

КАК ОРГАНИЗОВАТЬ РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И СОЗДАНИЕ НАНОИНДУСТРИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Избранные материалы веб-сайта
<https://uznanotechnology.uz>



КАК ОРГАНИЗОВАТЬ РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И СОЗДАНИЕ НАНОИНДУСТРИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

**Избранные материалы веб-сайта
<https://uznanotechnology.uz>**

ООО «ProventaTech»

Ташкент · 2024

Как организовать развитие нанотехнологий и создание наноиндустрии в Узбекистане. Избранные материалы веб-сайта <https://uznanotechnology.uz> — Ташкент: ООО «ProventaTech», 2024. — 60 с.: ил.

В настоящий сборник включены статьи, посвященные проблемам развития нанотехнологий в Узбекистане: «Как организовать развитие нанотехнологий и создание наноиндустрии в Узбекистане», «Что мы покупаем под названием “коллоидное серебро”?», «Что необходимо, чтобы научные исследования в области нанотехнологии оказывали влияние на инновационное развитие отечественной экономики?», «Можно ли достичь успехов в развитии нанотехнологий не имея стратегии их развития?», а также статьи, затрагивающие некоторые проблемы технологии синтеза наносuspensions серебра, подготовки специалистов по нанотехнологии, некоторые дискуссионные вопросы, касающиеся терминологии в области нанотехнологии, и некоторые другие вопросы, требующие внимания. В сборник включены также статистические данные о научных публикациях Узбекистана по нанотехнологии, индексированных в базе данных «ISI Web of Knowledge» (динамика количества научных публикаций за период 2012–2023 годы, места занимаемые Узбекистаном среди других стран по этим публикациям).

НАНОТЕХНОЛОГИИ — БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

Мировая экономика, как показано в трудах известных экономистов, развивается циклически, с чередованием подъемов и спадов. Экономисты считают, что такое циклическое развитие мировой экономики напрямую связано с развитием технологий. Каждый экономический подъем происходит, когда осваиваются новые, прорывные технологии и с их помощью создаются инновации. Совокупность таких освоенных технологий называется технологическим укладом. Спады происходят, когда используемые технологии исчерпывают себя и не могут поддерживать рост экономики в периоды кризисов, которые возникают по разным причинам. Последний, пятый технологический уклад сформировался в результате начавшегося в начале 80-х годов прошлого столетия широкомасштабного распространения на рынок инновационной продукции, основанной на технологиях микроэлектроники и информационно-коммуникационных технологиях. Завершение фазы устойчивого роста экономики, основанной на технологиях пятого технологического уклада, датируют 2006 годом. И связывают его с тем, что информационно-коммуникационные технологии исчерпали свои потенциальные возможности и перестали оказывать прежнее сильное воздействие на экономику. Начался ее спад. Чтобы обеспечить подъем мировой экономики, нужны новые базовые технологии. Считается, что ими станут нанотехнологии.



Рисунок на основе данных из «The sixth Kondratieff — long waves of prosperity»

(https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz_com/migration/media/press/document/other/kondratieff_en.pdf)

По мнению экспертов, нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материальными объектами, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией. Нанoeлектроника вытеснит кремниевые микросхемы и повысит основные характеристики компьютеров в тысячу раз! Дешевые, легкие и прочные наноматериалы вытеснят металлы из

машиностроения и строительства. Автомобильная промышленность станет выпускать экологически безопасные автомобили, в которых бензин в двигателях внутреннего сгорания будет заменен высокоэффективными топливными элементами на наноматериалах. Эффективные солнечные батареи на основе наноматериалов вытеснят применение горючего топлива в энергетике. Нанобиотехнологии изменят медицину, станет возможной целенаправленная доставка лекарственных препаратов к определенному органу и безоперационное лечение, будут побеждены большинство заболеваний, увеличена продолжительность жизни. Это лишь некоторые примеры изменений, которые даст развитие нанотехнологий.

По прогнозам экономистов, в 2018 году начнется подъем экономик развитых стран, связанный с быстрым распространением нанотехнологической продукции на рынки. Это приведет к возникновению шестого технологического уклада, базовыми технологиями которого будут нанотехнологии. Формирование этого уклада из эмбриональной фазы, приходящейся на период с 2010 года по 2020 год, перейдет в фазу устойчивого роста. И если на начальной стадии в 2010 году доля производств шестого технологического уклада в мировой экономике была небольшой (например, в США доля производств пятого технологического уклада составляла 60 %, четвертого — 20 %, а шестого — 5 %), то в ближайшие годы доля производств шестого технологического уклада будет непрерывно расти и в недалеком будущем может стать доминирующей.

Примечание

Каждый технологический уклад характеризуется ключевыми факторами, которые формируют так называемое ядро технологического уклада (основные производства). Для шестого технологического уклада ключевыми факторами часто называют нанотехнологии, биотехнологии и информационные технологии. По этому поводу заметим следующее. В отличие от названий разных технологий в названии «нанотехнология» содержится указание размерного уровня, на котором осуществляются технологические преобразования, а не объектов, которые подвергаются преобразованиям или с которыми осуществляются преобразования (например, живые организмы в биотехнологиях, информация в информационных технологиях). Нанотехнологии, манипулируя веществом на нанометровом размерном уровне, в том числе с участием биологических объектов, позволяют создавать новую, наукоемкую продукцию безотносительно к виду производства (для медицины, энергетики, электроники, строительства, сельского хозяйства и т.д.). То есть нанотехнологии являются базовыми технологиями. Те производства, которые за счет применения нанотехнологий получают новый импульс развития или будут созданы для изготовления принципиально новой продукции (в том числе за счет их объединения с биотехнологиями), могут образовать ядро шестого технологического уклада. Поэтому нанотехнологии могут претендовать на роль ключевого фактора шестого технологического уклада, который сформирует его ядро. Этот уклад находится в фазе становления, и какие производства образуют его ядро — покажет время.

Добавлено 18.04.2023

Сегодня продукция, изготавливаемая с применением нанотехнологий, уже применяется в различных сферах. Согласно базе данных о продуктах нанотехнологий (*Nanotechnology Products Database*), сегодня производится 10709 продуктов 3570-ю компаниями в 66-и странах (<https://product.statnano.com/>). При этом надо учитывать, что эти продукты относятся лишь к некоторым направлениям в нанотехнологии, которые преодолели этапы становления и достигли стадии коммерциализации. Обращение к указанной выше базе данных позволяет судить о состоянии направлений в нанотехнологии. Например, в 2018 году *StatNano* представила расположение некоторых направлений в нанотехнологии на графике цикла зрелости технологий Гартнера (<https://statnano.com/news/61685/>):

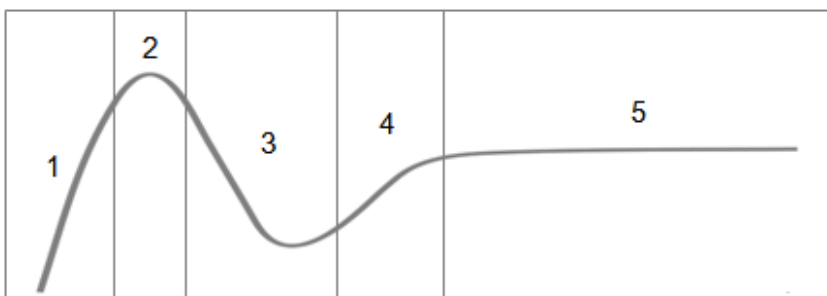
создание биочипов, умных роботов, 3D-биопринтеров, интерфейса мозг-компьютер, умной пыли, квантовых вычислений находится на первой стадии цикла;

создание носимых электронных устройств, транзисторов на основе нанотрубок находится на второй стадии цикла;

наносмазки, диагностические наборы, термokonтролирующие стекла находятся на третьей стадии цикла;

самоочищающиеся ткани, антибактериальная одежда находятся на четвертой стадии цикла; нанофильтры, косметика и солнцезащитные лосьоны находятся на пятой стадии цикла.

Цикл зрелости технологий Гартнера (Gartner Hype Cycle)



первая стадия — стадия стимулирования (предлагается технология; ее обсуждают не только в профессиональной среде, но и широко в обществе в связи с теми возможностями, которые обещает ее внедрение; нарастает ажиотаж);

вторая стадия — стадия завышенных ожиданий (общественный ажиотаж достигает пика и приводит к нереалистическим ожиданиям; все говорят о технологии, пытаются начать ее внедрение);

третья стадия — стадия разочарования (внедрение технологий не приносит ожидаемых результатов за ожидаемое время; обнаруживаются проблемы, препятствующие их достижению; наступает разочарование, инвесторы теряют интерес к технологии);

четвертая стадия — стадия преодоления (возобновляются усилия для движения вперед, преодолеваются первоначальные препятствия, достигаются ожидаемые результаты, возобновляется интерес инвесторов; консервативные компании продолжают осторожничать);

пятая стадия — стадия признания (технология получает общественное признание и занимает устойчивое место на рынке). Высота плато на участке графика, соответствующем этой стадии, зависит от того, насколько широко технология применяется.

Прогноз глобального рынка нанотехнологий на 2028 год



Global Nanotechnology Market

November 2023 | NANO70A | BBC Publishing

<https://www.bccresearch.com/market-research/nanotechnology/global-nanotechnology-market.html>

Исследование рынка выполнено компанией "BCC Research" (США).

В отчете представлены результаты исследования мирового рынка нанотехнологий, которые в настоящее время используются в коммерческих целях или, вероятно, будут коммерциализированы к концу 2028 года. Объем рынка включает рынки как нанотехнологической продукции и наноматериалов, так и инструментов. Представлены подробные оценки и прогнозы мирового рынка с последующим детальным анализом по типу продукции (наносенсоры, наноустройства, наноматериалы и др.), по типу конечных пользователей (электроника и полупроводники, здравоохранение и фармацевтика, энергетика, военная и оборонная промышленность, транспорт и др.), а также по регионам.

Согласно этому исследованию, мировой рынок нанотехнологий должен вырасти с 68 млрд долларов США в 2023 году до 183,7 млрд долларов США в 2028 году при среднегодовом темпе роста в 22 % за этот период.



Примечание

Основная проблема оценки объема рынка нанотехнологий — это определение того, что следует относить к этому рынку на данный момент. Единой методологии оценки рынка нанотехнологий нет. Компании, выполняющие исследование рынка нанотехнологий, решают этот вопрос по-разному. В связи с этим, а также по другим причинам оценки объемов рынка и прогнозы на будущее, выполненные разными компаниями, различаются. Поэтому результаты исследований, выполненных той или иной компанией, необходимо рассматривать с учетом примененной ею методологии исследования рынка, которая представлена в их отчетах об этих исследованиях.

Июнь 2017 г.

КАК ОРГАНИЗОВАТЬ РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И СОЗДАНИЕ НАНОИНДУСТРИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Ш. М. Шарипов

ООО “ProventaTech”, директор по инновационным проектам

Введение

Принятие в феврале текущего года «Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017–2021 годах» явилось важным шагом по обеспечению эффективности широкомасштабных реформ, которые осуществляются во всех сферах нашего государства. Указанной стратегией определены ряд задач, требующих решения. Одна из этих задач — освоение выпуска принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечение на этой основе конкурентоспособности отечественных товаров на внешних и внутренних рынках. Решение этой задачи напрямую связано с инновационным развитием национальной экономики, то есть с развитием отраслей промышленности, базирующихся на высоких технологиях и выпускающих наукоемкую продукцию. Среди современных высоких технологий особое место занимают нанотехнологии. Их развитие затронет все секторы экономики и другие стороны жизни и приведет к новому разделению стран по уровню технологического развития. Фактически развитие нанотехнологий приведет к переходу общества к новому технологическому укладу, базовыми технологиями которого будут нанотехнологии. Тем странам, которые вовремя не переориентируются на то, чтобы войти в число стран, развивающих нанотехнологии, завтра грозит стать неконкурентоспособными на внешних рынках. А на внутреннем рынке продукция отечественных производителей не сможет конкурировать с импортируемой продукцией. Поэтому для нашей страны стратегически важной задачей является создание собственной nanoиндустрии.



Развитие нанотехнологий во всем мире происходит при государственной поддержке. Принимаются долгосрочные государственные программы и вкладываются значительные финансовые средства в их выполнение. И делают это не только технологически развитые страны, но и страны, у которых научный потенциал существенно меньше.

Главным в государственной поддержке и формировании государственных программ развития нанотехнологий является наличие стратегии развития нанотехнологий в стране и разработанных механизмов реализации этой стратегии. Можно объявить нанотехнологии одним из приоритетных направлений научно-технического развития страны, но если при этом кардинально не изменить организацию научных исследований и образования, не ориентировать научные исследования на осуществление проектов, значимых для реальных секторов экономики Узбекистана, и не встраивать научные исследования в единый процесс, включающий: НИР, проектирование продукции и технологических процессов производства, освоение производства продукции, выведение продукции на рынок, то реальных результатов, оказавших влияние на научно-техническое развитие страны, не будет получено.

1. Создание специализированной инфраструктуры — необходимое условие развития нанотехнологий

Все национальные программы, принятые различными странами для развития нанотехнологий, содержат ряд одинаковых задач. В частности, во всех программах отдельным блоком выделена задача формирования специализированной инфраструктуры для создания, производственного освоения и коммерциализации нанотехнологической продукции.

Мировая практика определила следующий состав такой инфраструктуры:

- научно-образовательные центры нанотехнологий в вузах, которые на своей базе выполняют научно-исследовательские и инновационные проекты в области нанотехнологии и готовят кадры;
- центры развития нанотехнологий на базе научно-исследовательских организаций (научно-исследовательских институтов, научных лабораторий частных коммерческих компаний и т.п.), которые выполняют крупномасштабные научно-исследовательские и инновационные проекты совместно с научно-образовательными центрами вузов;
- отраслевые центры нанотехнологий;
- центры трансфера и коммерциализации нанотехнологий;
- инкубаторы малого предпринимательства, ориентированные на развитие нанотехнологий;
- специализированные организации, осуществляющие технологическое прогнозирование развития сферы нанотехнологии;
- финансовые и венчурные организации, оказывающие поддержку развитию нанотехнологий.

В нашей стране необходимо создать аналогичную специализированную инфраструктуру. В целях реализации государственной стратегии развития нанотехнологий должен быть создан координационный совет по развитию нанотехнологий, образованный, в той или иной форме, на государственном уровне. В функции этого совета должны входить разработка рекомендаций по обеспечению концентрации ресурсов на развитие научной, технической и технологической базы нанотехнологий и координация деятельности организаций, входящих в состав указанной специализированной инфраструктуры. Такой совет и организации, входящие в указанную специализированную инфраструктуру, образуют так называемую «нанотехнологическую сеть».

Нанотехнологическая сеть — это совокупность организаций различных форм собственности, обеспечивающих концентрацию ресурсов на развитие научной, технической и технологической базы в области нанотехнологии, выполняющих научные исследования и разработки, направленные на развитие нанотехнологий и создание нанотехнологической продукции, осуществляющих производственное освоение, производство и коммерциализацию нанотехнологической продукции, подготовку специалистов в области нанотехнологии.

Ниже приведена схема такой сети. Отметим, что на начальной стадии формирования нанотехнологической сети в нашей стране ее необходимым компонентом является межвузовский научно-образовательный центр нанотехнологий, а не центры нанотехнологий в вузах.

При формировании нанотехнологической сети необходимо избежать неэффективных решений. Ее формирование должно осуществляться только поэтапно, с учетом достигнутого на каждом этапе. Так, например, центры развития нанотехнологий, а также отраслевые центры нанотехнологий не могут полноценно функционировать без достаточной обеспеченности специалистами в области нанотехнологии, а центры трансфера и коммерциализации нанотехнологий и другие организации, ориентированные на развитие нанотехнологий, не могут

существовать, если отсутствуют научные центры, на регулярной основе порождающие новые технологии и продукты, которые могут быть востребованы рынком. До создания центра трансфера и коммерциализации нанотехнологий, а также отраслевых центров нанотехнологий межвузовский научно-образовательный центр нанотехнологий, а также центр развития нанотехнологий АН РУз для внедрения результатов разработок в производство работают напрямую с предприятиями. Создание специализированной организации по прогнозированию развития сферы нанотехнологии может стать необходимой только при достаточно высоком уровне развития нанотехнологий в стране.

СХЕМА НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ



О необходимости создания указанной выше специализированной инфраструктуры, а также межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий было высказано в статье, опубликованной 21 июля 2017 года в газете «Народное слово» под редакционным названием «Пора готовиться к экономическому прорыву» и авторством: К. Мукимов, Ш. М. Шарипов.

Примечание

(январь 2018 г.) Агентство по науке и технологиям Республики Узбекистан упразднено, и создано Министерство инновационного развития Республики Узбекистан.

(январь 2023 г.) Министерство инновационного развития Республики Узбекистан преобразовано в Агентство инновационного развития Республики Узбекистан при Министерстве высшего образования, науки и инноваций.

2. Создание межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий — первый шаг в формировании инфраструктуры для развития нанотехнологий и создания nanoиндустрии

Узбекистан не входит в число стран, которые имеют национальные программы развития нанотехнологий и создания nanoиндустрии. Соответственно, отсутствует какая-либо систематическая деятельность в этом направлении. Государственные научно-технические программы фундаментальных и прикладных исследований не направлены на объединение научного потенциала страны для целенаправленного развития научных направлений в области нанотехнологии (хотя в 2012 году нанотехнологии были включены в перечень приоритетных направлений развития науки и технологий на 2012–2020 годы, причем не как самостоятельное направление, а объединив нанотехнологии в одно направление с химическими технологиями), финансирование раздроблено на выполнение небольших, тематически не связанных друг с другом проектов, научные исследования и разработки не обеспечены необходимым научным оборудованием, вузы не готовят специалистов в области нанотехнологии. В результате Узбекистан не имеет научного потенциала, необходимого для создания, производственного освоения и коммерциализации нанотехнологической продукции.

Примечание. Например, в Институте химии и физики полимеров АН РУз получены и исследованы биоцидные свойства наноструктурированных композитов на основе наночастиц меди и хитозана, а в Институте ядерной физики АН РУз реализованы технологии синтеза наночастиц металлов электрохимическим способом. Однако эти исследования не стали в нашей стране частью целенаправленного систематического развития исследований по технологии получения и применения наночастиц как направления научных исследований и разработок в области нанотехнологии, в то время как материалы на основе наночастиц занимают значительную долю мирового рынка наноматериалов.

С учетом указанной выше ситуации с нанотехнологиями в нашей стране формирование инфраструктуры для развития нанотехнологий и создания nanoиндустрии необходимо начать с создания научно-образовательного центра нанотехнологий. Междисциплинарный характер нанотехнологии, малочисленность в вузах нашей страны научных кадров, занимающихся научными исследованиями в области нанотехнологии, высокая стоимость научного оборудования, необходимого для развития нанотехнологий, определяют форму организации научно-образовательного центра нанотехнологий: этот центр должен быть межвузовским.

Создание межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий должно объединить деятельность имеющегося научного и педагогического состава естественнонаучных и технических вузов для подготовки специалистов в области нанотехнологии и формирования направлений научных исследований в этой области, значимых для научно-технического развития страны. Такое объединение позволит исключить мелкотемье в научно-исследовательской деятельности вузов в области нанотехнологии, которое препятствует развитию в стране направлений научных исследований в этой области, обеспечить эту деятельность необходимым научным оборудованием, создать образовательную среду для подготовки специалистов в этой области.

Примечание. Междисциплинарность нанотехнологии предполагает необходимость в специалистах нового типа — специалистах, способных работать на стыке различных научно-технических направлений. Актуальна задача коренной перестройки системы образования, чтобы сформировать научно-инженерную среду нового поколения, способную к активной работе в условиях, когда научно-техническое развитие в значительной степени будет определяться нанотехнологиями. И это находит отражение в наблюдаемой в последние годы в технологически развитых странах тенденции к сокращению подготовки узкоспециализированных исследователей (по физике, по химии, по биологии и т.д.) и узкоспециализированных инженеров (по металлургии, по энергетике, по электронике и т.д.).

3. Необходимость изменения подходов к организации научных исследований

Сегодня, когда обеспечение конкурентоспособности национальной экономики на основе инноваций является важнейшей задачей, научная деятельность в стране должна максимально содействовать решению этой задачи. Однако существующие подходы к организации научной деятельности не способны это обеспечить. Государственные программы научных исследований в области естественных наук формируются из проектов, не связанных друг с другом. Поэтому при существующем уровне финансирования научно-исследовательских работ проекты по фундаментальным исследованиям решают частные задачи, которые могут быть значимы с чисто научной точки зрения, но не служат существенному развитию научных направлений, которые в перспективе могут послужить инновационному развитию экономики Узбекистана. По той же причине выполнение проектов по прикладным научным исследованиям часто не приводит к созданию инноваций, т.е. имеет место неэффективное использование выделенных финансовых средств. Такая ситуация обусловлена отсутствием стратегий развития направлений научных исследований, которые объявлены приоритетными.

Отсутствие стратегии развития научных исследований в области нанотехнологии приводит к тому, что темы научных исследований, подаваемые на конкурсы для включения в Государственные научно-технические программы фундаментальных и прикладных исследований, в значительной мере определяются личными научными интересами руководителей проектов. В проектах указывается значимость их выполнения с точки зрения состояния науки в этой области, а также возможность практического использования результатов (как этого требуют конкурсные документы), но это делается без изучения возможности реального внедрения результатов исследований и разработок в отечественное производство, экономической обоснованности внедрения и других вопросов. Из-за отсутствия стратегии развития научных исследований в области нанотехнологии нет сформулированных задач развития нанотехнологий. Проекты отбираются по критериям общего характера, в том числе формальным. Нанотехнология не выделена в отдельное, приоритетное научное направление развития науки и технологий; в составе экспертной группы по научно-технической экспертизе проектов в этой области присутствуют, в основном, эксперты, не являющиеся специалистами по нанотехнологии. Формализация критериев отбора приводит также к тому, что проекты по новым направлениям имеют значительно меньше шансов (или даже не имеют шансов) пройти конкурсный отбор, чем проекты по проблемам, которые давно уже разрабатываются и на настоящий момент теряют актуальность.

Реальное влияние научных исследований в области нанотехнологии (и вообще, наукоемких технологий) на инновационное развитие отечественной экономики может быть достигнуто при условии, что научно-исследовательская деятельность тесно связана с производством. Эта деятельность должна быть встроена в единый процесс, включающий: НИР, проектирование продукции и технологических процессов производства, освоение производства продукции, выведение продукции на рынок. Однако государственные программы прикладных НИР формируются без учета этого условия. Поэтому результаты этих НИР не отвечают требованиям постановки продукции на производство и остаются только в отчетах — производственные организации, сталкиваясь с такими результатами НИР, проявляют к ним слабую заинтересованность.

4. Принципы организации деятельности межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий

1) Осуществление деятельности на основе стратегии развития научных исследований и разработок в области нанотехнологии, ориентированной на увеличение инновационного потенциала экономики Узбекистана.

2) Выполнение научных исследований и разработок на основе проектов, которые в виде этапов включают: НИР, проектирование продукции и технологических процессов производства, освоение производства продукции, выведение продукции на рынок.

3) Применение кластерной формы выполнения научных исследований и разработок по проектам (формирование творческих коллективов из специалистов разного профиля, в том числе из разных вузов, НИИ, производственных предприятий и других организаций в соответствии с задачами проектов).

4) Интенсификация формирования направлений научных исследований и ускорение создания инноваций привлечением специалистов из зарубежных стран для выполнения проектов в Центре, выполнением совместных научно-исследовательских и инновационных проектов с зарубежными странами, стажировками молодых специалистов в передовых научных центрах стран-партнеров.

5) Поэтапное и своевременное расширение приборной базы лаборатории коллективного пользования научным оборудованием в соответствии с потребностями формирующихся направлений научных исследований и разработок.

6) Ориентация деятельности по созданию образовательной среды для подготовки специалистов в области нанотехнологии на подготовку специалистов нового типа (способных работать на стыке различных научно-технических направлений).

7) Исключение непроизводительных затрат в деятельности Центра путем рациональной организации деятельности и кадровой политики.

Применение кластерной формы выполнения научных исследований и разработок необходимо ввиду того, что нанотехнология является междисциплинарной областью знаний. Так, например, создание наномодифицированных материалов, обладающих биоцидными свойствами, требует привлечения к их созданию физиков, химиков, микробиологов, а также, в зависимости от сфер внедрения, медиков, технологов по текстильным материалам, по лакокрасочным материалам и прочих специалистов. Необходимость в тех или иных специалистах возникает на определенных этапах исследований и разработок. В связи с этим состав исполнителей должен изменяться в зависимости от задач, решаемых на конкретных этапах, а не быть постоянным на весь период выполнения исследований и разработок. При кластерной форме выполнения научных исследований и разработок в области нанотехнологий устраняется недостаток существующей формы их выполнения, при которой проекты подаются отдельными научными группами, лабораториями с определенной научной тематикой, и работы по осуществлению проектов выполняются персоналом этих научных групп или лабораторий. В результате исполнители вынуждены осуществлять некоторые работы, не свойственные их квалификации, что сказывается на качестве выполненных исследований и разработок, а также закладывать более длительные сроки выполнения исследований и разработок, что увеличивает финансовые затраты на их выполнение. Не решает эту проблему также введение в смету расходов статьи «сторонние организации». По этой статье устанавливается определенная, четко регламентированная часть финансирования, выделенного на выполнение исследований и разработок, без учета реально необходимых затрат на получение нужных результатов. К тому же, имея лишь косвенное отношение к научно-исследовательскому проекту, сторонние организации не утруждают себя углублением в проблематику исследований и разработок, что также сказывается на качестве результатов по проекту.

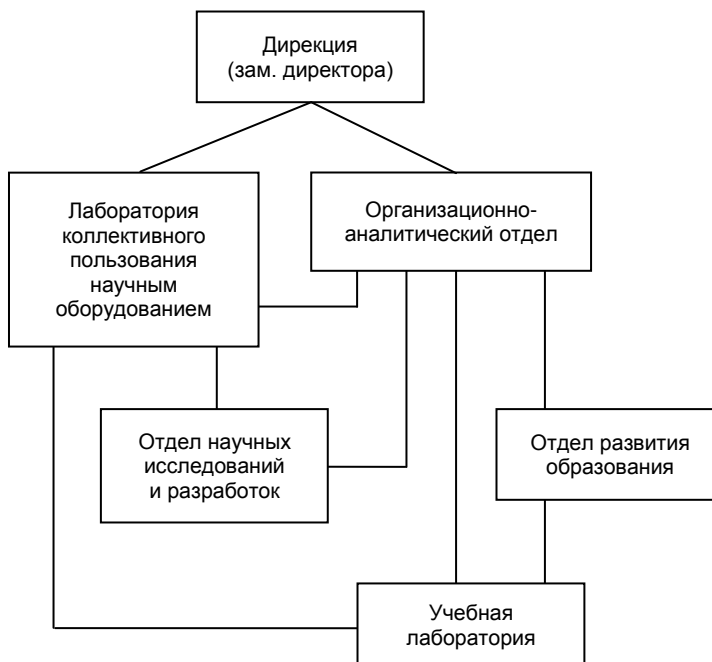
Принципиальное значение имеет структурная организация центра нанотехнологий. Инновационные центры, создаваемые в вузах в целях обеспечения внедрения вузовских научных исследований и разработок в производство, копируют структуру научно-исследовательских организаций: дирекция и несколько профильных научно-исследовательских лабораторий с обычными для таких лабораторий функциями. В результате эти центры, предназначенные служить связующим звеном между наукой и производством, такими не являются, так как они или не имеют подразделения, которое решает специфические вопросы внедренческого характера, или при

наличии такого подразделения его сотрудники имеют только поверхностные знания по направлениям научных исследований, выполняемых в лабораториях. Выбор направлений исследований и разработок осуществляется руководителями лабораторий, а указанное подразделение начинает решать вопросы внедрения результатов исследований и разработок лишь после их завершения.

Применение традиционных подходов к формированию штатов таких инновационных центров также не отвечает принципу рациональной организации деятельности и кадровой политики.

5. Структура и функции межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий

На приведенной ниже схеме структуры межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий показаны только основные подразделения, а также взаимодействия между ними.



Организационно-аналитический отдел

Введение в структуру Центра организационно-аналитического отдела предназначено устранить указанные выше недостатки в организации научно-исследовательской деятельности, обеспечить осуществление научно-исследовательской деятельности на основе выработанной стратегии развития научных исследований и подготовки специалистов по нанотехнологии, а также тесную связь этой деятельности с производством.

Организационно-аналитический отдел является системообразующим подразделением Центра, то есть определяющим функционирование всех остальных основных подразделений Центра (формирующим направления и текущие планы их деятельности, а также сопровождающим выполняемые в них работы).

Основные функции организационно-аналитического отдела:

анализ мировых достижений в области нанотехнологии; определение приоритетных направлений научных исследований и разработок, развитие которых будет способствовать

инновационному развитию экономики Узбекистана (выявление материалов и технологий, которые могут быть разработаны, освоены и внедрены в производство с учетом существующего производственного потенциала Узбекистана, а также путем создания новых производственных направлений);

формирование программы научных исследований и разработок Центра;

разработка научно-исследовательских и инновационных проектов в соответствии с программой научных исследований и разработок Центра; разработка предложений по выполнению совместных проектов с зарубежными странами (в том числе по трансферу технологий);

организация кластерной формы выполнения проектов научных исследований и разработок путем формирования творческих коллективов из специалистов различного профиля (в том числе из разных вузов, НИИ, производственных предприятий и других организаций) в соответствии с задачами проектов; установление международных связей; организация и сопровождение выполнения совместных проектов с зарубежными странами;

разработка планов развития лаборатории коллективного пользования научным оборудованием в соответствии с программой научных исследований и разработок Центра на ближайшие годы;

анализ мирового опыта подготовки специалистов в области нанотехнологии, разработка стратегии перестройки системы вузовского образования с целью подготовки таких специалистов; организация разработки отделом развития образования образовательных проектов в соответствии с указанной стратегией;

сопровождение выполнения указанных выше научных и образовательных проектов, анализ полученных результатов на каждом из этапов их выполнения, корректировка программ этих проектов при необходимости, выявление промежуточных результатов, которые могут быть внедрены или могут дать основу для нового перспективного направления научных исследований и разработок.

Штат организационно-аналитического отдела: главный научный сотрудник, осуществляющий организацию деятельности отдела; ведущие научные сотрудники, которые организуют и сопровождают деятельность отдела научных исследований и разработок и отдела развития образования; научные сотрудники, выполняющие работы в соответствии с планом деятельности отдела.

Лаборатория коллективного пользования научным оборудованием

В настоящее время научные коллективы вузов не могут осуществлять полноценные научные исследования, а также подготовку кадров в области нанотехнологии, так как необходимое для этого научное оборудование дорогостоящее, и при существующем уровне государственного финансирования эти коллективы, а также учебный процесс не могут быть обеспечены таким оборудованием. Введение в структуру Центра лаборатории коллективного пользования научным оборудованием решает эту проблему.

В задачи лаборатории входит следующее:

выполнение заказов научных коллективов Центра и различных вузов на изготовление объектов для исследований, экспериментальное определение их свойств, выполнение методических разработок по технологии и метрологии;

выполнение заказов научных коллективов, осуществляющих разработку наноматериалов и изделий на их основе по инновационным проектам: на стадии разработки — путем выполнения необходимых измерений их технических характеристик, на стадии внедрения в производство, а также в производстве — путем оказания услуг по контролю качества производимых наноматериалов и изделий, проверке соответствия их характеристик требованиям технической документации;

проведение сертификационных испытаний наноматериалов и изделий на их основе по параметрам, относящимся к компетенции лаборатории, для получения производителями разрешения на их производство и коммерческую реализацию;

обучение работе на современном технологическом и аналитическом оборудовании магистрантов и докторантов PhD вузов, выполняющих научные исследования в области нанотехнологии.

Штат лаборатории: заведующий лабораторией; научный и инженерный персонал, выполняющий методические разработки по технологии и метрологии, а также эксплуатирующий научное оборудование; технический персонал, эксплуатирующий научное оборудование и осуществляющий техническое обслуживание оборудования.

Оснащение лаборатории специальным базовым научным оборудованием, а также другим оборудованием общего назначения осуществляется постепенно по мере развития направлений научно-исследовательской деятельности Центра.

Отдел научных исследований и разработок

Отдел образуют помещения для выполнения научно-исследовательских работ без применения научного оборудования (теоретические исследования, обработка и анализ экспериментальных данных и т.п.), а также помещения для расположения и использования нестандартного научного оборудования, создаваемого при выполнении отдельных научных исследований и разработок, а также другого оборудования, используемого при выполнении этих исследований и разработок и не относящегося к оборудованию общего пользования.

Помещения отдела предоставляются творческим научным коллективам, сформированным для выполнения научных исследований и разработок по текущим планам деятельности Центра.

Отдел не имеет постоянных штатных сотрудников. Организация и сопровождение выполнения научных исследований и разработок в этом отделе осуществляются организационно-аналитическим отделом совместно с научными руководителями этих исследований и разработок.

Отдел развития образования

Основной задачей отдела является создание образовательной среды для подготовки специалистов в области нанотехнологии.

В функции отдела входит:

разработка образовательных проектов, направленных на подготовку специалистов в области нанотехнологии, в том числе по методике подготовки указанных специалистов, созданию учебников, учебных и методических пособий, спецпрактикумов;

формирование временных творческих коллективов для выполнения указанных выше образовательных проектов, а также научное руководство их выполнением непосредственно или сопровождение их выполнения в тех случаях, когда у проектов другие научные руководители;

постановка в учебной лаборатории лабораторных работ спецпрактикумов, разработанных в ходе выполнения образовательных проектов; проведение занятий в учебной лаборатории с преподавателями вузов по методикам выполнения указанных лабораторных работ;

содействие организации в вузах учебного процесса по подготовке специалистов в области нанотехнологии;

выполнение разработок по интегрированию в учебный процесс вузов научных методик и результатов научных исследований и разработок в области нанотехнологии, значимых для обучения.

Штат отдела: научные сотрудники, выполняющие работы в соответствии с планом работ на текущий период, а также осуществляющие научное руководство выполнением образовательных проектов. Образовательные проекты выполняются творческими коллективами, формируемыми из научных и педагогических кадров вузов. Организация деятельности отдела и ее сопровождение осуществляются организационно-аналитическим отделом.

Учебная лаборатория

Назначение лаборатории — постановка и апробация лабораторных работ спецпрактикумов по нанотехнологии и наноматериалам, а также проведение занятий с преподавателями вузов по

методикам их выполнения. На начальной стадии организации в вузах учебных процессов по подготовке специалистов в области нанотехнологии лаборатория может использоваться вузами в качестве учебной лаборатории для прохождения курсов спецпрактикумов их студентами, а также для выполнения студенческих научных работ по нанотехнологии и наноматериалам.

Штат учебной лаборатории: лаборанты, которые участвуют в постановке лабораторных работ, обеспечивают контроль технического состояния лабораторного оборудования, оказывают помощь в выполнении лабораторных работ и другие функции в соответствии с должностными обязанностями.

Постановку лабораторных работ, а также организацию проведения занятий в лаборатории осуществляют сотрудники отдела развития образования. Техническое обслуживание лабораторного оборудования учебной лаборатории осуществляет технический персонал лаборатории коллективного пользования научным оборудованием. Вопросы развития лаборатории решает организационно-аналитический отдел.

6. О государственной программе (программах) развития нанотехнологий

Среди стран СНГ активно развивают нанотехнологии Россия и Беларусь благодаря наличию серьезных научных заделов, высокотехнологических производств, осуществлению подготовки кадров в этой области, а также государственной политике, ориентированной на развитие nanoиндустрии (в Беларуси — государственная программа «Наноматериалы и нанотехнологии» 2003 года и последующие инициативы; в России — «Программа координации работ в области нанотехнологий и наноматериалов в Российской Федерации» 2006 года, целевая программа «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии Российской Федерации на 2008–2010 годы», принятая в 2007 году, «Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года», принятая в 2008 году, и другие). С 2007 года активно развивает нанотехнологии Казахстан. В выполнении научно-технической программы «Развитие нанонауки и нанотехнологий в Республике Казахстан на 2007–2009 гг.» приняли участие 30 организаций различных ведомств, в том числе девять вузов. С 2008 года в Казахстане функционирует Национальная нанолаборатория открытого типа, а при ней — Научно-образовательный центр «Перспективные материалы и технологии». Основная цель этой лаборатории — создание научно-технологической и образовательной инфраструктуры с международным участием для развития в Казахстане нанотехнологии и nanoинженерии до мирового уровня, максимальное приближение исследований в области нанотехнологии к производству и бизнесу, а также оказание услуг в проведении научных и конструкторско-проектных работ сторонним организациям и предприятиям. В 2011 году в Казахстане создан Российско-Казахстанский фонд нанотехнологий, который, по имеющимся заявлениям, позволит Казахстану реализовать казахстанские программы форсированного индустриально-инновационного развития страны.

Казалось бы очевидным, что Узбекистану тоже нужно принять на государственном уровне программу (программы) развития нанотехнологий, чтобы ликвидировать отставание в развитии нанотехнологий в стране (Россия и Казахстан это сделали 10 лет назад, причем признавая, что сделали это с сильным запозданием). Однако, при описанной выше ситуации с научно-исследовательской деятельностью и организацией научных исследований у нас в стране, желаемого результата не будет получено. Без изменения подходов к формированию государственных научно-технических программ будет получена программа, в которой программные задачи, направленные на решение стратегической задачи увеличения инновационной составляющей экономики за счет развития и внедрения нанотехнологий, будут подменены задачами не связанных друг с другом «конкурсных» проектов, отражающих частные интересы руководителей этих проектов.

Для составления государственной программы (программ) развития нанотехнологий в стране необходимо проведение предварительной аналитической работы, включающей анализ мировых

тенденций научных исследований в области нанотехнологии и рынка нанотехнологической продукции, определение приоритетных направлений научных исследований и разработок, развитие которых будет способствовать инновационному развитию экономики Узбекистана (выявление материалов и технологий, которые могут быть разработаны, освоены и внедрены в производство и тем самым повысят конкурентоспособность продукции отдельных производственных секторов экономики Узбекистана, а также послужат созданию новых конкурентоспособных производственных направлений). Эта аналитическая работа должна включать в себя также анализ мировых тенденций перестройки образования, направленной на подготовку специалистов нового поколения, способных работать на стыке различных научно-технических направлений. Фактически речь идет о разработке стратегии развития нанотехнологий в стране и механизмов реализации этой стратегии. Только на этой основе можно формировать программу (программы) развития нанотехнологий в стране, а не на основе предложений по решению узких научных проблем, предлагаемых отдельными учеными, и общих представлений о значимости нанотехнологий вообще, без связи с целевыми задачами научно-технического развития страны. Конечной целью всех реализуемых государством программ развития нанотехнологий должно быть создание в стране функционирующей нанотехнологической сети.

Организирующим инструментом в выработке указанной выше основы для формирования государственной программы развития нанотехнологий в стране может стать организационно-аналитический отдел рассмотренного выше межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий. Он должен объединить научные и педагогические кадры вузов, кадры научно-исследовательских институтов АН РУз и других организаций для выработки стратегии развития нанотехнологий в стране и методов ее реализации.

Любую программу по развитию нанотехнологий в стране можно выполнить только в том случае, когда страна имеет некоторую «критическую массу» специалистов в области нанотехнологии, а также необходимое научное оборудование. Поэтому, прежде чем принимать программу развития нанотехнологий, в которой будут ставиться задачи достижения значимых результатов в отдельных направлениях научных исследований и разработок в области нанотехнологий, необходимо принять и реализовать целевую государственную научно-техническую программу «Формирование в Узбекистане научного потенциала для развития нанотехнологий».

Целевыми показателями реализации этой государственной научно-технической программы могут быть следующие показатели:

1) Кардинальное изменение организации научных исследований и разработок, которое обеспечит следующее:

а) исключение финансирования множества отдельных, не связанных друг с другом научно-исследовательских проектов в области нанотехнологии;

б) концентрирование финансовых ресурсов на проектах, выполнение которых будет обеспечивать формирование в стране направлений научных исследований и разработок, значимых для решения задачи увеличения инновационной составляющей экономики Узбекистана за счет развития и внедрения нанотехнологий;

в) переход к финансированию научно-исследовательских проектов в области нанотехнологии, которые предусматривают следующие этапы: НИР, проектирование продукции и технологических процессов производства, освоение производства продукции, выведение продукции на рынок;

г) реализацию кластерной формы организации выполнения научных исследований и разработок в области нанотехнологии путем формирования творческих коллективов из специалистов нужного профиля, в том числе из разных вузов, НИИ, производственных предприятий и других организаций в соответствии с задачами проектов.

2) Наличие сформированных направлений научных исследований и разработок в области нанотехнологии, значимых для увеличения инновационной составляющей экономики Узбекистана.

3) Обеспеченность сформированных направлений научных исследований и разработок в области нанотехнологии кадрами, научным, технологическим и прочим оборудованием.

4) Наличие сформированной сети международного сотрудничества Узбекистана со странами ближнего и дальнего зарубежья для выполнения совместных научных исследований и разработок, значимых для увеличения инновационной составляющей экономики Узбекистана.

5) Наличие разработанной модели подготовки специалистов в области нанотехнологии на начальный период развития нанотехнологий в Узбекистане; наличие внедрения этой модели в учебные процессы вузов.

Под рубрикой «События»

НИИ Ионно-плазменных и лазерных технологий: Новые возможности для исследований в области нанотехнологии

В ноябре 2017 года вышло постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-3365 «О мерах по дальнейшему укреплению инфраструктуры научно-исследовательских учреждений и развитию инновационной деятельности», которым была утверждена Программа по укреплению материально-технической базы научно-исследовательских учреждений в 2018–2021 годах. Этой Программой предусматривалось проведение ремонтно-восстановительных работ в более чем 30 научно-исследовательских учреждениях, а также оснащение 40 научно-исследовательских учреждений современным научным оборудованием.

В результате реализация этой программы, в частности, значительно повысились возможности проведения научных исследований на высоком уровне у НИИ Ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз, в том числе в области нанотехнологий.

Об этом смотрите видео на новостном веб-сайте «Кун.уз — новости Узбекистана».

«Кун.уз — новости Узбекистана», 4 февраля 2021 г.

Nanotexnologiyalar — kelajak fani. Ion-plazma va lazer texnologiyalari instituti

<https://www.youtube.com/watch?v=31rcayUra6g>

Март 2018 г.

О СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Нанотехнология, как область естественнонаучных и технических знаний, находясь на стадии развития, нуждается в стандартизации терминологии, методов и средств измерения характеристик продукции, производимой с применением нанотехнологий, и других вопросов. Особый аспект стандартизации — решение задач обеспечения здоровья и безопасности лиц, выполняющих исследования и разработки в области нанотехнологии, осуществляющих производство продукции с применением нанотехнологий, использующих такую продукцию, а также обеспечения экологической безопасности производства и использования такой продукции.

Стандартизация в области нанотехнологии также необходима в связи с ее междисциплинарным характером — для эффективного профессионального общения и взаимопонимания между представителями различных наук. Немаловажное значение она имеет также для общения между специалистами разных стран, осуществляющих деятельность в области нанотехнологии, и для продвижения продукции, созданной с применением нанотехнологий, на международный рынок.

В частности, в 2005 году в рамках Международной организации по стандартизации (ISO) был создан технический комитет «ISO/TC 229 “Нанотехнологии”», а в 2006 году в рамках Международной электротехнической комиссии (IEC) — технический комитет «IEC/TC “Стандартизация нанотехнологий для электротехнических и электронных изделий и систем”». Комитетом ISO/TC 229 совместно с IEC/TC 113 была разработана серия международных стандартов ISO/TS 80004, представляющих части терминологического словаря. На основе переводов первых 8 частей этого словаря на русский язык Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) были разработаны и Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества независимых государств (МГС СНГ) приняты следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017. Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения. (Взамен ГОСТ ISO/TS 80004-1–2014).

ГОСТ ISO/TS 80004-2–2017. Нанотехнологии. Часть 2. Нанообъекты. Термины и определения. (Взамен ГОСТ ISO/TS 27687–2014).

ГОСТ ISO/TS 80004-3–2014. Нанотехнологии. Часть 3. Нанообъекты углеродные. Термины и определения.

ГОСТ ISO/TS 80004-4–2016. Нанотехнологии. Часть 4. Материалы наноструктурированные. Термины и определения.

ГОСТ ISO/TS 80004-5–2014. Нанотехнологии. Часть 5. Нано-/био-интерфейс. Термины и определения.

ГОСТ ISO/TS 80004-6–2016. Нанотехнологии. Часть 6. Характеристики нанообъектов и методы их определения. Термины и определения.

ГОСТ ISO/TS 80004-7–2014. Часть 7. Нанотехнологии. Нанотехнологии в медицине. Термины и определения.

ГОСТ ISO/TS 80004-8–2016. Часть 8. Нанотехнологии. Процессы нанотехнологического производства. Термины и определения.

Примечание. Указанные стандарты в Узбекистане не введены в действие в качестве национальных стандартов.

Другие части указанного выше терминологического словаря, не использовавшиеся при разработке стандартов серии ГОСТ ISO/TS 80004:

IEC/TS 80004-9:2017. Nanotechnologies — Vocabulary — Part 9: Nano-enabled electrotechnical products and systems.

ISO/TS 80004-11:2017. Nanotechnologies — Vocabulary — Part 11: Nanolayer, nanocoating, nanofilm, and related terms.

ISO/TS 80004-12:2016. Nanotechnologies — Vocabulary — Part 12: Quantum phenomena in nanotechnology.

ISO/TS 80004-13:2017. Nanotechnologies — Vocabulary — Part 13: Graphene and related two-dimensional (2D) materials.

В задачи технического комитета "ISO/TC 229" входит стандартизация по следующим направлениям:

- термины и определения,
- метрология и средства измерений, включая стандартные образцы состава и свойств,
- методики испытаний,
- моделирование процессов,
- безопасность, охрана здоровья и окружающей среды.

Разработкой стандартов в области нанотехнологии занимаются:

в России — технический комитет по стандартизации ТК 441 «Нанотехнологии и наноматериалы»,

Беларуси — технический комитет по стандартизации ТК BY 36 «Стандартизация в области нанотехнологий»,

Казахстане — технический комитет № 72 в области нанотехнологии.

Новые данные

Октябрь 2022 г.

Обновлены и дополнены следующие части стандартов серии ISO/TS 80004:

ISO/TS 80004-3:2020. Nanotechnologies — Vocabulary — Part 3: Carbon nano-objects.

ISO/TS 80004-6:2021. Nanotechnologies — Vocabulary — Part 6: Nano-object characterization.

ISO/TS 80004-8:2020. Nanotechnologies — Vocabulary — Part 8: Nanomanufacturing processes.

Межгосударственные стандарты серии ГОСТ ISO/TS 80004, разработанные на основе предыдущих версий этих стандартов, не пересматривались.

Введены в действие следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ ISO/TS 80004-12–2019. Нанотехнологии. Часть 12. Квантовые явления. Термины и определения.

ГОСТ 34683–2020. Наноматериалы. Наносuspension серебра. Общие технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 34684–2020. Наноматериалы. Нанотрубки углеродные одностенные. Технические требования и методы испытаний.

Справка: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества независимых государств (МГС СНГ) Международной организацией по стандартизации (ИСО) признан как Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (EACC) [*Euro-Asian council for standardization, metrology and certification (EASC)*].

О ТЕРМИНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Ш. М. Шарипов

Прогресс науки сопровождается образованием специальных слов — лексических единиц для обозначения новых понятий. Обычно это происходит в какой-то одной конкретной отрасли, где имеется своя устоявшаяся терминология, опираясь на которую образуют новые термины. Стремительный рост исследований и практического применения объектов с нанометровыми размерами, объединяемых терминами «нанотехнология» или «нанонаука» и «нанотехнология», затронул большое количество различных отраслей научного знания. В результате появилось значительное количество новых терминов для обозначения понятий, относящихся к одному и тому же предмету, но определяемых по-разному. В связи с этим возникла проблема обеспечения взаимопонимания между представителями различных наук и различных производственных отраслей, общения между специалистами разных стран, осуществляющих деятельность в области нанотехнологии, продвижения на мировой рынок продукции, созданной с применением нанотехнологий. Решение этой проблемы — создание международных терминологических словарей с терминологией, по характеру междисциплинарной (для взаимопонимания между представителями различных наук), а также межотраслевой (для взаимопонимания между представителями различных отраслей производства).

К настоящему времени Международной организацией по стандартизации (ISO) разработана серия международных документов ISO/TS 80004 — терминологических словарей по нанотехнологии. На основе переводов этих документов (на настоящий момент части из них) на русский язык Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества независимых государств (МГС СНГ) был принят ряд межгосударственных стандартов серии ГОСТ ISO/TS 80004. Однако принятие этих стандартов не послужило упорядочению терминологии в области нанотехнологии. Продолжают использоваться различные определения одних и тех же терминов. Сколько авторов — столько и определений. Это обусловлено стремлением по возможности точнее отразить в них сущность терминов, преодолеть их несовершенство. Определения терминов по нанотехнологии, установленные ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017, также не лишены недостатков. В результате нет единого, согласованного всеми определения даже самого понятия «нанотехнология».

Примечание. Одна из попыток дать определение понятия «нанотехнология» представлена на данном сайте. [См. в данном сборнике «К вопросу об определении понятия “нанотехнология”»].

Таким образом, сегодня не существует единой, согласованной всеми терминологии в области нанотехнологии (упорядоченной терминологической системы этой области). Во многом это обусловлено тем, что введение новых терминов и построение их определений осуществляются, не опираясь на правила формирования терминологических систем, рассматриваемых терминоведением (наукой о терминах и терминосистемах).

Одним из результатов такого образования новых терминов является термин «наноструктура» (наноразмерная структура). Распространенным является понимание, что наноструктура — это материальный объект (совокупность материальных объектов), размеры которого (которых) по одному, двум или всем трем пространственным направлениям лежат в нанометровом диапазоне.

Насколько это приемлемо?

Как известно, одним из часто используемых способов образования терминов является префиксальное терминообразование, а наиболее часто используемым способом построения определения понятий — построение через род и видовые отличия.

Примером применения этого способа является образование термина «микроструктура» и его определения. Этот термин образовался путем добавления префикса (приставки) «микро» к слову «структура». Структура — это взаимное расположение частей, составляющих одно целое, внутреннее устройство (Ожегов С. И. *Словарь русского языка* / Под ред. проф. Н. Ю. Шведовой. — М.: Рус. яз., 1984. — С. 689). В таком значении слово «структура», как термин, издавна используется в различных областях. (Слово «структура» происходит от латинского слова «*structura*» — строение, расположение, порядок).

Понятие «структура» по отношению к понятию «микроструктура» является более широким по объему понятием — родовым понятием, а понятие «микроструктура» является одним из видов этого родового понятия. Приставка «микро» происходит от греческого слова «*mikros*» (малый) и указывает на видовое отличие понятия «микроструктура», а именно на отношение к объектам малых размеров. Отсюда следует определение понятия «микроструктура». Например, микроструктура металла — это строение металла, выявляемое с помощью микроскопа и представляющее собой взаимное расположение кристаллов неправильной формы (зёрен).

Понятие «структура» по отношению к понятию «наноструктура» также является более широким по объему понятием — родовым понятием, а понятие «наноструктура» является одним из видов этого родового понятия. Приставка «нано» указывает на видовое отличие понятия «наноструктура», а именно на отношение к объектам с нанометровыми размерами. Такие объекты называются нанообъектами. Нанообъект — это материальный объект, геометрические размеры которого в одном, двух или всех трех пространственных направлениях лежат в нанометровом диапазоне и имеют значения, при которых свойства этого материального объекта являются размерно-зависимыми. Отсюда следует, что наноструктура материала — это взаимное расположение нанообъектов в материале. Материал, полностью или частично состоящий из нанообъектов и обладающий специфическими свойствами, обусловленными свойствами нанообъектов, называется наноматериалом или материалом с наноструктурой. Таким образом, наноструктура — это характеристика материала, а не сам материал.

Подчеркнем, что при словообразовании с помощью приставки к слову значение слова существенным образом не изменяется — приставка привносит дополнительный смысловой оттенок в создаваемое родственное слово. Если же ввести произвольно понимание наноструктуры как материального объекта, то это существенно меняет значение слова «структура», присваивая понятию «структура» лексическое значение, отличное от того, которое определяется языковыми нормами и давно используется, например, в физике, химии, материаловедении, биологии. А это противоречит цели, которая преследуется при формировании терминологической системы нанотехнологии: обеспечение взаимопонимания между представителями различных научных дисциплин. Как, например, физик должен понимать фразу «изучение структуры наноструктуры», которую он встретил в статье новой для него области знания «нанотехнология», если для него структура — это взаимное расположение частей, составляющих одно целое, внутреннее устройство (например, атомная структура кристаллических тел — это расположение атомов в кристалле)?

Происхождение понимания наноструктуры как материального объекта обусловлено неправильным использованием слов в речи и закреплением применения такого использования (к сожалению, широко распространенного). Можно сказать: изучать наноструктуру, описать наноструктуру, создать наноструктуру, но нельзя сказать: изготовить (произвести) наноструктуру. Правильно говорить: изготовить материал с наноструктурой. А для материального объекта, размеры которого по одному, двум или всем трем пространственным направлениям лежат в нанометровом диапазоне, уже есть название — нанообъект, а для совокупности таких

материальных объектов тоже есть название — наноматериал (в общем случае, наноматериал — это материал полностью или частично состоящий из нанообъектов).

Примечание. Часто задают вопрос: почему иногда пишут «наноструктурный материал», а иногда — «наноструктурированный материал»? Под наноструктурным материалом понимают материал с наноструктурой, имеющий наноструктуру. Наноструктурированный материал — это материал, в котором создана наноструктура (от «структурировать» — располагать части, элементы чего-либо в виде некоторой структуры), то есть, по сути, это материал, имеющий наноструктуру. В англоязычной литературе используется словосочетание «*nanostuctured material*» (наноструктурированный материал); слово «*nanosructural*» (образованный с помощью приставки «*nano*» к слову «*structural*» — структурный) тоже встречается, хотя «*structural material*» — это конструкционный материал (т.е. «*nanosructural material*» — это тот же случай некорректного образования термина). Международным стандартом — терминологическими словарями серии ISO/TS 80004 — предписывается применение термина «*nanostuctured material*»; соответственно, стандартом ГОСТ ISO/TS 80004 предписывается применение термина «наноструктурированный материал».

Говоря о терминологии в области нанотехнологии, нельзя не отметить появление множества слов с приставкой «нано», обусловленное экстралингвистическими факторами (факторами, не имеющими прямого отношения к лингвистике): слов с приставкой «нано», которые стали активно включать в лексикон журналисты, политики, которые стали использоваться при маркировке товаров с целью продвижения на рынки, увеличения объема продаж и т.п. Если даже не принимать во внимание такого рода новообразованные слова, то при формировании терминологической системы нанотехнологии не снимается вопрос об оправданности введения в использование тех или иных слов с приставкой «нано» в качестве терминов.

Можно ли считать оправданным термин «наноэнергетика»? Применение тех или иных технических устройств не изменяет сути понятия «энергетика». Энергетика — это отрасль народного хозяйства, охватывающая выработку, преобразование, передачу и использования различных видов энергии. Видами этого родового понятия являются электроэнергетика, тепловая энергетика и т.д. Видовые отличия определяются видами энергии, а не применяемыми техническими устройствами или материалами (в том числе имеющими отношение к нанотехнологиям).

А всегда ли нужна приставка «нано» к названиям продукции? Например, называть бетон, изготовленный с применением добавок в виде наноматериалов, нанобетоном? Наноразмерным бетоном!? Применение таких добавок изменяет эксплуатационные характеристики бетона (прочность, плотность и т.д.), как и любые, давно используемые добавки. Различающиеся эксплуатационными характеристиками бетоны делятся на классы и обозначаются марками бетона, а их технические характеристики приводятся в таблицах нормативных документах на их производство. Создание бетона с новыми добавками (независимо от того, являются они наноматериалами или нет) — это расширение номенклатуры бетонов с присвоением этому бетону марки и отражением его характеристик в указанных таблицах. Потребителю приставка «нано» ничего не говорит, он подбирает себе марку бетона, исходя из его технических характеристик.

Относительно понятия «наноиндустрия» отметим следующее. Приставка «нано» к слову «индустрия» не конкретизирует вид производства. Она лишь указывает на то, что производство осуществляется с применением производственных процессов на нанометровом размерном уровне (нанотехнологий). Нанотехнологии могут применяться в различных отраслях промышленности. Их применение позволяет модифицировать традиционную продукцию, придавая им новые свойства, а также создавать принципиально новую продукцию. Понятие «наноиндустрия» ввели для того, чтобы выполнять оценку роли нанотехнологий в развитии экономики путем выделения из всей массы промышленной продукции той, которая произведена с применением нанотехнологий и наноматериалов предприятиями, независимо от их принадлежности к той или иной отрасли

промышленности. Эту продукцию обозначают как продукцию наноиндустрии. То есть в таком понимании наноиндустрия не является отраслью индустрии (промышленности), определяемой изначально как совокупность предприятий, производящих однородную, специфическую продукцию по однотипным технологиям (т.е. в определенной отрасли промышленности).

В материалах данного сайта слово «наноиндустрия» используется именно в указанном выше понимании. Под созданием наноиндустрии в Узбекистане подразумевается создание производств инновационной продукции с применением нанотехнологий и наноматериалов в различных отраслях промышленности.

Примечание

По поводу широко используемого слова «нанонаука». В 2019 году на портале Нанотехнологического общества России (НОР) было представлено обращение главного редактора журнала «НБИКС — Наука. Технологии» Германа Кричевского, озаглавленное «Есть ли нанонаука?», в котором говорится: «Я задавал этот вопрос многим статусным нанотехнологам и специалистам в области физики, химии, материаловедения, биологии, философам. Никто мне не дал положительного ответа. В основном ответы были такие: “Нанотехнология безусловно существует и оперирует с частицами в интервале 1–100 нм, иногда выходит за верхние пределы, а вот науки специальной, отдельной нет”. Я тоже так считаю». Это обращение Германа Кричевского и некоторые доводы в пользу приведенного в нем мнения были представлены ранее на данном сайте. [См. в данном сборнике: «Есть ли нанонаука?» и «Отдельной отрасли науки, называемой нанонаукой, не существует».]

ЕСТЬ ЛИ НАНОНАУКА?



Герман Кричевский
профессор,
главный редактор журнала «НБИКС — Наука. Технологии»

Перепечатано с сайта Нанотехнологического общества России
(<https://www.rusnor.org/network/social/user/8572/blog/>)

19.03.2019

Уважаемые коллеги, посетители портала НОР!

Уже два года выходит журнал «НБИКС — Наука. Технологии» в электронной и бумажной версиях. Вышло пять номеров, готовится шестой. В названии журнала стоят слова «Наука» и «Технологии», которые относятся ко всем буквам НБИКС, в том числе и к «НАНО». Все эти годы (и значительно раньше), меня, и не только меня, гложут сомнения, а существует ли специальная, отдельная НАУКА о наносистемах, наноматериалах, наночастицах и нанотехнологиях?

Я задавал этот вопрос многим статусным нанотехнологам и специалистам в области физики, химии, материаловедения, биологии, философам. Никто мне не дал положительного ответа. В основном ответы были такие: «Нанотехнология безусловно существует и оперирует с частицами в интервале 1–100 нм, иногда выходит за верхние пределы, а вот науки специальной, отдельной нет». Я тоже так считаю. Как химик, много занимающийся явлениями коллоидной химии, диффузии, сорбции, считаю, что наука о нанодисперсиях, это часть коллоидной химии. Следовательно, подчиняется законам физики, химии, физической химии и химической физики. Да, размер частиц этой нанодисперсии играет существенную роль, что проявляется в оптических, каталитических,

диффузионных, реакционных свойствах. Но где, при какой шкале размерности размер не играет роли? Играет и на макро и на микро и ангстремном, молекулярном, атомарном и т.д. уровнях. И где тут особая наука (какие-то новые поля и силы взаимодействия, новая математика)? Все описывается законами физики, химии, биологии.

Я специально сформулировал проблему в провокативном смысле. Моей задачей является возбудить дискуссию по этой теме в нашем журнале и на портале НОР. Для начала я прошу всех заинтересованных лиц кратко изложить свои соображения по данному вопросу. Заранее спасибо.

P.S. Отрицание специальной, отдельной науки о наносистемах не должно обижать нанотехнологов. Такая же ситуация с био-, инфо-, когно- технологиями. Эти замечательные технологии существуют и приносят триллионные годовые доходы, но тоже не имеют отдельных специальных наук. Может правильнее сказать, что это самостоятельные области знаний и практик, в основе которых лежат законы физики, химии, биологии.

Коллеги, простите, что я Вас отвлекаю от Ваших конкретных, серьезных проектов, но надо наконец решить, стоит ли для пафоса называть наукой то, что не является наукой по определению (наличие особых законов, закономерностей, специальный математический аппарат), и не морочить голову молодым ученым и обывателям.

20.09.2019

ОТДЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НАУКИ, НАЗЫВАЕМОЙ НАНОНАУКОЙ, НЕ СУЩЕСТВУЕТ

Ш. М. Шарипов

В межгосударственном стандарте ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017 «Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения», который является переводом на русский язык терминологического словаря ISO/TS 80004-1:2015, разработанного Техническим комитетом ISO/TC 229 по нанотехнологии при Международной организации по стандартизации (ISO), отсутствует термин «нанонаука». Термину «*nanoscience*» в ISO/TS 80004-1:2015 в стандарте ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017 поставлен в соответствие термин «научные основы нанотехнологии». Так предписано применять. А что же по сути?

Природные явления на наноразмерном уровне были предметом изучения естественных наук еще задолго до того, как приставку «нано», обозначающую одну миллиардную часть единиц физических величин, стали применять не по прямому назначению, а присоединять к различным словам: «материал», «технология», «частица», «структура» и т.д.

В 1915 году была издана книга Вольфганга Оствальда «Мир обойденных величин. Введение в современную коллоидную химию с обзором ее приложений», которая затем многократно переиздавалась. Ее целью было привлечь внимание научной общественности к дисперсным системам, по степени дисперсности лежащим между молекулярно-дисперсными растворами и грубыми дисперсиями. В книге эти дисперсные системы были обозначены как «истинные коллоиды». Называя эти дисперсии миром обойденных величин, Оствальд пишет, что «только теперь мы знаем, что каждое тело приобретает особые свойства и показывает своеобразные явления, когда частички его больше размеров молекул, но все же еще так малы, что их нельзя различить в микроскоп». В заключительном разделе своей книги Оствальд говорит о неисчерпаемости практического применения коллоидной химии. Сегодня коллоидная химия — большая область химической науки, изучающая свойства веществ в дисперсном состоянии и поверхностные явления в дисперсных системах. Большинство веществ, независимо от их химического состава, структуры, геометрической формы, агрегатного состояния, могут быть получены в дисперсном состоянии, которое обеспечивает появление специфических свойств.

Одним из примеров практического использования специфических свойств веществ этого «мира обойденных величин» является разработка и практическая реализация технологии получения материалов на основе высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий задолго до того, как появилось название «нанотехнология». В 60-х годах прошлого века, в связи с гонкой вооружения и необходимостью создания ракет нового поколения, возникла необходимость в создании принципиально нового жаростойкого материала. Результатом решения этой задачи стала технология получения изделий из прозрачного кварцевого стекла, включающая его дробление и мокрое измельчение при пониженной влажности, шликерное литье и обжиг. Уже тогда достигнутая высокая механическая прочность отливок объяснялась образованием при мокром помоле плавленого кварца высокодисперсных коллоидных частиц.

В 1977 году была издана монография «Ультрадисперсные металлические среды» (И. Д. Морохов, Л. И. Трусов, С. П. Чижик), посвященная достижениям в исследованиях ультрадисперсных (наноразмерных) частиц. В этой монографии была представлена теория формирования ультрадисперсных частиц, методы их получения (диспергирование в твердой и жидкой фазах, осаждение из растворов, термическое разложение, газофазный синтез, плазмохимический синтез и др.), рассмотрены многообразие их уникальных физических свойств и направления дальнейших исследований и новых применений.

Сегодня частицы дисперсий с размерами в диапазоне 1–100 нм, обладающие специфическими свойствами, отсутствующими как у атомов и молекул, так и объемных веществ, называют наночастицами.

Специфические свойства наночастиц обусловлены появлением зависимости физических и химических свойств наночастиц от их размеров (размерными эффектами) в диапазоне размеров ниже 100 нм, начиная с определенного размера, характерного для каждого физического и химического явления. Появление этих свойств и их особенности объясняются с позиций таких наук как физика и химия. Так, например, зависимость температуры плавления от размера наночастиц объясняется тем, что атомы внутри наночастиц испытывают дополнительное поверхностное давление, которое изменяет их энергию Гиббса. Анализируя зависимость энергии Гиббса от давления и температуры, можно вывести уравнение, связывающее температуру плавления и радиус наночастиц (уравнение Гиббса–Томсона). Используя это уравнение, можно оценить размер, с которого свойства наночастиц начнут отличаться от свойств объемного материала. Или, например, специфические оптические свойства наночастиц описываются с помощью электромагнитной теории Максвелла. Решения уравнений Максвелла, которые были найдены Ми, Зоммерфельдом и другими еще в начале 20 века, полностью применимы для описания специфических оптических свойств металлических наночастиц сферической формы. В настоящее время электромагнитная теория Максвелла является основой для изучения многообразных оптических явлений на нанометровом уровне. Другой пример — это объяснение на основе законов физики перспективности применения нанокомпозитов для создания термоэлектрических преобразователей с повышенной добротностью. В 1899 году Релеем была получена формула для сечения рассеяния электромагнитной волны на частицах, распределенных в сплошной среде. Из этой формулы видно, что если точечные дефекты в сплавах рассеивают коротковолновые фононы, то наночастицы будут дополнительно рассеивать фононы со средними и большими длинами волн, что может значительно уменьшить теплопроводность материала. Низкая теплопроводность материала для термоэлектрических преобразователей является одним из условий получения высокой термоэлектрической добротности преобразователей. Поэтому сейчас нанокомпозиты считаются перспективным материалом для создания термоэлектрических преобразователей с повышенной добротностью. Можно также отметить исследования специфических свойств мономолекулярных слоев, выполненные Ирвингом Ленгмюром в 1930-х годах. В 1932 году ему была присуждена Нобелевская премия по химии за открытия и исследования в области химии поверхностных явлений. Технология получения моно- и мультимолекулярных пленок,

разработанная Ирвингом Ленгмюром и его ученицей Кэтрин Блоджетт (метод Ленгмюра–Блоджетт), активно используется в производстве современных электронных приборов.

Сказанное выше относится и к другим специфическим свойствам наночастиц, возникающим благодаря размерным эффектам. Всплеск интереса к исследованию физических и химических явлений на нанометровом размерном уровне в начале XXI века обязан появлению новых технических возможностей, позволивших управляемо создавать наноразмерные объекты, а также инструментальных методов их изучения. Эти исследования расширили и продолжают расширять знания об изучаемых физикой и химией явлениях за счет получения знаний об этих явлениях в материальных объектах, размеры которых лежат в диапазоне, который Вольфганг Оствальд назвал миром обойденных величин. Размеры этих объектов являются лишь параметрами состояния вещества наряду с другими параметрами. Мы же не говорим, что когда при изменении такого параметра, как температура, электрическая проводимость некоторых металлов при низких температурах приобретает специфическую температурную зависимость (возникает сверхпроводимость), то нужна какая-то отдельная наука, изучающая это явление. Изучение этого явления является предметом физики и расширяет знания об электрической проводимости веществ. Таким образом, то, что сейчас называют нанофизикой и нанохимией, являются разделами таких наук, как физика и химия соответственно, а не разделами какой-то новой науки — нанонауки. То же относится и к техническим наукам. Так, например, нанoeлектроника является разделом технической науки «электроника», как и микроэлектроника, которая таковой всегда и была.

Появление новых технических возможностей, позволивших управляемо создавать наноразмерные объекты, а также инструментальных методов их изучения не только дало возможность расширить знания о физических и химических явлениях на наноразмерном уровне, но и привело к созданию новых технологий изготовления наноразмерных объектов и изделий на их основе, которые получили название «нанотехнологии». А отдельной отрасли науки, называемой нанонаукой, не существует.

Примечание

В науке при изучении новых явлений возникает необходимость новым понятиям, связанным с этими явлениями, дать названия. Эти новые названия (слова или словосочетания) могут быть официально признаны и закреплены в виде терминов, либо вместо них в виде терминов могут быть введены новые слова или словосочетания, более точно отражающие сущность этих понятий. При этом прежние названия могут сохраниться в профессиональной среде в виде неофициальных слов, употребляемых в разговорной речи (например, с целью так называемой «языковой экономии»). Такие слова называют профессионализмами.

Слово «нанонаука» следует рассматривать как профессионализм — вместо него стандартом ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017 закреплен термин «научные основы нанотехнологии». Поэтому слово «нанонаука» может использоваться в разговорной речи для «языковой экономии», но не в учебной литературе, научных статьях и прочих материалах. Не следовало бы использовать это слово журналистам и другим лицам в средствах массовой информации, чтобы, как говорит Герман Кривевский, не морочить голову молодым ученым и обывателям.

Март 2020 г.

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОНЯТИЯ "НАНОТЕХНОЛОГИЯ"

Ш. М. Шарипов

Терминология в области нанотехнологии в настоящее время только устанавливается. Не существует единого, согласованного всеми определения самого понятия «нанотехнология». Одни авторы выделяют нанонауку (*nanoscience*), занимающуюся изучением свойств так называемых

низкоразмерных объектов (нанообъектов) и материалов с низкоразмерной структурой (наноматериалов), и нанотехнологию (*nanotechnology*), занимающуюся созданием таких объектов и материалов, а также изделий на основе наноматериалов. Другие предлагают ограничиться только одним термином — «нанотехнология», включив в ее предмет также изучение свойств указанных выше объектов и материалов. Первый из указанных подходов нашел отражение в Международном документе ISO/TS 80004-1:2015, который устанавливает два термина «*nanoscience*» и «*nanotechnology*»¹. В межгосударственном стандарте ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017², разработанном на основе указанного выше международного документа ISO/TS 80004-1:2015 (как указано, путем его перевода на русский язык), не используется слово «нанонаука», а термину «*nanoscience*» ставится в соответствие термин «научные основы нанотехнологии»³. Однако в этом межгосударственном стандарте в предмет нанотехнологии почему-то включено также изучение нанообъектов и наноматериалов. Действительно, в оригинале (ISO/TS 80004-1:2015) нанотехнология — это «применение научных знаний для манипулирования и управления материальными объектами преимущественно в нанодиапазоне ...» («*application of scientific knowledge to manipulate and control matter predominantly in the nanoscale ...*»), а в переводе (ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017) нанотехнология — это «применение научных знаний для изучения, проектирования, производства материальных объектов преимущественно в нанодиапазоне ...». Также возникают и другие вопросы. Что значит «применять для изучения, проектирования, производства ... в нанодиапазоне»? Делать это находясь, располагаясь в нанодиапазоне? Или, что значит «применение преимущественно в нанодиапазоне»? Применение вне этого диапазона (т.е. везде, т.к. не указаны пределы вне этого диапазона) — это тоже нанотехнология? Да и применение научных знаний для производства — это, в частности, есть процесс разработки технологии, а не технология, которая есть совокупность производственных процессов. Также нельзя не упомянуть об определении самого понятия «нанодиапазон». Он определен как «диапазон линейных размеров приблизительно от 1 до 100 нм»². То есть нанодиапазон не является точно определенным. Но при определении понятий (в данном случае — понятия «нанотехнология») не могут использоваться какие-либо другие понятия, которые сами точно не определены.

Говоря о существующих определениях понятия «нанотехнология», следует отметить, что наиболее часто упоминаемые определения этого понятия сформированы не на основе правил формирования понятий, а исходя из целей, для достижения которых требовалось определить это понятие (отбор и экспертиза проектов по изучению и созданию объектов с наноструктурой, сбор и статистический анализ информации в сфере нанотехнологии, охрана интеллектуальной собственности в этой сфере и т.д.). Характерным является неправильное употребление слов, избыточность и другие лексико-стилистические погрешности. Например, в фразе «совокупность ... методов ... , используемых при ... производстве материалов, устройств и систем»⁴ нельзя ставить в один ряд слова «материалы» и «устройства» со словом «системы». Система — это нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимной связи частей⁵. То есть материалы и устройства тоже являются системами. Следует употреблять: или «материалы и устройства», или «системы».

Также отметим, что если мы говорим о терминологии, то слова «нанотехнология» и «нанотехнологии» имеют разное смысловое значение. Нанотехнология — это термин, обозначающий вид технологии, имеющий дело с нанообъектами или материалами, содержащими нанообъекты, а нанотехнологии [*множественное число*] — это различные виды технологии, обозначаемой термином «нанотехнология». Поэтому при определении понятий следует использовать слово «нанотехнология», а не слово «нанотехнологии».

Не ставя целью анализ известных определений понятия «нанотехнология», попытаемся на основе правил формирования понятий сформулировать определение этого понятия.

Отметим, что различают два вида определений новых, находящихся на стадии развития технологий: общее (базовое) и списочное. Здесь мы будем говорить только об общем определении понятия «нанотехнология».

Наиболее часто используемый способ построения определений понятий — это построение через род и видовые отличия. Этот способ включает указание более широкого по объему родового понятия и указание видовых отличий, то есть признаков, отличающих определяемый предмет (данный вид) от других предметов (других видов данного рода).

Более широким по объему родовым понятием по отношению к понятию «нанотехнология» является понятие «технология».

Технология — это совокупность производственных процессов в определенной отрасли производства⁶.

Производственный процесс — это выполняемые в определенной последовательности действия по изготовлению продукции.

Способ — это совокупность выполняемых в определенной последовательности действий при осуществлении чего-нибудь.

Парфразируем указанное выше определение технологии, опираясь на указанные определения понятий «производственный процесс» и «способ»:

Технология — это совокупность выполняемых в определенной последовательности действий по изготовлению продукции в определенной отрасли производства.

ИЛИ

Технология — это способ изготовления продукции в определенной отрасли производства.

Подчеркнем, что технология — это не совокупность способов, а совокупность действий (способ).

Говоря о видовых отличиях нанотехнологии, надо в первую очередь отметить, что нанотехнология имеет дело с особым видом материальных объектов, которые обладают специфическими свойствами, отсутствующими как у атомов и молекул, так и у объемных веществ (*bulk materials*). Наличие у них таких специфических свойств обусловлено тем, что когда линейные размеры объемных веществ уменьшаются по одному, двум или всем трем пространственным направлениям до нескольких десятков нанометров, их физические и химические свойства становятся зависящими от размеров по этим направлениям. Такие материальные объекты называют нанобъектами. Размерная граница, ниже которой свойства вещества становятся размерно-зависимыми с появлением специфических свойств, отсутствующих у объемных веществ, различна для разных веществ, а также для разных свойств одного и того же вещества и может существенно отличаться от значения 100 нм. Нижняя размерная граница соответствует состоянию, при котором теряет смысл понятие поверхности вещества и, соответственно, понятие физического свойства вещества; вещество в этом состоянии рассматривается как атомный (молекулярный) кластер.

Нанотехнология имеет дело также с материалами, которые полностью или частично состоят из нанобъектов и которые обладают специфическими свойствами, обусловленными свойствами нанобъектов. Такие материалы называют наноматериалами.

К объектам нанотехнологии относятся также изделия, при изготовлении которых были использованы наноматериалы и технические характеристики которых зависят от свойств использованных наноматериалов.

Далее, следует отметить, что приставка «нано» к слову «технология» не конкретизирует отрасль производства. Она лишь указывает на то, что эта технология связана с производственными процессами на нанометровом уровне. При этом уже сегодня можно назвать разные конкретные отрасли производства, где эта технология применяется (электронная промышленность, машиностроение, текстильная промышленность, производства средств медицинской диагностики, лекарственных препаратов, строительных материалов, производства сельскохозяйственных

удобрений и многие другие). Таким образом, нанотехнология не соотносится с определенной отраслью производства (при классификации отраслей по функциональному назначению выпускаемой продукции). Нанотехнология (технология манипулирования веществом на нанометровом уровне) является технологическим нововведением, которое применимо в различных отраслях производства; ее применение позволяет модифицировать традиционную продукцию в этих отраслях, придавая им специфические свойства, а также создавать принципиально новую продукцию.

Отличительным признаком нанотехнологии также является то, что требуемые специфические свойства продукции, изготавливаемой с применением этой технологии, достигаются путем контролируемого изменения параметров нанобъектов и наноматериалов.

Исходя из указанного выше более широкого по объему родового понятия и указанных выше видовых отличий, можно дать следующее общее (базовое) определение понятия «нанотехнология».

Нанотехнология — способ изготовления:

а) наноматериалов, определяемых как материалы, частично или полностью состоящие из нанобъектов и обладающие специфическими свойствами, обусловленными свойствами нанобъектов, которые в свою очередь определяются как материальные объекты с геометрическими размерами, в одном, двух или всех трех пространственных направлениях лежащими в нанометровом диапазоне, при которых их свойства становятся размерно-зависимыми и, как следствие, специфическими — отсутствующими как у атомов и молекул, так и объемных веществ; причем требуемые специфические свойства этих наноматериалов достигаются при их изготовлении путем контролируемого изменения параметров нанобъектов;

б) изделий с компонентами из наноматериалов и специфическими свойствами, обусловленными свойствами наноматериалов; причем требуемые специфические свойства этих изделий достигаются при их изготовлении путем контролируемого изменения параметров наноматериалов.

В составе терминологической системы формулировка общего (базового) определения понятия нанотехнология будет менее громоздкой.

Нанобъект — материальный объект с геометрическими размерами, в одном, двух или всех трех пространственных направлениях лежащими в нанометровом диапазоне, при которых его свойства являются размерно-зависимыми и, как следствие, специфическими — отсутствующими как у атомов и молекул, так и у объемных веществ.

Наноматериал — материал, полностью или частично состоящий из нанобъектов и обладающий специфическими свойствами, обусловленными свойствами нанобъектов.

Нанотехнология — способ изготовления наноматериалов, а также изделий с компонентами из наноматериалов и специфическими свойствами, обусловленными свойствами наноматериалов; причем требуемые специфические свойства указанной продукции достигаются путем контролируемого изменения параметров нанобъектов при изготовлении наноматериалов и параметров наноматериалов при изготовлении изделий.

¹ ISO/TS 80004-1:2015 «Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms».

² ГОСТ ISO/TS 80004-1–2017. Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения.

³ Тем не менее, в научной литературе, учебниках и учебных пособиях термин «нанонаука» широко используется. Но, есть ли нанонаука? (см. на данном сайте раздел, посвященный этому вопросу).

⁴ Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов / Под ред. С. В. Калюжного. — М.: Физматлит, 2010. — С. 276.

⁵ Ожегов С. И. Словарь русского языка / Под ред. проф. Н. Ю. Шведовой. — М.: Рус. яз., 1984. — С. 639.

⁶ Там же, с. 708.

О ПОНЯТИЯХ "САМОСБОРКА" И "САМООРГАНИЗАЦИЯ"

Извлечено из статьи «Самосборка наночастиц в микрообъеме коллоидного раствора: физика, моделирование, эксперимент».

Авторы: П. В. Лебедев-Степанов, Р. М. Кадушников, С. П. Молчанов, А. А. Иванов, В. П. Митрохин, К. О. Власов, Н. А. Рубин, Г. А. Юрасик, В. Г. Назаров, М. В. Алфимов.

Источник: www.photonics.ru > files > editors > Doc > 149–297-pages.

Термин «самоорганизация» (англ. — self-organization) возник исторически раньше, чем появилось понятие самосборки (англ. — self-assembly), которому чуть более двух десятков лет. В соотношении двух этих понятий до сих пор нет полной ясности во многом потому, что представители различных научных дисциплин трактуют их по-своему.

Наличие двух понятий — «самосборка» и «самоорганизация» при описании процессов в открытых диссипативных системах привело к некоторой путанице: иногда эти понятия рассматривают как синонимы, но их изначальное значение все-таки различается. Данное отличие подчеркивается в современной энциклопедии по нанотехнологиям [10], в которой специфика понятия «самосборка» по отношению к понятию «самоорганизация» трактуется следующим образом. Самосборка — процесс, в котором принимают участие только компоненты конечной структуры, т.е. включаемые в собирающуюся структуру. Как правило, в этот процесс вовлечены гидрофобные или гидрофильные взаимодействия, кулоновские и ван-дер-ваальсовы силы, как, например, в случае взаимодействия наночастиц в коллоидном растворе.

Самоорганизация же определена как механизм или процесс формирования образца на высшем масштабном уровне посредством множественных взаимодействий компонентов более низких иерархических уровней системы. При этом компоненты взаимодействуют через свои локальные взаимодействия, каждое из которых в отдельности не определяет финальную структуру образца. Иными словами, можно было бы сказать, что самоорганизация — это многостадийная или многомасштабная самосборка. И наоборот, самосборка — это локальная самоорганизация на одном из иерархических масштабных уровней на основе свойственных этому уровню взаимодействий.

Однако такое определение и разграничение выглядит недостаточно четко, поскольку в нем не подчеркиваются изначальные синергетические аспекты понятия самоорганизации. Чтобы восполнить этот пробел, нужно рассмотреть особенности явлений, попадающих под рассматриваемые определения. Рассмотрим основные характеристики самоорганизующейся

системы. Такая система является открытой, т.е. происходит обмен энергией (в том числе, возможно, веществом) с окружающей средой; макроскопическое поведение системы описывается параметром порядка и управляющими параметрами, определяющими поступление энергии в систему извне; существует критическое значение управляющих параметров, при которых система спонтанно переходит в упорядоченное состояние, обусловленное согласованным поведением элементов системы. Эффект упорядочения обнаруживается только на макроскопическом уровне. Важно заметить, что новое состояние существует только при безостановочном потоке энергии или вещества в систему.

Имеется три стандартных примера самоорганизации: лазер (генерация когерентного излучения при достижении определенных параметров накачки); ячейки Бенара (образование стационарных конвективных потоков, имеющих сотовую структуру) и реакция Белоусова-Жаботинского (концентрационные автоколебания). Недавно был предложен новый тип автоколебательного процесса — образование структур в мениске на вертикальной пластинке, установленной в чаше коллоидного раствора, который испаряется в атмосферу [11–14].

Рассмотрим ансамбль коллоидных частиц в испаряющейся капле раствора на подложке как пример самособирающейся системы. Процесс самосборки в капле или тонкой пленке предполагает некоторую ограниченную во времени эволюцию системы от некоторого начального состояния, когда элементы системы обладают подвижностью, до некоторого конечного состояния, когда элементы теряют подвижность, образуя финальную морфологию, характеризующую фиксированной в пространстве архитектурой ансамбля наноструктур.

По аналогии с самоорганизацией, можно выделить следующие характерные особенности самособирающейся системы: она является открытой, т.е. происходит обмен энергией и веществом с окружающей средой; содержит ансамбль наноструктур (коллоидных частиц); существует исходное (неупорядоченное) и конечное (упорядоченное) состояние ансамбля; переход из исходного состояния в финальное занимает конечное время и является необратимым: переход инициируется испарением растворителя в окружающую среду, приводящим к уменьшению объема раствора, в результате чего капиллярные силы совершают работу по упорядочению системы и диссипируются силами трения. Таким образом, подвод энергии из внешней среды происходит в процессе испарения растворителя и прекращается с его испарением.

В отличие от этого самоорганизация характеризуется автоколебательными или стационарными процессами, требующими непрерывного подвода энергии. Так, конвективные потоки в ячейках Бенара существуют лишь при наличии подогрева снизу слоя жидкости и охлаждения его сверху. Такой же подвод тепла необходим для концентрационных автоколебаний в реакции Белоусова-Жаботинского, а в случае колебаний в мениске вертикальной пластинки требуется непрерывный процесс тепломассобмена с окружающей средой — испарение растворителя из сосуда, при котором непрерывно понижается уровень раствора (резервуар предполагается практически неиссякаемым) [11–14].

Упорядочение в процессе самоорганизации определяется нелинейностью процессов (точнее — уравнений, их описывающих). Так, стационарные потоки Рэлея-Бенара описываются нелинейным относительно скорости потока уравнением Буссинеска; концентрационные автоколебания Белоусова-Жаботинского описываются нелинейной системой уравнений (например, модель «брюсселятора»); для автоколебаний в мениске применима модель, учитывающая нелинейность (по отношению к контактному углу) эффективного трения контактной линии мениска о пластинку [11–13]. Для самоорганизации характерны понятия бифуркации и потери устойчивости, приводящей к установлению незатухающего процесса, аналога которому нет в методологии процесса самосборки в описанном выше смысле.

В явлении самосборки, в отличие от самоорганизации, основной источник упорядочения связан с наличием локальных и глобального минимумов на энергетической поверхности при финитности процесса перехода от неупорядоченного к упорядоченному состоянию (беспорядок-

порядок). Параметры системы определяют, успевает ли она за время эволюции достигнуть того или иного минимума: локальных или глобального.

Существует аналогия сборки упорядоченной фазы коллоидных частиц с фазовым переходом первого рода в молекулярной физике (образованием кристалла при сублимации или кристаллизации вещества из раствора). Результат самосборки — это некоторая неподвижная структура (твердая фаза), тогда как в случае самоорганизации, как правило, результатом является стационарный процесс или установившийся колебательный процесс.

Можно также заметить, что понятие самосборки имеет более явно выраженный технологический аспект, тогда как самоорганизация по смыслу восходит к своему теоретическому (синергетическому) прототипу.

-
10. Nalva H. S. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology. / Edited by H. S. Nalva. — V. X: P. 1.
 11. Карабут Т. А., Лебедев-Степанов П. В. Труды 52-й научной конференции МФТИ, с. 28.
 12. Лебедев-Степанов П. В., Карабут Т. А., Рыбак С. А. // Сборник Российского акустического общества. М: ГЕОС, 2009, с. 36.
 13. Молчанов С. П., Лебедев-Степанов П. В., Климонский С. О., Шеберстов К. Ф., Третьяков С. Ю., Алфимов М. В. — Российские нанотехнологии. — 2010, № 5-6, с. 54.
 14. Лебедев-Степанов П. В., Молчанов С. П., Карабут Т. А., Рыбак С. А. Акустический журнал. 2010. № 5, с. 613.

РУССКО-УЗБЕКСКИЙ ТОЛКОВЫЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО НАНОТЕХНОЛОГИЯМ

(Ташкент, 2021)

Разработан
Государственным унитарным
предприятием
«Центр научно-технических и
маркетинговых исследований» —
«UNICON.UZ»,

Доступен по адресу:
<http://stt2.unicon.uz/>
(pdf-файл)

Русско-узбекский толковый словарь по нанотехнологии включает новые термины, возникшие в результате развития нанонауки, нанотехнологии и nanoиндустрии, а также понятия из близких дисциплин: коллоидной химии, супрамолекулярной химии, биохимии, химии поверхности и полимеров и др. Значительное место в словаре занимают термины, относящиеся к методам получения нанообъектов, методам изучения их структуры и свойств, функциональным возможностям и областям применения наночастиц и наноструктурированных пленок, других наноразмерных систем. В словаре также представлены данные о синтезированных недавно новых материалах (фуллерены, углеродные нанотрубки, метаматериалы, квантовые точки, фотонные кристаллы и др.). Словарь содержит около 800 терминов. Понятно, что за пределами этого издания остались многие термины, имеющие отношение к данной области. Учитывая это, а также то, что с интенсивным развитием нанотехнологии и других родственных дисциплин увеличивается число новых терминов, представляющих взаимный интерес, планируется расширение словаря за счет его дополнения новыми понятиями и определениями.

Сентябрь 2017 г.

О БЕЗОПАСНОСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Вследствие быстрого развития нанотехнологий все большее количество наноматериалов проникает в окружающую среду. При этом исследования неблагоприятного воздействия наноматериалов на природу и человека существенно отстают от их разработки и коммерциализации. Ни один вид наноматериалов не изучен в полном объеме на безопасность. Все страны, имеющие программы развития нанотехнологий, в обязательном порядке выполняют исследования по их безопасности и принимают на государственном уровне нормативно-методические документы, регламентирующие процедуры оценки безопасности нанотехнологий и наноматериалов на всех уровнях (при разработке, производстве, хранении, транспортировке, использовании и утилизации). При этом в настоящее время национальные и региональные организации все более ориентируются на участие в разработке международных стандартов Международной организацией по стандартизации (ISO) и Международной электротехнической комиссией (IES).

Вопрос разработки и принятия национальных нормативных документов по безопасности нанотехнологий и наноматериалов актуален и для нашей страны. Это необходимо как для сертификации нанотехнологической продукции, ввозимой из зарубежных стран, так и для выполнения научных исследований и разработок в области нанотехнологии, созданию и производству отечественной нанотехнологической продукции. Выполняемые программы научных исследований и разработок в области нанотехнологии должны в обязательном порядке включать разделы по вопросам безопасности разрабатываемых нанотехнологий и наноматериалов. На государственном уровне должны финансироваться научно-исследовательские работы по изучению воздействия нанотехнологий и наноматериалов на человека и окружающую среду, а также работы по разработке нормативных документов по безопасности нанотехнологий и наноматериалов и совершенствованию этих документов.

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Данный раздел сайта предназначен для размещения сведений о научных исследованиях и разработках в области нанотехнологии, направленных на создание новой отечественной продукции.

В этом разделе сайта также рассматриваются вопросы технологий получения отдельных наноматериалов и изделий на их основе, метрологии свойств наноматериалов, представлены данные о национальных стандартах в области нанотехнологии, действующих в Узбекистане.

Требования к сведениям о выполняемых научных исследованиях и разработках, предоставляемым для размещения на сайте

Научные исследования и разработки должны быть направлены на создание новой отечественной продукции. Сведения о них должны включать следующее:

Наименование продукции, которую предполагается создать: _____

Назначение продукции: _____

Новизна продукции: _____

1) имеет зарубежные аналоги, в Узбекистане не производится
(сравнить с зарубежными аналогами: имеет преимущество перед зарубежными аналогами, в чем ее преимущество; тождественна зарубежным аналогам; имеет неполный набор свойств по сравнению с зарубежными аналогами, но производить в Узбекистане целесообразно и почему; может ли быть востребована на зарубежном рынке и почему);

2) не имеет зарубежных аналогов
(указать, может ли быть востребована на зарубежном рынке и почему).

Наименование проекта по созданию продукции: _____

(Проект в виде этапов должен включать: выполнение НИР, создание экспериментального образца продукции, разработку производственной документации, изготовление опытного образца, освоение производства продукции, выведение ее на рынок. Проект может предусматривать выполнение нескольких НИР.)

Наименование и назначение НИР (или нескольких НИР), выполнение которой (которых) предусматривается проектом по созданию продукции: _____

Наименования организаций, участвующих в выполнении работ по проекту, в том числе выполняющих освоение производства продукции, вывод продукции на рынок: _____

(организации-исполнители НИР; разработчики изделий, производственной документации; организации, выполняющие освоение производства продукции, осуществляющие вывод продукции на рынок и др.)

Потенциальные потребители создаваемой продукции: _____

(наименование потребителя, где и как продукция будет использоваться)

Факторы, препятствующие выполнению данного проекта: _____

(отсутствие необходимого дорогостоящего технологического и аналитического оборудования, недостаточный объем финансирования для выполнения работ по проекту, незаинтересованность предприятий в постановке продукции на производство, причины их незаинтересованности, прочие факторы).

Сведения об организации-разработчике проекта и организациях, участвующих в выполнении работ по проекту: _____

(наименования, адреса, данные о руководителях работ по проекту, контактные данные).

НАНОСУСПЕНЗИИ СЕРЕБРА (КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА)

Более 85 % объема мирового рынка наноматериалов, производимых с помощью нанотехнологий, занимают наночастицы.

(<https://www.researchandmarkets.com/reports/4520812/global-nanotechnology-market-by-component-and#pos-0>)

Наиболее коммерциализированными являются наночастицы серебра.

Объем мирового рынка наночастиц серебра в 2020 году превысил 2 млрд долларов США. Прогнозируется, что он будет расти со скоростью 14,5 % в год и в 2027 году достигнет 5,62 млрд долларов США.

(Silver Nanoparticles Market Size, Share and Industry Analysis Report. // Global Market Insights Inc. – <https://www.gminsights.com/industry-analysis/silver-nanoparticles-market>)

Наиболее простой технологией производства наночастиц серебра является химическое восстановление ионов серебра в водной среде (получение в виде водной наносуспензии серебра).

Наносуспензии серебра. Регламентирующие документы

Межгосударственный стандарт:

ГОСТ 34683–2020 «Наноматериалы. Наносуспензия серебра. Общие технические требования и методы испытаний»

Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества независимых государств — МГС СНГ (протокол от 30 октября 2020 года № 134-П). За принятие проголосовал также и Узбекистан.

В Российской Федерации введен в действие в качестве национального стандарта с 1 сентября 2021 г.

В Узбекистане в качестве национального стандарта пока не введен.

Область применения.

Стандарт распространяется на наносуспензии серебра, применяемые в качестве обеззараживающих добавок при изготовлении дезинфицирующих средств, парфюмерно-косметической продукции, лакокрасочных, конструкционных и текстильных материалов, полимерной продукции, изделий электронной техники и оптики, изделий медицинского назначения, фармацевтической продукции, биологически активных добавок.

Комментарий

Наносuspензии серебра применяют в качестве обеззараживающих добавок при изготовлении дезинфицирующих средств, потому что они обладают бактерицидной активностью. По этой же причине их применяют при изготовлении лакокрасочной и текстильной продукции, когда необходимо придать этой продукции бактерицидные свойства. В указанных случаях их назначение — оказывать подавляющее воздействие на микроорганизмы. В соответствии с требованиями к постановке продукции на производство, произведенная продукция (в данном случае — наносuspензии серебра) должна проходить испытание на соответствие показателям назначения, то есть наносuspензии серебра должны испытываться и на соответствие требуемым значениям бактерицидной активности. Однако данный стандарт не устанавливает требований к этому показателю назначения и не содержит метода испытания наносuspензий на соответствие этим требованиям. Следовательно, в противоположность тому, что написано в разделе "Область применения" этого стандарта, он не может распространяться на наносuspензии серебра, применяемые в качестве средств, оказывающих подавляющее воздействие на микроорганизмы.

Стандарт Международной организации по стандартизации (ISO):

ISO/TS 20660:2019 "Nanotechnologies — Antibacterial silver nanoparticles — Specification of characteristics and measurement methods"

В этом документе указывается, что продукция с антибактериальными свойствами, в которой используются наночастицы серебра, широко распространена на рынке. Большая часть этой продукции продается без предоставления информации о физико-химических и антибактериальных характеристиках наночастиц серебра или снабжается спецификациями, которые основываются на собственной практике производителей. Целью этого документа является стандартизация спецификации характеристик наночастиц серебра в виде порошка или коллоидного раствора. В нем представлено руководство по составлению указанной спецификации, а также методы измерения характеристик, представленных в спецификации. При этом, однако, остаются не стандартизированными антибактериальные свойства наночастиц серебра (в спецификации характеристик отсутствует показатель антибактериальной активности наночастиц серебра, а также этот стандарт не устанавливает для показателя антибактериальной активности метод определения, имеющий характер нормативного документа).

Комментарий

Наночастицы серебра, полученные с применением разных технологий, имеют разные значения антибактериальной активности. Когда на рынке присутствует продукция разных производителей и потребителя интересует их способность подавлять микроорганизмы, как он должен выбрать, что приобрести, если в спецификации характеристик продукции отсутствуют данные о степени антибактериальной активности конкретного товара? Известны разные методы определения степени воздействия на микроорганизмы различных антибактериальных препаратов, и производители могут, используя их, указать антибактериальную активность своей продукции. Однако насколько достоверны данные, полученные с их помощью, для наночастиц серебра, неизвестно [об этом см. в «Наносuspензии серебра. Методы испытаний: проблема определения биоцидной активности» в данном сборнике].

Кроме того, как указывается в рассматриваемом здесь стандарте, значения характеристик, определенных одним методом, не допускается сопоставлять со значениями, полученными другими методами. То есть невозможно судить об истинной антибактериальной активности наносuspензий серебра разных производителей, когда нет стандартизированных методов ее определения. Отсутствие таких методов создает и другую проблему — сертифицировать продукцию, содержащую наночастицы серебра, как антибактериальную продукцию.

Стандарт Российской Федерации:

ГОСТ Р 59582–2021 «Нанотехнологии. Наночастицы серебра антибактериальные. Характеристики и методы измерений»

Этот стандарт составлен на основе вышеуказанного стандарта ISO/TS 20660:2019 с внесением в него некоторых изменений, не затрагивая содержания спецификации характеристик наночастиц серебра (изменены ссылки; исключены отдельные положения, которые дублируются по тексту стандарта; исключена из библиографии информация о документах, ссылки на которые не использованы при изложении настоящего стандарта; дополнены обозначения и сокращения, терминологические статьи).

Комментарий

Все, что сказано выше в комментарии к стандарту ISO/TS 20660:2019, относится и к данному стандарту Российской Федерации.

Наносuspензии серебра. Методы получения: критерии пригодности для внедрения в производство

Известно много методов получения наночастиц серебра. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее часто используемым является метод химического восстановления ионов серебра в растворах солей серебра с помощью различных веществ (восстановителей). Этим методом получают коллоидные растворы наночастиц серебра (наносuspензии серебра). Для осуществления этого метода не требуется сложного оборудования; изменяя условия синтеза можно получать наночастицы серебра заданного размера и морфологии, в том числе сферической формы, малого размера и с узким распределением по диаметру. При синтезе наночастиц серебра, кроме веществ, выполняющих функцию восстановителя, применяют стабилизаторы — вещества, предотвращающие агрегацию наночастиц в растворе.

Метод химического восстановления в растворах имеет различные лабораторные варианты исполнения, многие из которых не приемлемы для внедрения в производство. Недостатками многих методов являются: применение токсичных реагентов (наличие вредного производственного фактора), органических растворителей (создает необходимость введения операций по отделению и очистке наночастиц от растворителя, а также особых требований к очистным сооружениям для промышленных стоков), сложность (многоступенчатость) технологических процессов с применением относительно большого количества реагентов (длительность синтеза и повышенные затраты), жесткие условия синтеза (выполнение синтеза с нагревом реакционной среды, часто с нагревом до кипения, в некоторых случаях выполнение синтеза в среде инертного газа). Кроме того, методы не всегда обеспечивают требуемый малый размер и узкое распределение наночастиц по размеру.

Чтобы технология получения наносuspензий серебра была пригодна для внедрения в производство, она должна отвечать следующим требованиям:

- 1) обеспечивать воспроизводимость характеристик наночастиц серебра;
- 2) применять малотоксичные реагенты;
- 3) в качестве растворителя использовать воду, а не органические растворители (если иное не обусловлено условиями применения наносuspензий);
- 4) использовать минимально возможное количество реагентов;
- 5) быть высокопроизводительной и экономичной (технологический процесс должен занимать мало времени, обеспечивать высокий выход по количеству синтезированных наночастиц, быть энергетически низкозатратным, выполняться с применением реагентов с относительно невысокой стоимостью);

- 6) обеспечивать получение наносuspензий, не содержащих в своем составе химические соединения, недопустимые требованиями конкретных применений наносuspензий;
- 7) обеспечивать получение наночастиц достаточно малых размеров и с достаточно узким распределением по размерам (достаточным для удовлетворения требованиям эффективности конкретных применений наносuspензий);
- 8) обеспечивать получение стабильных наночастиц (сохраняющих свои свойства в течение заданного времени, которое определяется их назначением).

Наносuspензии серебра.

Методы испытаний: проблема определения биоцидной активности

Внедрение технологий в производство, а также производство новой продукции осуществляется на основе технической документации, содержащей требования к продукции, в том числе требования к показателям назначения, а также методы испытания продукции на соответствие установленным требованиям. Для наносuspензий серебра, предназначенных оказывать подавляющее воздействие на микроорганизмы, показателем назначения является минимальная подавляющая концентрация наносuspензии (наиболее низкая концентрация наносuspензии, которая при определенных условиях *in vitro* предотвращает появление видимого роста исследуемого микроорганизма в бульонной культуре или на плотной среде в пределах определенного промежутка времени). Однако в стандартах, устанавливающих требования к наносuspензиям серебра (в международном ISO/TS 20660:2019, межгосударственном ГОСТ 34683–2020 и российском ГОСТ Р 59582–2021), среди характеристик наносuspензий серебра, регламентированных этими стандартами, нет показателя «минимальная подавляющая концентрация», а также в этих стандартах не приводится метод определения этого показателя. Как же тогда действие этих стандартов может распространяться (как в них указано) на антибактериальные коллоидные растворы наночастиц серебра (наносuspензии серебра), если они не регламентируют основной показатель, определяющий антибактериальную активность наносuspензий серебра?

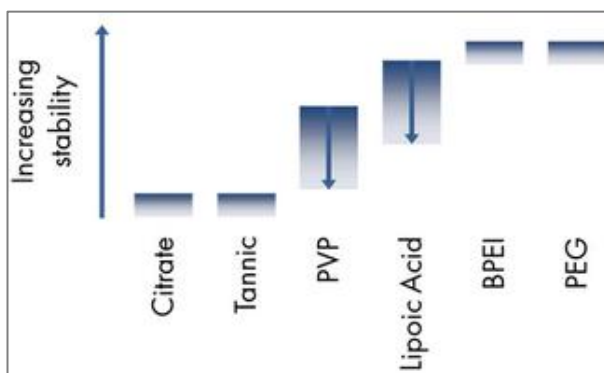
Микробиологические лаборатории, когда к ним обращаются с просьбой определить минимальную подавляющую концентрацию (МПК) наносuspензий серебра, выполняют определение МПК, используя методы определения чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам, прописанные в указанных ниже клинических рекомендациях, так как нет стандартизированных методов определения МПК наносuspензий серебра.

До недавнего времени определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам осуществлялось, пользуясь документом «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Методические указания МУК 4.2.1890–04» (*Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2004 — Т. 6, № 4. — С. 306–359*), который базируется на требованиях американского стандарта “M100 CLSI” Института клинических и лабораторных стандартов (*Clinical and Laboratory Standards Institute*). На сегодняшний день наиболее теоретически обоснованными считаются методы, основанные на комплексе подходов, предлагаемых Европейским комитетом по определению чувствительности к антимикробным препаратам (*European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing — EUCAST*). В 2014 году Межрегиональной ассоциацией поликлинической микробиологии и антимикробной химиотерапии России были введены в действие новые методические рекомендации «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам. Клинические рекомендации» (*Смоленск: Межрегиональная ассоциация поликлинической микробиологии и антимикробной химиотерапии, 2014. — 154 с.*), основанные на комплексе подходов, разработанных EUCAST. Эти рекомендации постоянно дорабатываются по мере накопления новых данных. Тем не менее, устаревшие методические указания МУК 4.2.1890–04 не утратили юридическую силу, и их

продолжают применять; в частности применяются различные питательные среды, тогда как в указанных выше новых рекомендациях предписано применять питательную среду Мюллера-Хинтона. Ситуация, при которой оба эти документа являются действующими, позволяет обращаться на рынке несколькими питательными средами. При этом на рынке присутствуют и не стандартные питательные среды. Поэтому возникает проблема достоверности результатов тестирования, связанная с различием свойств используемых питательных сред, а также с качеством этих сред от разных производителей.

Надо иметь в виду, что указанные выше документы разработаны для антибактериальных препаратов, применяемых в медицине, и их пригодность для испытаний наносuspензий серебра не очевидна. Например, методические указания МУК 4.2.1890–04 предусматривают на стадии приготовления инокулята применять физиологический раствор (0,9 % водный раствор NaCl). В указанных выше клинических рекомендациях 2014 года для приготовления инокулята предписано применение изотонического раствора, т.е. не ставится ограничение на вид изотонического раствора, но обычно микробиологические лаборатории применяют простейший изотонический раствор — 0,9 % водный раствор NaCl. Кроме этого, многие питательные среды в своем составе содержат NaCl. Однако наносuspензии серебра становятся нестабильными в присутствии NaCl. Количество наночастиц уменьшается за счет образования хлористого серебра. Этот процесс может быть длительным или происходить очень быстро, в зависимости от того, каким способом получены наносuspензии серебра (пример на нижеследующем рисунке).

Относительная стабильность во времени наночастиц серебра диаметром 20 нм в 100 мМ NaCl за время наблюдения 20 дней



Increasing stability — увеличение стабильности

Citrate — цитрат (соль лимонной кислоты)

Tannic — дубильная кислота

PVP — поливинилпирролидон

Lipoic Acid — липоевая кислота

BPEI — разветвленный полиэтиленмин

PEG — полиэтиленгликоль

Наночастицы, покрытые цитратом и дубильной кислотой, сразу агрегируют. В течение указанного времени наблюдения наночастицы, покрытые BPEI и PEG, стабильны, а наночастицы, покрытые PVP и липоевой кислотой, медленно агрегируют.

Источник: <https://nanocomposix.com/pages/salt-stability-of-nanoparticles#Salt-induced%20Etching%20of%20Silver%20Nanomaterials>

Следовательно, стандартные методы определения МПК, применяемые микробиологическими лабораториями в соответствии с указанными выше документами, могут дать недостоверные данные. Заметим, что в составе питательной среды Мюллера-Хинтона нет NaCl, но его могут применять, например, при приготовлении маточного раствора микроорганизмов (при

смывании микробных клеток с агара в пробирки) или при приготовлении разведений микробных клеток (при разбавлении маточного раствора до требуемых концентраций микроорганизмов).

Таким образом, получение достоверных данных о биоцидной активности наносuspензий серебра является проблемой, требующей решения. Необходим стандартизированный метод определения МПК наносuspензий серебра, разработанный с учетом их специфики. А для внедрения технологий получения наносuspензий серебра с биоцидными свойствами в производство, а также для их производства и сертификации необходимы полноценные стандарты, регламентирующие наряду с другими требованиями также требования к их биоцидной активности.

ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

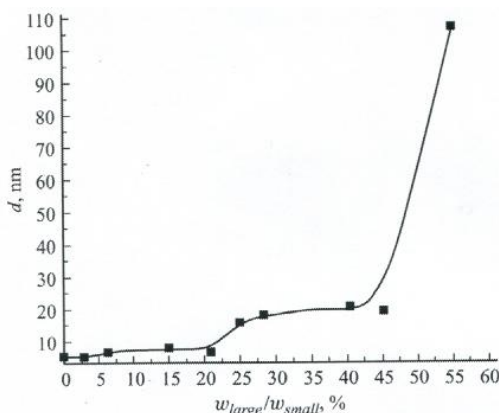
Измерение размера наночастиц и их распределения по размеру в наносuspензиях

Для измерения размера наночастиц применяют различные методы. Каждый из них имеет преимущества и недостатки. Для получения надежных результатов рекомендуется применять несколько взаимно дополняющих методов. Для определения размера наночастиц и их распределения по размеру в наносuspензиях в основном применяют методы, основанные на визуализации наночастиц с помощью просвечивающего электронного микроскопа, и методы, основанные на измерении динамического рассеяния света (методы ДРС).

Образцы для просвечивающей электронной микроскопии получают путем нанесения наносuspензий на специальные медные сеточки и высушивания. Концентрация наночастиц в суспензии должна обеспечивать возможность наблюдать наночастицы раздельно, без наложения друг на друга. Размер наночастиц определяют непосредственным измерением на изображениях. Для определения распределения наночастиц по размеру выполняют измерения размера достаточно большого числа наночастиц вручную или с помощью программы автоматической обработки изображений (например, программы "Image J"). На результаты может повлиять подготовка образцов (агрегация наночастиц при высушивании, их окисление и др.), а также репрезентативность осуществленной выборки.

Метод ДРС (часто называемый фотонной корреляционной спектроскопией) применяют для наносuspензий, в которых наночастицы имеют форму сферическую или близкую к сферической. Этот метод позволяет быстро определить статистическое распределение наночастиц по размеру непосредственно на наносuspензиях. Измеряемой величиной является эффективный размер наночастиц (гидродинамический диаметр).

Применяя метод ДРС, нужно иметь в виду, что когда наносuspензия содержит смесь наночастиц, размеры которых существенно различаются, то даже малое количество крупных наночастиц влияет на результат измерения. Когда массовая доля крупных наночастиц превышает 50 %, наночастицы малого размера перестают регистрироваться, хотя их доля гораздо больше доли крупных наночастиц (А.Е. Алексенский и др. *Применимость метода динамического светового рассеяния для определения размеров наночастиц в золях. Письма в ЖТФ*, 2012, том 38, вып. 23, с. 1–10).



На рисунке, взятом из указанной выше статьи в «Письма в ЖТФ», показано, как изменяется значение диаметра наночастиц в максимуме кривой распределения по размеру при разном

отношении масс малых и крупных частиц в наносуспензии (эта зависимость получена добавлением в наносуспензию, содержащую частицы размером 4 нм, разного количества крупных частиц размером 100 нм; исходная наносуспензия с частицами размером 4 нм содержала малое количество крупных частиц размером 15–20 нм).

Основные достоинства и недостатки применения электронной микроскопии

(А. В. Иванов, В. Г. Певгов. Методы измерения размеров и концентрации наночастиц, таблица 1. «Лазер-Информ», № 13-14 (460-461), июль 2011)

Достоинства метода	Недостатки метода
▶ Прямое представление изображения. ▶ Высокое разрешение ▶ Высокая скорость сканирования. ▶ Большое поле сканирования и простой выбор области интереса. ▶ Возможность совмещения с приставками для определения состава образца, положения кристаллографических поверхностей и др.	▶ Жесткие требования к подготовке образцов ▶ Работа только с образцами, помещенными на подложку. ▶ Необходимость работы в вакууме. ▶ Влияние пространственного заряда в случае непроводящих образцов. ▶ Продолжительность исследования. ▶ Сложность эксплуатации, необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов.

Основные достоинства и недостатки метода динамического рассеяния света

(А. В. Иванов, В. Г. Певгов. Методы измерения размеров и концентрации наночастиц, таблица 3. «Лазер-Информ», № 13-14 (460-461), июль 2011)

Достоинства метода	Недостатки метода
▶ Простота пробоподготовки. ▶ Возможность работы в жидкой среде в условиях, близких к нативным. ▶ Не вызывает воздействия на объект исследования. ▶ Возможность оперативного получения распределения наночастиц по размерам (в реальном масштабе времени). ▶ Наличие резкой зависимости интенсивности рассеянного света от размера взвешенных частиц (пропорционально шестой степени характерного размера) позволяет надежно измерять предельно малые концентрации и распределение крупных частиц на фоне мелких. ▶ Простота эксплуатации, для обслуживания не требуется высококвалифицированный персонал. ▶ Эргономичность и компактность конструкции. ▶ Просто интегрируется в технологический процесс изготовления наночастиц в жидкой среде.	▶ Невозможность определения формы объектов. ▶ Возможность артефактов в случае наличия объектов сложной формы (программное обеспечение может идентифицировать такие объекты в виде нескольких объектов с разными размерами). ▶ Необходимость подбора жидкости – растворителя при исследовании гидрофобных наночастиц. ▶ Наличие резкой зависимости интенсивности рассеянного света от размера взвешенных частиц (пропорционально шестой степени характерного размера), что затрудняет измерение легких частиц на фоне тяжелых и требует достижения уникальных значений технических характеристик прибора.

Методы определения геометрических параметров несферических наночастиц в наносуспензиях путем анализа характеристик рассеянного света отсутствуют. Некоторые подходы к определению геометрических параметров наностержней в наносуспензиях с применением данных о рассеянии света даны в статье «Исследование наностержней коллоидного золота в жидких дисперсиях методами, основанными на рассеянии света» (П. В. Шалаев и др. Известия вузов. Материалы электронной техники, 2020, том 23, № 2, с. 116–126).

О ПОДГОТОВКЕ ВУЗАМИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИИ

Ш. М. Шарипов

Развитие нанотехнологий и создание nanoиндустрии в Узбекистане требует организации подготовки вузами специалистов в области нанотехнологии. Основная проблема в решении этого вопроса — это направленность существующей системы вузовского обучения на подготовку специалистов узкой специализации. Вузы с их специализированными факультетами и существующими программами обучения не приспособлены осуществлять подготовку специалистов по нанотехнологии — специалистов, которые должны иметь глубокие междисциплинарные и межотраслевые знания и быть способными работать на стыке различных научно-технических направлений. Многими технологически развитыми странами осознается необходимость коренной перестройки системы образования, чтобы обеспечить конкурентоспособность своих экономик в ближайшем будущем. Это можно видеть по наблюдаемой в последние годы в этих странах тенденции к сокращению подготовки узкоспециализированных исследователей (физиков, химиков, биологов и т.д.) и узкоспециализированных инженеров (металлургов, энергетиков, электронщиков и т.д.). Считается, что такая перестройка должна основываться на идее междисциплинарной интеграции, заключающейся во взаимопроникновении содержания разных учебных дисциплин, прежде всего дисциплин, относящихся к естественнонаучному образованию.

Ставя вопрос о подготовке специалистов в области нанотехнологии в Узбекистане, надо исходить из того, что у нас эта область знаний слабо развита. Научные разработки, относящиеся к научным основам нанотехнологии и собственно к нанотехнологиям, малочисленны. Кроме того, отсутствуют предприятия, производящие нанотехнологическую продукцию, а значит, отсутствует потребность в соответствующих специалистах. Фактически сейчас стоит задача создания в Узбекистане научного потенциала, необходимого для развития нанотехнологий до такого уровня, чтобы войти в число стран, производящих конкурентоспособную продукцию с применением нанотехнологий. Это означает, что в первую очередь надо готовить специалистов для научной и инновационной деятельности в области нанотехнологии. А для этого прежде всего надо внести изменения в программы обучения естественнонаучных факультетов вузов, но не тривиальным способом — добавлением новых учебных дисциплин в программу обучения, а следуя современным тенденциям перестройки системы образования на основе междисциплинарной интеграции.

Проблема междисциплинарной интеграции в преподавании естественнонаучных дисциплин исследуется большей частью применительно к обучению в общеобразовательных школах. В настоящее время вопрос о способах осуществления междисциплинарной интеграции является дискуссионным. Одна из точек зрения на междисциплинарную интеграцию в преподавании естественнонаучных дисциплин — мнение, что физику, химию и биологию надо преподавать как единый предмет путем создания интегративного курса, представляющего собой структурную организацию учебного материала по физике, химии, биологии, не расчлененного на отдельные предметы. На сегодняшний день осуществление этого считается трудноразрешимой задачей. Основным недостатком предлагавшихся программ преподавания естественнонаучных дисциплин в виде одного интегративного курса считается то, что они являются искусственной смесью естественнонаучных знаний, в которой полностью утеряна логика отдельных наук о природе. Критики таких программ считают, что введение интегративных учебных курсов (дисциплин) должно осуществляться без исключения из учебного процесса систематического изучения отдельных

базовых дисциплин. Интегративные курсы предлагается вводить на старших этапах обучения после получения учащимися определенного уровня систематических знаний по отдельным базовым предметам. Такой подход не является новым в обучении. Он применяется в вузовских учебных программах, содержащих научные дисциплины, образовавшиеся на стыке разных наук (например, таких дисциплин, как физическая химия, биофизика, биохимия и др.). В этих программах указанные научные дисциплины изучаются как отдельные дисциплины после изучения дисциплин по наукам, на стыке которых они возникли. То есть учебный процесс, по сути, не выходит за рамки дифференцированного изучения дисциплин.

Недостаток системы образования, основанной на дифференцированном изучении дисциплин, состоит в том, что студенты получают набор знаний, не объединенный в целостную научную систему, в результате чего они затрудняются самостоятельно решать комплексные профессиональные задачи, требующие привлечения знаний из различных областей. К тому же происходит быстрый рост знаний, в том числе знаний, образующихся на стыке наук. А простое добавление в учебный процесс каждой новой дисциплины, образовавшейся на стыке наук, приводит к значительному увеличению учебной нагрузки и, соответственно, к ухудшению качества освоения знаний. И это наиболее чувствительно в случае подготовки специалистов в области нанотехнологии, которая связана с множеством научных дисциплин: в области естествознания, медицины, технических и других наук. Межфакультетский интегративный курс, посвященный научным основам нанотехнологии, вводимый в этом случае после получения знаний по базовым дисциплинам факультетов и предназначенный восполнить пробелы по этим дисциплинам, оказывается перегруженным материалами, дублирующими материалы базовых дисциплин.

Решением проблемы перестройки системы образования на основе идеи междисциплинарной интеграции может быть, по нашему мнению, подход, основанный на сочетании дифференцированного и интегрированного изучения дисциплин на всех этапах учебного процесса.

При двухуровневой системе вузовского обучения подготовка специалистов для научной и инновационной деятельности в области нанотехнологии в вузах естественнонаучного профиля должна включать:

а) обучение в бакалавриатах физического, химического и биологического факультетов для получения знаний по базовым дисциплинам, а также основам нанотехнологии и нанобиотехнологии, применяя подход, основанный на сочетании дифференцированного и интегрированного изучения дисциплин;

б) обучение в магистратуре со специализацией по одному из направлений в нанотехнологии или нанобиотехнологии, приоритетному для Узбекистана, а также по основам организации инновационной деятельности.

Рассмотрим суть предлагаемого здесь подхода применительно к обучению в бакалавриате на физическом, химическом и биологическом факультетах университетов для получения знаний по базовым дисциплинам, а также основам нанотехнологии и нанобиотехнологии.

Этот подход, как и любая перестройка системы образования на основе междисциплинарной интеграции, предполагает кардинальное изменение программ обучения на факультетах с отказом от стереотипов в сложившейся традиционной последовательности и идеологии преподавания различных дисциплин. Для реализации данного подхода на каждом факультете реализуется своя программа обучения базовым дисциплинам, в которые внесены изменения, обусловленные следующим. Для понимания сущности химических процессов необходимы знания по физике, а для понимания сущности биологических процессов необходимы знания по физике и химии. Исходя из этого, изменяется порядок изучения тем базовых дисциплин, а также из учебного материала дисциплин по физике, химии и биологии выделяются взаимосвязанные темы. Например, в физике — основные понятия и законы термодинамики, в химии — основные понятия химической термодинамики (применение законов термодинамики к физико-химическим процессам), в биологии — вопросы термодинамики биологических систем (применение законов термодинамики к описанию

процессов трансформации энергии в живых организмах). На основе материала этих взаимосвязанных тем создается междисциплинарный учебный материал в виде учебного блока, который вводится в учебные программы базовых дисциплин всех трех факультетов. В такие же междисциплинарные учебные блоки объединяются материалы других взаимосвязанных тем дисциплин по физике, химии и биологии. Материал для интегрированного изучения может формироваться также объединением взаимосвязанных тем базовых дисциплин двух факультетов. Таким образом, учебный процесс можно представить как последовательное изучение материалов чередующихся между собой междисциплинарных блоков и блоков для дифференцированного изучения. Самый первый блок содержит интегрированный учебный материал в виде общего введения к учебным курсам по физике, химии и биологии на всех трех факультетах, в котором представлены сведения о развитии естествознания, естественных наук, современных тенденциях интеграции научного знания с возникновением новых научных дисциплин на стыке наук, наукоемких технологиях как факторе экономического роста, нанотехнологии как базовой технологии шестого технологического уклада. Блоки с материалами для дифференцированного изучения на факультетах включают материалы дисциплин, изучаемых по учебным программам на этих факультетах. Содержание учебных материалов в этих блоках должно обеспечить получение знаний, необходимых для изучения тем в блоках с интегрированным материалом.

Реализация описанного выше подхода является сложной методической задачей. Требуется преодолеть трудности, обусловленные существенным различием учебных планов физического, химического и биологического факультетов. Необходим пересмотр этих учебных планов с целью межфакультетской координации содержания и сроков изучения дисциплин по физике, химии и биологии на этих факультетах. Также необходим пересмотр содержания учебного материала самих дисциплин. Во-первых, необходима оптимизация содержания учебного материала, обеспечивающая сокращение его объема без влияния на уровень фундаментальности приобретаемых знаний (исключение вопросов, которые в настоящее время не имеют значимости ни в теоретическом, ни в прикладном аспектах и часто присутствуют при изложении учебного материала в исторической ретроспективе; исключение дублирования учебного материала; компоновка содержания учебного материала вокруг базовых понятий, уравнений и т.п.). Во-вторых, учебный материал этих дисциплин должен быть дополнен рассмотрением физических и химических явлений в низкоразмерных объектах, причем не в виде отдельного раздела, а путем включения в соответствующие разделы традиционных курсов по физике и химии (например, изучение электрических свойств объектов с металлической проводимостью должно включать изучение зависимости их проводимости от линейных размеров). К решению этой сложной методической задачи можно продвигаться только путем поэтапной разработки междисциплинарных учебных блоков и, исходя из их содержания, внесения изменений в содержание и последовательность изложения учебного материала дисциплин, изучаемых дифференцированно.

Обучение в бакалавриате должно включать также сведения о практическом использовании физических и химических явлений, обусловленных размерно-зависимыми эффектами, то есть о нанотехнологиях и нанобиотехнологиях. Но их включение в учебный процесс должно осуществляться не в виде отдельного курса, изучаемого после освоения теоретического материала (тем более что таким курсом практически невозможно охватить все многообразие использования указанных явлений), а в виде межфакультетских семинаров по отдельным темам со студенческими докладами, подготавливаемыми студентами самостоятельно на основе учебных и научных источников. Введение таких семинаров в учебный план должно быть скоординировано по времени с изучением соответствующих физических и химических явлений в наноразмерных объектах. Таким путем не только устраняется недостаток традиционного обучения — разнесение по времени изучения теоретических аспектов физических и химических явлений и их практического использования, но также реализуется метод активного обучения, направленный на развитие мышления, поисковых и исследовательских способностей. Изучение практического использования научных основ нанотехнологии в виде учебного курса вводится на последнем году обучения в

бакалавриате и предназначено для получения знаний, связанных с приоритетными направлениями инновационного развития экономики Узбекистана на основе нанотехнологий.

Все сказанное выше относится лишь к одной из проблем, которые должны быть решены при организации подготовки специалистов в области нанотехнологии, а именно: к перестройке образовательного процесса (разработке новой модели обучения) в бакалавриатах физического, химического и биологического факультетов университетов на основе идеи междисциплинарной интеграции. Ее реализация представляет большие трудности, связанные, как со сложностью осуществления рассмотренной выше междисциплинарной интеграции, так и с инерцией преподавателей, их нежеланием что-то менять, и она не может быть осуществлена на уровне отдельных вузов. Возможный вариант решения этой проблемы — выполнение разработки новой модели обучения для подготовки специалистов в области нанотехнологии отделом развития образования Межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий с привлечением преподавателей вузов, а также научных сотрудников вузов и других организаций, которые обладают необходимым уровнем творческих способностей, умеют анализировать, выходить за пределы своей специализации. Об этом научно-образовательном центре говорится в статье «Как организовать развитие нанотехнологий и создание nanoиндустрии в Узбекистане» в данном сборнике (см. выше).

Примечание. Рассмотренный выше подход к осуществлению обучения на основе междисциплинарной интеграции относится к университетам, готовящим специалистов по физике, химии и биологии. Развитие и внедрение нанотехнологий в Узбекистане потребует также перестройки обучения в технических университетах, создания новых подходов к инженерному образованию.

Организация подготовки в вузах специалистов в области нанотехнологии сталкивается также и с другими проблемами. Например, в программу обучения в бакалавриате в виде отдельного учебного предмета должен входить учебный курс, посвященный методам и средствам измерений характеристик наноразмерных объектов. Освоение этого курса предполагает проведение практических занятий. Но для этого необходимо соответствующее научное оборудование. А оснащение им учебных лабораторий вузов под большим вопросом из-за высокой стоимости этого оборудования. Обучение же в магистратуре без решения этого вопроса вообще невозможно, так как учащиеся в магистратуре должны овладеть навыками использования соответствующего аналитического и технологического оборудования и выполнять научные исследования с их применением. Некоторым решением этой проблемы может быть создание межвузовской лаборатории коллективного пользования научным оборудованием (структурном подразделении указанного выше Межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий).

АКТУАЛЬНЫЕ ТЕМЫ

Октябрь 2022 г.

ЧТО МЫ ПОКУПАЕМ ПОД НАЗВАНИЕМ «КОЛЛОИДНОЕ СЕРЕБРО»?

Коллоидное серебро, применяемое в качестве биологически активной добавки (БАДа), очень популярно, и многие компании занимаются его производством и продажей. Коллоидное серебро также продается и в Узбекистане. Как отмечено в статье, опубликованной в журнале “International Journal of Nanomedicine”¹, пандемия коронавируса SARS-CoV-2 спровоцировала значительное распространение БАДов, рекламируемых как потенциальные средства против бактерий и вирусов, и от этого ажиотажа особенно выиграло коллоидное серебро, антибактериальное и противовирусное действие которого является доказанным. Как пишут авторы этой статьи, отсутствие стандартов на производство коллоидного серебра остается основным препятствием для оценки качества присутствующего на рынке коллоидного серебра и достоверности информации, предоставляемой производителями². В связи с этим авторы указанной статьи проанализировали четырнадцать самых популярных растворов коллоидного серебра, продаваемых компанией “Amazon” (www.amazon.com) — американской компанией, которая является одной из крупнейших в мире среди компаний, занимающихся продажей всевозможных товаров и услуг через Интернет. Анализ был выполнен с применением современных аналитических методов. Результатом является следующий вывод, представленный в этой статье:

«Результаты этой оценки ясно показывают, что 70 % оцененных коммерческих продуктов содержат только ионное серебро. Несмотря на доказательства отсутствия наночастиц серебра, восемь из этих продуктов рекламируются производителями как «коллоидное серебро». Принимая во внимание обширные научные исследования, показывающие основные различия между ионами серебра и наночастицами серебра с точки зрения механизмов действия, эффективности и безопасности, становится ясно, что это искажение влияет на потребителей и должно быть устранено».

Результаты исследования, приведенные в указанной выше статье, еще раз указывают на важность принятия в Узбекистане стандартов в области нанотехнологии, в первую очередь стандартов на наносuspensions серебра (коллоидные растворы наночастиц серебра) с биоцидными свойствами. Наносuspensions серебра зарубежного производства уже продаются в нашей стране, а также разрабатываются отечественными научными организациями и, согласно данным в Интернете, уже применяются в отечественной продукции³. Без введения в действие в нашей стране стандартов на наносuspensions серебра с биоцидными свойствами нет возможности сертифицировать продукцию, обозначаемую как коллоидное серебро, которая ввозится из зарубежных стран, и, тем самым, защитить потребителей от некачественной продукции. Без этого также невозможно производить наносuspensions серебра с биоцидными свойствами в нашей стране, не нарушая требований нормативных документов на постановку продукции на производство.

Примечание

В Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3855 от 14.07.2018 г. «О дополнительных мерах по повышению эффективности коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности» указано, что «анализ практического использования результатов научной и научно-технической деятельности свидетельствует об имеющихся системных проблемах в процессе их создания, правовой охраны и внедрения». В частности, как сказано в этом

Постановлении, «действующая система стандартизации и сертификации не обеспечивает оперативное внедрение в производство результатов научной и научно-технической деятельности».

В январе 2022 года Центр развития нанотехнологий при Национальном университете Узбекистана утвердил для выполнения в Центре комплексную программу «Разработка и введение в систему государственных стандартов стандарта на метод определения чувствительности микроорганизмов к наносуспензиям серебра и формирование программы по созданию инновационной продукции на основе наносуспензий серебра с биоцидными свойствами»⁴. Выполнение этой комплексной программы является одним из действий по устранению указанной в Постановлении Президента системной проблемы, связанной с действующей в стране системой стандартизации и сертификации. Указанная комплексная программа предусматривает, в частности, выполнение двух прикладных НИР. Заявки по проектам этих НИР для участия в конкурсе прикладных и инновационных проектов были поданы в Министерство инновационного развития Республики Узбекистан. Однако на сегодняшний день отсутствует решение о финансировании этих проектов.

¹ Kumar A., Goia DV. Comparative Analysis of Commercial Colloidal Silver Products // Int. J. Nanomedicine. 2020. — Vol. 15. — P. 10425–10434 (<http://doi.org/10.2147/IJN.S287730>).

² В 2019 году был принят международный стандарт на коллоидные растворы наночастиц серебра ISO/TS 20660:2019, а в 2020 году был принят межгосударственный стандарт ГОСТ 34683–2020 на эти растворы. Однако эти стандарты неполноценны: в них отсутствуют технические требования на выполнение испытаний наносуспензий серебра на биоцидную активность. Получение достоверных данных о биоцидной активности наносуспензий серебра является проблемой, требующей решения. [Подробнее в данном сборнике в статье «Наносуспензии серебра. Методы испытаний: проблема определения биоцидной активности»].

³ «Невероятно, но факт: узбекские покупатели уже давно пользуются товарами, производимыми на основе нанотехнологий» // Веб-сайт Агентства новостей «Podrobno.uz» (<https://podrobno.uz/cat/tehnp/nanotehnologii-uzbekistan-245646/>).

⁴ Сведения об этой комплексной программе помещены на данном сайте.

Ш. М. Шарипов (ООО "ProventaTech")

Декабрь 2022 г.

ЧТО НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИИ ОКАЗЫВАЛИ ВЛИЯНИЕ НА ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКОНОМИКИ?

Чтобы научные исследования в области нанотехнологии оказывали реальное влияние на инновационное развитие отечественной экономики, необходимо кардинально изменить подходы к организации научных исследований в этой области. В частности, необходимо изменить правила конкурсного отбора прикладных научно-исследовательских и инновационных проектов для включения в государственные программы научной деятельности. Эти проекты должны быть частью комплексных программ по созданию новой продукции, то есть программ, которые включают: выполнение НИР, конструкторскую и технологическую подготовку производства, изготовление и испытание опытных образцов продукции, освоение производства продукции, выведение продукции на рынок. Практикуемый в настоящее время конкурсный отбор проектов прикладных НИР в области высоких технологий, которые не представлены как часть таких комплексных программ (именно программ, а не заявлений, что на основе результатов НИР может быть создана инновационная

продукция), приводит, как правило, к тому, что результаты этих НИР не имеют практического воплощения, остаются на бумаге в отчетах. Выдвигаемое при этом требование коммерциализировать результаты выполненных НИР в области высоких технологий, передав их на основе договоров предприятиям для организации производства, остается нереализуемым, так как в этом случае отсутствует такая составляющая процесса создания новой продукции, как конструкторская и технологическая подготовка производства — выполнение опытно-конструкторских работ (ОКР) и опытно-технологических работ (ОТР). Причина в том, что выполнение таких работ не относится к профилю академических научно-исследовательских институтов и естественнонаучных факультетов вузов, а предприятия не имеют специализированных проектных подразделений, чтобы выполнять такие работы. В технических вузах ситуация иная, но и в этом случае, если прикладная НИР выполняется в этих вузах, то должно предусматриваться выполнение ими же ОКР и ОТР.

Процесс создания новой продукции — это комплекс выполняемых в определенной последовательности и взаимосвязи научных, конструкторских, технологических, производственных, экономических работ. Содержание, порядок и правила выполнения работ по созданию, производству и использованию новой продукции регламентируются государственными стандартами системы разработки и постановки продукции на производство серии 15 (в Узбекистане — O'z DST 15.000:2001 и др.). Положениями этих стандартов следует руководствоваться при разработке указанных выше комплексных программ по созданию нанотехнологической продукции и конкурсном отборе проектов, входящих в эти программы.

На приведенной ниже схеме представлена предлагаемая структура комплексной программы по созданию нанотехнологической продукции.

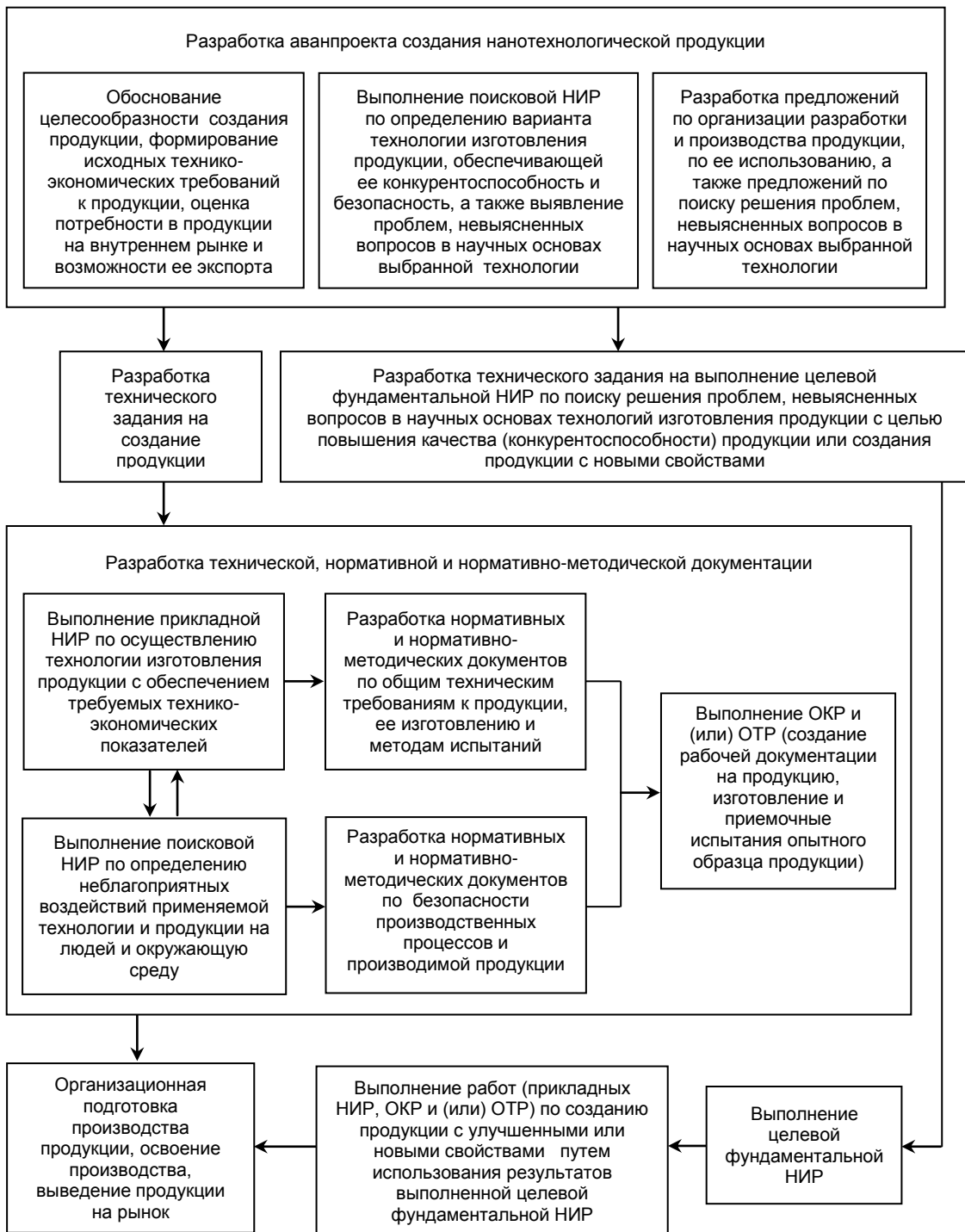
Разработка аванпроекта является самостоятельным видом работы, выполняемой до начала разработки продукции для более глубокой предварительной проработки комплекса вопросов, определяющих необходимость и целесообразность создания новой продукции, пути ее разработки, производства и использования. Необходимость разработки аванпроекта на конкретный вид продукции устанавливается совместным решением заказчика и разработчика в условиях, при которых имеется значительная неопределенность в исходных предпосылках создания этой продукции (это особенно характерно для нынешней ситуации с нанотехнологиями в нашей стране).

Поисковая научно-исследовательская работа при разработке аванпроекта включает: сопоставительный анализ существующих технологий изготовления продукции; выбор технологии, оптимальной с точки зрения обеспечения конкурентоспособности и безопасности продукции; определение слабых сторон этой технологии, возможностей ее улучшения с формулированием задач, требующих решения; выявление проблем, невыясненных вопросов в научных основах технологий изготовления продукции, формулирование задач по их решению с целью повышения качества (конкурентоспособности) продукции или создания продукции с новыми свойствами (собственных патентоспособных технологий, материалов, изделий).

Технические задания на создание продукции и на выполнение целевой фундаментальной НИР по поиску решения проблем, невыясненных вопросов в научных основах технологий изготовления продукции разрабатываются на основе результатов, полученных при выполнении аванпроекта.

Прикладная НИР по осуществлению технологии изготовления продукции включает: разработку конструктивных решений продукции (изделия); освоение технологии изготовления продукции (с приобретением или разработкой и изготовлением, при необходимости, средств изготовления и испытания продукции); изучение влияния свойств применяемых материалов, технологических приемов и режимов на технико-экономические показатели продукции; определение оптимальных свойств применяемых материалов, технологических приемов и режимов; изготовление экспериментальных образцов продукции и их испытание на соответствие техническим требованиям; составление инструкций по выполнению технологического процесса изготовления продукции, ее испытанию.

СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ПО СОЗДАНИЮ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ



Прикладная НИР выполняется одновременно с поисковой НИР по определению неблагоприятных воздействий применяемой технологии и продукции на людей и окружающую среду и с учетом результатов этой поисковой НИР.

Примечание. Экспериментальный образец продукции — это образец создаваемой продукции, изготавливаемый при выполнении НИР для проверки обеспечения требуемых технико-экономических показателей применяемыми техническими решениями и технологией изготовления.

Выполнение поисковой НИР по определению неблагоприятных воздействий применяемой технологии изготовления продукции и самой продукции на людей и окружающую среду с целью разработки соответствующих нормативных и нормативно-методических документов по безопасности является важнейшей составляющей работ по разработке и постановке на производство нанотехнологической продукции.

Опытно-конструкторская работа (ОКР) и опытно-технологическая работа (ОТР) включают: разработку рабочей документации продукции, изготовление и приемочные испытания опытного образца продукции. Рабочая документация включает производственную документацию, предназначенную для изготовления, контроля, приемки и поставки продукции, и эксплуатационную, содержащую необходимые сведения по рациональной эксплуатации или использованию продукции, а также (при необходимости) ремонтную, предназначенную для подготовки ремонтного производства, осуществления ремонта и контроля изделия после ремонта.

Примечание. Опытный образец продукции — это образец продукции, изготовленный по разработанной рабочей документации и предназначенный для предварительных испытаний на соответствие требованиям технического задания (ТЗ), корректировке и доработке (при необходимости) рабочей документации для обеспечения полного соответствия этим требованиям, а также для приемочных испытаний и принятия решения о постановке продукции на производство.

Работы, указанные на приведенной выше схеме, в зависимости от вида создаваемой продукции могут объединяться, а некоторые из них исключаться.

Ш. М. Шарипов (ООО "ProventaTech")

Март 2023 г.

МОЖНО ЛИ ДОСТИЧЬ УСПЕХОВ В РАЗВИТИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НЕ ИМЕЯ СТРАТЕГИИ ИХ РАЗВИТИЯ?

Нанотехнологии в 2012 году были включены в число приоритетных направлений развития науки и технологий Узбекистана на период с 2012 по 2020 год. Какой результат мы имеем сегодня, в 2023 году? Почему можно говорить о том, что это направление науки и технологии в нашей стране слабо развито?

На сегодняшний день Узбекистан по-прежнему не имеет национальной программы развития нанотехнологий. Государственное финансирование научных исследований и разработок в этой области дробится на выполнение небольших, тематически не связанных друг с другом проектов, что вместе с существующими критериями отбора проектов для финансирования не способствует осуществлению крупных научно-исследовательских проектов, которые могли бы привести к инновациям в различных областях промышленности и других сферах. Кроме того, отсутствует научное оборудование, необходимое для развития нанотехнологий, вузы не готовят специалистов в этой области, отсутствуют национальные стандарты, регламентирующие разработку, испытание, производство и использование нанотехнологической продукции. Согласно данным «StatNano», количество научных публикаций Узбекистана по нанотехнологии, индексированных в базе данных

«ISI Web of Knowledge», до 2022 года не превышало 0,03 % от общего числа публикаций в мире; в 2022 году их количество составило 0,06 %. На уровне каких стран находится Узбекистан по количеству публикаций можно видеть на рисунке 1.

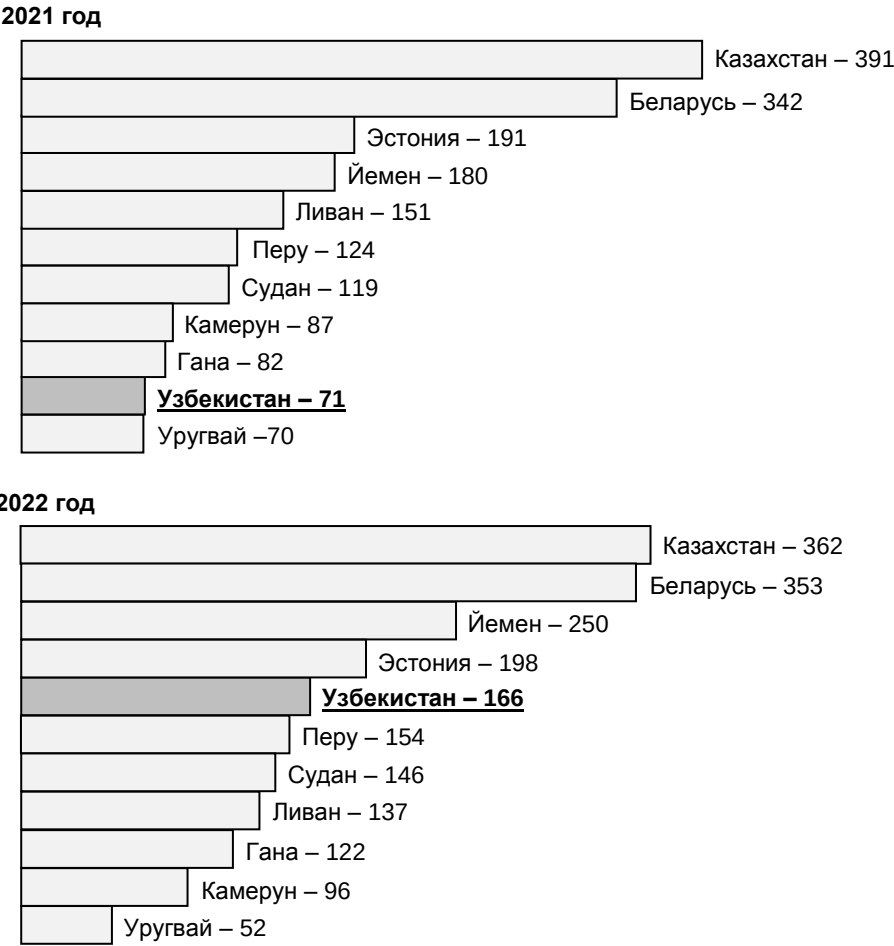


Рисунок 1

Положение Узбекистана среди других стран по количеству научных публикаций, индексируемых в базе данных «ISI Web of Knowledge»; некоторое ближайшее окружение (составлено по данным «StatNano» на январь 2023 года.)

Если посмотреть на динамику изменения количества публикаций по годам (начиная с 2012 года), то можно увидеть чрезвычайно низкое их количество со слабым ростом и резкое увеличение в 2022 году (см. на сайте в разделе «Статистические данные»). Является ли такое изменение темпа роста публикаций в 2022 году тенденцией, покажут итоги 2023 года. Но и в случае сохранения этой тенденции Узбекистан останется среди стран с низким уровнем научной активности в области нанотехнологии, недостаточной для обеспечения конкурентоспособности экономики страны в условиях 6-го технологического уклада, базовыми технологиями которого будут нанотехнологии.

Еще в 2012 году, касаясь вопроса о достижении успехов в развитии нанотехнологий в нашей стране, кандидатом экономических наук Джахоной Абдурасуловой в статье «Нанотехнологии в Узбекистане. Как набраться опыта, пропустив этап “набивания шишек”» было отмечено, что

«Развитие отрасли должно быть тщательно спланировано и скоординировано как по участникам и партнерам, так и по ресурсным потокам, четким целям и индикаторам их достижения. Поэтому необходима разработка отраслевой стратегии, в рамках которой все эти вопросы будут увязаны между собой». (<https://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nanotekhnologii-v-uzbekistane>). Однако такая стратегия не была разработана.

На рисунке 2 показана динамика изменения количества научных публикаций Узбекистана и Казахстана по нанотехнологии за указанный выше период с 2012 по 2020 год, индексируемых в базе данных «ISI Web of Knowledge» (т.е. за период, на который нанотехнологии были объявлены одним из приоритетных направлений развития науки и технологий в Узбекистане). Отметим, что Казахстан к началу указанного периода имел программу развития нанотехнологий и, кроме того, в конце 2011 года был создан Российско-Казахстанский фонд нанотехнологий сроком на 10 лет, целью создания которого для Казахстана была реализация казахстанских проектов форсированного индустриально-инновационного развития.

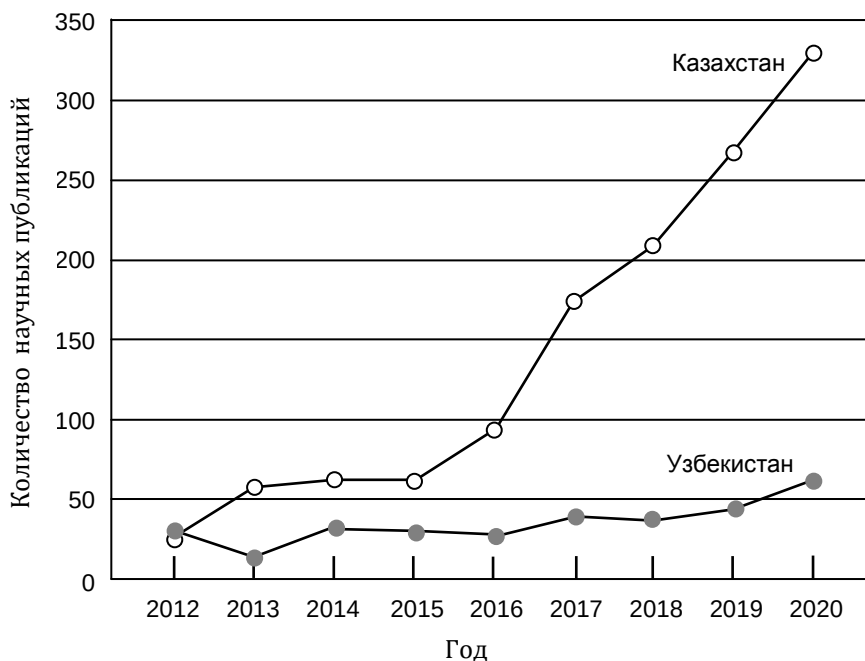


Рисунок 2

Количество научных публикаций Узбекистана и Казахстана по нанотехнологии за период с 2012 по 2020 год, индексируемых в базе данных «ISI Web of Knowledge» (составлено по данным «StatNano»)

Слабое развитие нанотехнологий в Узбекистане сегодня обусловлено отсутствием стратегии их развития в стране, о необходимости которой еще 2012 году писала Джахоной Абдурасулова (см. выше).

Стратегия развития отрасли (уже существующей) — это система взаимосвязанных стратегических решений по основным направлениям функционирования отрасли. В случае создания новой отрасли стратегические решения включают в себя также решения по обеспечению условий для создания отрасли, в том числе решения по осуществлению кардинальных изменений в сферах, обеспечивающих стартовые условия для формирования и эффективного развития отрасли.

На данном сайте ранее была представлена система взглядов (концепция) на организацию развития нанотехнологий в нашей стране под заголовком «Как организовать развитие нанотехнологий и создание наноиндустрии в Узбекистане» (2017 год) [см. *выше в данном сборнике*]. В этой концепции основополагающим является утверждение, что главное для развития нанотехнологий — наличие государственной стратегии развития нанотехнологий и разработанных механизмов реализации этой стратегии. Можно объявить нанотехнологии одним из приоритетных направлений научно-технического развития страны, но без стратегии развития нанотехнологий и разработанных механизмов реализации этой стратегии реальных результатов, оказавших влияние на научно-техническое развитие страны, не будет получено. Стратегической целью является формирование в стране нанотехнологической сети — специализированной инфраструктуры для создания, производственного освоения и коммерциализации нанотехнологической продукции. Необходимым элементом этой сети является координационный совет, образованный в той или иной форме на государственном уровне. Принципом формирования нанотехнологической сети является принцип поэтапности ее формирования. Вытекающими из этой концепции стратегическими решениями, направленными на достижение указанной выше стратегической цели, на первом этапе являются:

- создание межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий со структурными подразделениями и на принципах, представленных в этой концепции;
- осуществление кардинальных изменений в организации научных исследований, включающих изменение подходов к формированию государственных научно-технических программ фундаментальных и прикладных исследований, отбору проектов, их финансированию и выполнению [см. *также дополнительно в данном сборнике «Что необходимо, чтобы научные исследования в области нанотехнологии оказывали влияние на инновационное развитие отечественной экономики?»*];
- формирование направлений научных исследований и разработок в области нанотехнологии, значимых для увеличения инновационной составляющей экономики Узбекистана;
- создание модели подготовки специалистов в области нанотехнологии на начальный период развития нанотехнологий в стране.

Еще одним стратегическим решением, направленным на развитие нанотехнологий и создание наноиндустрии в стране, помимо перечисленных выше, является создание нормативных документов (национальных стандартов и др.), регламентирующих разработку, испытание, производство и использование нанотехнологической продукции, в первую очередь нормативных и нормативно-методических документов общетехнического назначения, а также отраслевых стандартов по направлениям в области нанотехнологии, которые определены как приоритетные на начальном этапе развития нанотехнологий в стране.

Указанная выше концепция с вытекающими из нее стратегической целью и стратегическими решениями (задачами) может служить основой для разработки и принятия на государственном уровне стратегии (совокупности программ) развития нанотехнологий в Узбекистане на некоторый установленный период. В первую очередь надо принять государственную целевую научно-техническую программу «Формирование в Узбекистане научного потенциала для развития нанотехнологий». И только после выполнения этой программы могут приниматься государственные научно-технические программы по инновационному развитию отраслей на основе нанотехнологий [см. *подробнее в «Как организовать развитие нанотехнологий и создание наноиндустрии в Узбекистане» в данном сборнике*].

Разрабатывая стратегию (программы) развития нанотехнологий, надо учитывать, что для достижения стратегической цели недостаточно перечислить стратегические задачи и назначить руководителей ведомств, ответственных за их решение. Необходимы план конкретных действий по решению стратегических задач и обеспеченность выполнения этого плана нужными ресурсами (реально, а не на бумаге), а также кадрами (исполнителями), имеющими необходимую мотивацию и достаточную компетенцию (а не формально назначенными). Для разработки такого плана

необходима информация об имеющемся в стране научном потенциале (оснащенность научным оборудованием, необходимым для проведения научных исследований и разработок в области нанотехнологии; количество научных сотрудников и преподавателей в стране, занятых в этой области, их компетентность, направленность выполняемых ими исследований, значимости этих исследований для создания инноваций в различных сферах Узбекистана и т.д.).

Еще в 2018 году в проекте межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий нами предлагалось организовать проведение семинара-совещания «Развитие нанотехнологий в Узбекистане: проблемы и перспективы» с участием всех, кто в вузах и академических институтах занят научными исследованиями в области нанотехнологии. Предлагалось до семинара путем опроса собрать информацию, на основе которой сформировать базу данных о научном потенциале нашей страны в области нанотехнологии; на основе этой информации подготовить доклады по основным вопросам повестки дня семинара, заслушать мнения и предложения со стороны участников семинара. Результаты этого семинара позволили бы уточнить содержание стратегии развития нанотехнологий в Узбекистане на некоторый установленный период, а также разработать мероприятия по ее реализации.

Предлагалось вынести на обсуждение следующие вопросы:

- имеющийся в стране научно-технический потенциал для развития нанотехнологий (научные кадры, материально-техническая база, управление развитием нанотехнологий, формы, источники и объемы финансирования, информационное обеспечение исследований и разработок);
- тематика научных исследований и разработок в области нанотехнологии, выполняемых в Узбекистане, их потенциал для создания инновационной продукции;
- основные отрасли промышленности и сельского хозяйства Узбекистана и направления в нанотехнологии, развитие которых может привести реально к созданию инноваций в этих отраслях в Узбекистане;
- непроизводственные сферы Узбекистана (медицина, здравоохранение и др.) и направления в нанотехнологии, развитие которых может привести реально к созданию инноваций в этих сферах в Узбекистане;
- факторы, препятствующие развитию нанотехнологий в Узбекистане, в том числе организационные (связанные с управлением наукой, экспертизой научных проектов, порядком финансирования научных исследований и разработок и др.), а также субъективные, обусловленные отношением к нанотехнологии в научной и производственной сферах Узбекистана;
- пути устранения препятствий для развития нанотехнологий в Узбекистане;
- стратегические решения по развитию нанотехнологий в Узбекистане и программа действий по их реализации, направленные на увеличение инновационной составляющей экономики Узбекистана на основе нанотехнологий.

Проведение такого семинара-совещания актуально и сейчас, как и разработка и принятие стратегии развития нанотехнологий в Узбекистане, а также научно-технической программы по ее реализации.

Ш. М. Шарипов (ООО "ProventaTech")

Примечание (январь 2024 г).

Согласно данным «StatNano» на 14 января 2024 года, тенденция заметного увеличения количества научных публикаций Узбекистана, индексируемых в базе данных «ISI Web of Knowledge», сохранилась и в 2023 году (см. раздел данного сайта «Статистические данные (Узбекистан)»).

[Материал этого раздела сайта включен в данный сборник.]

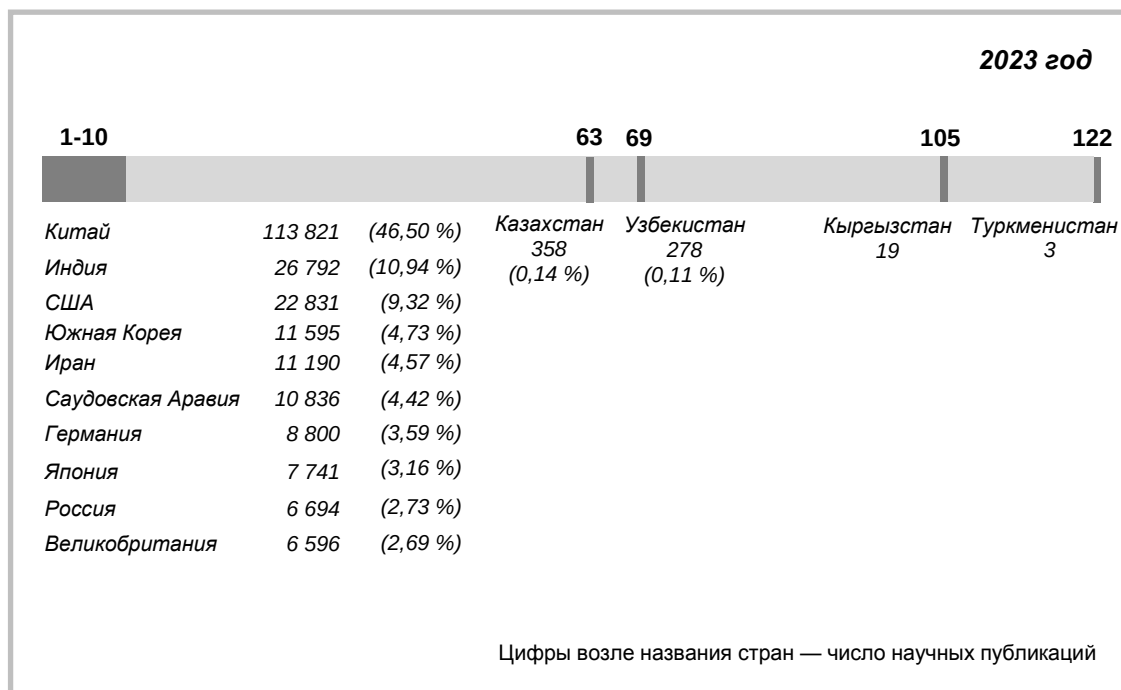
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ (УЗБЕКИСТАН)

Составлено по данным «StatNano»

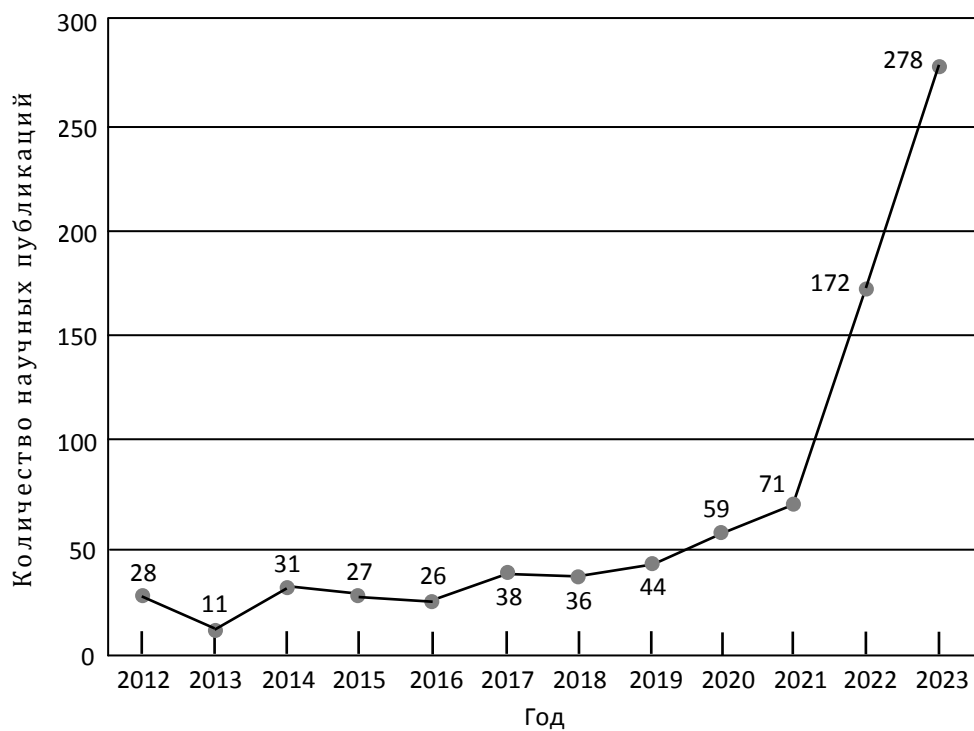
<http://statnano.com/report/s29>

(скорректировано по данным на 14.05.2024 г.)

Места, занимаемые странами по количеству научных публикаций по нанотехнологии, индексируемых в базе данных «ISI Web of Knowledge»



**Динамика количества научных публикаций Узбекистана
по нанотехнологии, индексируемых в базе данных
«ISI Web of Knowledge»**

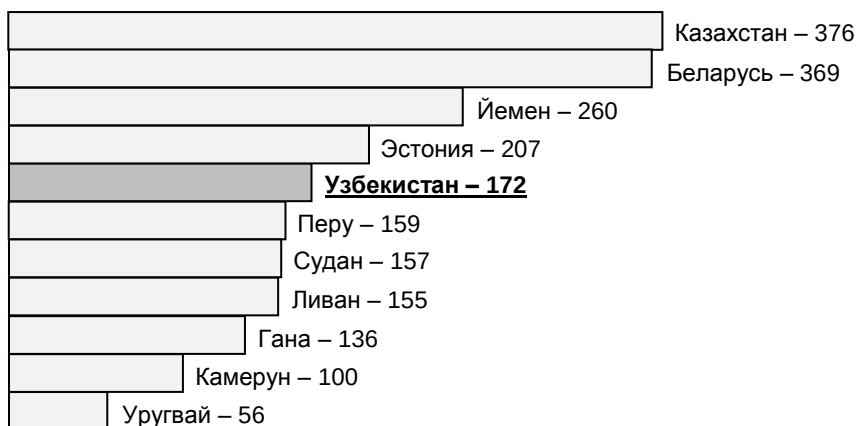


Положение Узбекистана среди других стран по количеству научных публикаций, индексируемых в базе данных «ISI Web of Knowledge»; некоторое ближайшее окружение

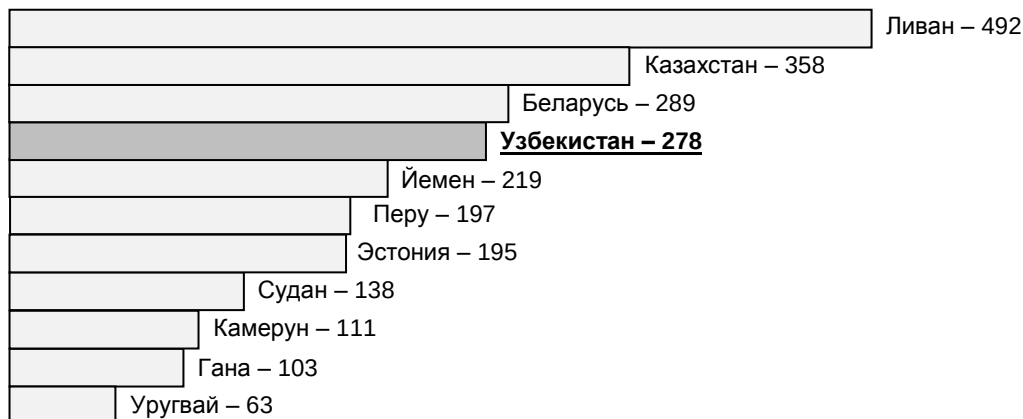
2021 год



2022 год



2023 год



СОДЕРЖАНИЕ

Нанотехнологии — базовые технологии шестого технологического уклада	3
Прогноз глобального рынка нанотехнологий на 2028 год	5
Как организовать развитие нанотехнологий и создание nanoиндустрии в Узбекистане	7
Введение	7
1. Создание специализированной инфраструктуры — необходимое условие развития нанотехнологий	8
2. Создание межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий — первый шаг в формировании инфраструктуры для развития нанотехнологий и создания nanoиндустрии	10
3. Необходимость изменения подходов к организации научных исследований	11
4. Принципы организации деятельности межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий	11
5. Структура и функции межвузовского научно-образовательного центра нанотехнологий ...	13
6. О государственной программе (программах) развития нанотехнологий	16
О стандартизации в области нанотехнологии	19
О терминологии в области нанотехнологии	21
Есть ли нанонаука?	24
Отдельной отрасли науки, называемой нанонаукой, не существует	25
К вопросу об определении понятия «нанотехнология»	27
О понятиях «самосборка и самоорганизация»	31
Русско-узбекский толковый словарь терминов по нанотехнологиям (о словаре)	33
О безопасности нанотехнологий	34
Наука и технологии	35
Требования к сведениям о выполняемых научных исследованиях и разработках, предоставляемых для размещения на сайте	35
Наносuspензии серебра (коллоидные растворы наночастиц серебра)	36
Наносuspензии серебра. Регламентирующие документы	36
Наносuspензии серебра. Методы получения: критерии пригодности для внедрения в производство	38
Наносuspензии серебра. Методы испытаний: проблема определения биоцидной активности	39
Вопросы метрологии свойств наноматериалов. Измерение размера наночастиц и их распределения по размеру в наносuspензиях	41
О подготовке вузами специалистов в области нанотехнологии	43
Актуальные темы	47
Что мы покупаем под названием «коллоидное серебро»?	47
Что необходимо, чтобы научные исследования в области нанотехнологии оказывали влияние на инновационное развитие отечественной экономики?	48
Можно ли достичь успехов в развитии нанотехнологий не имея стратегии ее развития?	51
Статистические данные (Узбекистан)	56

Как организовать развитие нанотехнологий и
создание nanoиндустрии в Узбекистане.

Избранные материалы веб-сайта
<https://uznanotechnology.uz>

5.04.2024