразные и конденсированные вещества. Поскольку диаметр внутреннего канала лишь в 2-3 раза превышает характерные размеры молекулы, капиллярные свойства нанотрубки, позволяющие впитывать в себя жидкие вещества, проявляются в нанометровом диапазоне. Еще более заманчивые перспективы таит совместное использование фуллеренов и нанотрубок, формируя новые уникальные

структуры, например, углеродные пиподы («горошины в стручках»).

Огромные перспективы являет получение из УДП нанокристаллических материалов. К их новым уникальным свойствам относится повышенная диффузионная подвижность и высокая химическая активность. Это позволяет использовать нанокристаллические материалы в каталитических и абсорбционных процессах, осуществлять диффузионное легирование с образованием межзеренных метастабильных или стабильных фаз в твердом состоянии.

Грандиозные перспективы ожидают биотехнологию. Прежде всего, это относится к геной инженерии, производству и переработке продукции агропромышленного комплекса, очистке воды, проблемам качества продукции и защиты окружающей среды. Отсюда, подлежат освещению в учебных программах вопросы использования при производстве пищевых продуктов цеолитов, уже успешно применяемых при производстве комбикормов и кормовых концентратов, технологии направленного белкового синтеза.

Представляет интерес создание на основе биохимического метода технологии синтеза наночастиц серебра, стабильных в растворах и в адсорбированном состоянии. Наночастицы серебра обладают широким спектром антимикробного (биоцидного) действия, что позволит создавать широкую номенклатуру продукции с высокой бактерицидной и вирулицидной активностью, высоким бактерицидным эффектом. Они могут использоваться для модифицирования традиционных и создания новых материалов, дезинфицирующих и моющих средств, а также косметической продукции, в перерабатывающей промышленности.

В молочной промышленности представляет интерес использование нанотехнологии для создания продуктов функционального назначения, развития направления насыщения пищевого сырья биоактивными компонентами (витаминами в виде наночастиц).

Незаменимую роль могут сыграть наноматериалы при использовании их в качестве различных катализаторов, например, горения для различных видов топлива, в том числе и биотоплива, или катализаторов для гидрирования растительного масла в масло-жировой промышленности, взамен используемых катализаторов на основе никеля, обладающих аллергенным и канцерогенным действием.

Наноуровневые процессы лежат в

основе виноделия, хлебопечения и сыроварения. Известно [2,3], что в настоящее время во всем мире пищевыми компаниями проводятся интенсивные исследования в области нанобиотехнологий функциональных пищевых добавок и веществ с применением методов ультра- и наночистоты, нанокапсулирования, дезинтеграции, а также с использованием направленной контролируемой ферментативной модификации нанобиоструктур, например, сыров, йогуртов. Как отмечено, нанотехнологически измененные продукты позволят улучшить здоровье людей. Предложено создавать наноконтейнеры из витаминов и пищевых кислот. Капсулы размером 10-100 нм значительно лучше растворяются, а потому подвижнее и эффективнее обычных вкусовых и ароматических капельных добавок. Из [2] следует, что этот метод предложен для усиления аромата кофе, который проявляется под воздействием горячей воды, придавая необходимый стойкий вкус. Очевидно, введением в нанокапсулы тех или иных компонентов можно получить самые разнообразные вкусовые оттенки.

Представляет интерес использование наноразмерных сит, эффективно разделяющих (сепарирующих) составляющие продукта, например, молока на протеины, полихлориды и молекулы жирных кислот, как это необходимо при производстве сыров.

С помощью нанотехнологии появляется практическая возможность конвергенции неорганических, органических и биологических объектов, что позволит создавать принципиально новые типы пищевых технологий.

Интересно изучение вопросов увеличения сроков хранения продуктов, упакованных в специальную оболочку, например, диоксида титана (нанофольга), который, будучи нано-размерным, также усваивается организмом.

Заманчиво применение нанотехнологии при послеуборочной обработке сельскохозяйственных продуктов - овощей, фруктов, продовольственных и технических культур в регулируемых средах, озонировании воздуха.

В животноводстве и птицеводстве при изготовлении кормов нанотехнологии могут обеспечить повышение продуктивности, сопротивляемости стрессам и инфекциям.

На основе наноматериалов возможно создание большого числа препаратов, позволяющих сократить трение и износ деталей,

что продлевает срок службы машин, механизмов, техники.

Нанотехнологии и наноматериалы (в частности, наносеребро и наномедь) могут найти широкое применение для дезинфекции помещений и инструментов, при упаковке и хранении пищевых продуктов.

В части специальностей, связанных с использованием текстильных материалов и технологий, представляет интерес изучение новых нанотканей, полученных из нанотрубок, использование графеновых и прозрачных пленок, ультратонких лент, нанопоясов, материалов типа «щетка», нанопокровов для одежды, «умной» одежды, нейлонового нанокompозита [2,3].

Изучение, исследование наноматериалов выдвигает новые повышенные требования к инструментарию, измерительным приборам и в целом к материальной базе. Ясно, что чем меньше размеры изделий нанотехнологий, тем выше требования к диапазону измеряемых их параметров. Нужно измерять меньшие геометрические размеры, физические, электрические и другие параметры, слабые сигналы, излучаемые часто отдельными молекулами и атомами различных материалов, оценивать их спектры, охватывающие уже диапазоны миллиметровых волн и частоты в сотни тысячи гигагерц. Все это требует современной метрологической и инструментальной базы, не только ее наличия, но и изучения. Без арсенала приборов, инструментария студенты университета, преподаватели, научные работники окажутся вынужденными постигать основы нанотехнологий не более, чем теоретически.

Таким образом, в числе основных направлений науки о наноматериалах применительно к отраслям пищевой, легкой и перерабатывающей промышленности представляется целесообразным выделить следующие:

- фундаментальные исследования свойств наноматериалов;
- развитие нанотехнологий для целевого создания наноматериалов;
- поиск и использование природных объектов с наноструктурными элементами;
- создание готовых изделий с использованием наноматериалов;
- развитие средств и методов исследования структур и свойств наноматериалов, метрологии, контроля и аттестации наноизделий и продуктов;
- интеграция наноматериалов и нанотехнологий в различные отрасли промышленности и науки.

Очевидно, в числе основных проектов

по реализации указанных направлений целесообразно исследование и получение:

- нанокompозиционных материалов со специальными механическими свойствами для сверхпрочных, сверхэластичных, сверхлегких конструкций, с особой устойчивостью к экстремальным факторам для термически-, химически- и радиационностойких конструкций;

- нанокompозиционных и нанодисперсных материалов для высокоэффективной сепарации и избирательного катализа;

- нанокompозиционных биоорганических материалов для биотехнологии.

### ***Результаты и их обсуждения***

Представляется целесообразным, что все кратко отмеченное выше и многие другие вопросы нанотехнологий, ориентированные на определение конкретных продуктов, инновационные свойства которых будут определяться известными и принципиально новыми компонентами, должны стать предметом неотложного изучения и исследований не только докторантами PhD, магистрантами, но и бакалаврами – пищевиками, технологами и другими специалистами, выпускаемыми университетом.

Перспективы нанотехнологической отрасли грандиозны. Нанотехнологии кардинальным образом изменят все сферы жизни человека. На их основе могут быть созданы товары и продукты, применение которых позволит революционизировать отрасли пищевой, легкой и перерабатывающей промышленности, другие отрасли экономики.

### ***Заключение***

Для выработки и практической реализации необходимых и достаточных мер в области создания и развития нанотехнологий сформирована политика, которая, в свою очередь, должна рассматриваться как часть образовательной, научно-технической политики, определяющей цели, задачи, направления, механизмы и формы деятельности университета. Но для ее поступательного воплощения в жизнь предстоит еще определить первоочередные учебные программы для всех без исключения специалистов, выпускаемых университетом, выявить даже из тех, кратко перечисленных выше, ключевые, первоочередные проблемы и тематику научных исследований в области разработки наноматериалов и нанотехнологий, сформировать потребности и круг наиболее перспективных потребителей, программу фундаментальных исследований,

расширить, а по части работ создать исследовательскую инфраструктуру, привлечь, подготовить и закрепить из числа ППС, студентов, магистрантов и докторантов квалифицированные научные, инженерные и рабочие кадры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов А.Н. Основы нанотехнологии в технике: Учебное пособие для студ. высш. учебн. заведений./ А.Н.Ковшов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов.- М.: Издательский центр «Академия», 2009.-249 с.

2. Балабанов В.И. Нанотехнологии: правда и вымысел. - М.: Эскимо, 2010.-384с.

3. Крученецкий В.З., Крученецкий В.В., Калабина А.А. Основы нанотехнологий. Учебное пособие-самоучитель: Компьютерная система обучения и самооценки знаний.- Алматы: АТУ, 2012. - 191с., компакт-диск.