

УДК 620.3

## ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Полуян Н.В.

Научный руководитель - Сизиков С.В., к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

Polujan N. V.

Supervisor - Sizikov S.V.

Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

**Аннотация:** в данной статье описана история развития нанотехнологий от их зарождения до современных достижений и перспектив развития. В ней рассматриваются ключевые этапы истории развития нанотехнологий, начиная с первых открытий в области наноматериалов и наноструктур, и до современных технологий применения наночастиц в различных отраслях науки и промышленности.

Анализируются основные тенденции развития нанотехнологий в современном мире, включая активное использование наноматериалов в медицине, энергетике, информационных технологиях, экологии и других областях.

**Abstract:** this article describes the history of the development of nanotechnology from its inception to modern achievements and development prospects. It examines the key stages in the history of the development of nanotechnology, starting with the first discoveries in the field of nanomaterials and nanostructures, and up to modern technologies for the use of nanoparticles in various branches of science and industry. The main trends in the development of nanotechnology in the modern world are analyzed, including the active use of nanomaterials in medicine, energy, information technology, ecology and other fields.

**Ключевые слова:** нанотехнология, квантовые проволоки, квантовые точки, оптический микроскоп ближнего поля, самоорганизация наночастиц, образование агломератов.

**Key words:** scanning near-field optical microscope, quantum dots, quantum wires.

### Введение

**Нанотехнология** — это область прикладной науки и техники, которая специализируется целенаправленным манипулированием веществом на атомном и молекулярном уровне, обычно в диапазоне менее 100 нанометров. Наноматериалы могут иметь абсолютно иные физические и химические свойства, чем те же вещества в обычных размерах. Сейчас мы едва ли можем представить свою жизнь без смартфона в кармане, умных часов на руке и сверхтонких телевизоров дома. Что-либо из этого стало возможно благодаря изучением в области нанотехнологий.

### Основная часть

Системные исследования наноразмерных объектов берут свое начало в XIX в., когда в 1856—1857 гг. английский физик Майкл Фарадей впервые изучил свойства коллоидных растворов нанодисперсного золота и тонких пленок на его основе. Одним из ключевых результатов исследований Фарадея было обнаружение оптических свойств коллоидных растворов золота. Он обнаружил, что такие растворы приобретают красный цвет, который объясняется плазмонным поглощением света наночастицами золота. Этот эффект стал одним из первых примеров проявления оптических свойств наноматериалов.

В первой половине XX в. зародилась и получила развитие техника исследования нанообъектов. В 1932 году впервые был создан просвечивающий электронный микроскоп. Этот тип микроскопа использует пучок электронов вместо света для формирования изображения. Преимущество электронных микроскопов заключается в их способности достигать очень высокого разрешения и видимости деталей на атомарном уровне.

В 1938 году был создан сканирующий электронный микроскоп, который позволяет получать трехмерные изображения поверхности образцов с очень высоким разрешением. Этот тип микроскопа широко используется в научных исследованиях, материаловедении, биологии и других областях, где требуется изучение структуры объектов на наномасштабе. Во второй половине XX в. начала формироваться принципиальная научная и технологическая база для получения и применения наноструктур и наноструктурированных материалов.

Начиная с 1959 года, когда физик Ричард Фейнман в своем историческом выступлении "Есть много места внизу" представил концепцию управления материей на атомарном уровне, нанотехнологии стали новым фундаментальным направлением в науке и технике. Эта революционная идея открыла перед человечеством уникальные возможности создания новых материалов, устройств и систем путем манипуляции индивидуальными атомами и молекулами. Это выступление привлекло внимание научного сообщества к потенциалу нанотехнологий и стало стимулом для дальнейших исследований и разработок в этой области. Ученые начали активно изучать свойства материалов на наномасштабе, разрабатывать новые методы нанообработки и создавать инновационные технологии на основе наноматериалов.

В 1972 году был создан оптический микроскоп ближнего поля (SNOM - Scanning Near-field Optical Microscope), который открыл новую эру в области нанооптики и нанотехнологий. Этот тип микроскопа позволяет получать изображения объектов с нанометровым разрешением, превышающим теоретические ограничения дифракции, которые ограничивают разрешающую способность обычных оптических микроскопов.

Принцип работы оптического микроскопа ближнего поля основан на использовании наносферической антенны, расположенной вблизи образца. Эта антенна создает ультрамалые зоны освещения, которые позволяют получать изображения с высоким разрешением. При этом антенна может сканироваться

над поверхностью образца для получения детальной информации о его структуре и свойствах.

Оптический микроскоп ближнего поля позволяет исследовать различные свойства образцов на нанометровом уровне, такие как топография поверхности, оптические характеристики, химический состав и другие параметры. Это делает его мощным инструментом для исследования наноструктур, биологических объектов, полупроводниковых материалов и других объектов, требующих высокого разрешения и контрастности.

Сам термин “нанотехнологии” впервые было введено в научный оборот в 1974 году японским физиком Нориео Танигути (Norio Taniguchi). В своей статье, опубликованной в журнале “Science“ под названием „On the Basic Concept of 'Nano-Technology““, Танигути использовал термин "нанотехнология" для обозначения технологий, работающих на уровне нанометров (миллиардных долей метра).

В 1975 году были теоретически предсказаны и рассмотрены принципиальные возможности существования двух особых видов наноразмерных объектов: квантовых точек и квантовых проволок.

1. Квантовые точки (quantum dots) - это наноструктуры трехмерной формы, обладающие квантовыми свойствами. Квантовые точки представляют собой кристаллические частицы размером от нескольких нм до нескольких десятков нм, в которых электроны ограничены в трех измерениях. Из-за этого ограничения электроны в квантовых точках обладают дискретными энергетическими уровнями, что приводит к квантовым явлениям, таким как квантовая конфайнментность и квантовая переходность.

2. Квантовые проволоки (quantum wires) - это наноструктуры одномерной формы, представляющие собой тонкие полупроводниковые структуры с размерами порядка нескольких нм в поперечном направлении и микроскопическими размерами вдоль оси. В квантовых проволоках электроны ограничены только в одном измерении, что также приводит к квантовым эффектам и изменению их электронных свойств.

Создание сканирующего туннельного микроскопа в 1981 году Гердом Биннигом и Генрихом Рорером в компании IBM Zurich стало одним из первых важных достижений в области нанотехнологий и молекулярной инженерии. Этот инструмент позволил ученым наблюдать и манипулировать атомами и молекулами на атомарном уровне, открывая новые горизонты для изучения микромира.

Бинниг и Рорер были удостоены Нобелевской премии по физике за создание сканирующего туннельного микроскопа всего через пять лет после его изобретения. Этот микроскоп стал первым инструментом, способным получать изображения поверхности с невероятно высоким, атомарным разрешением, позволяя ученым рассмотреть структуру материалов на уровне отдельных атомов.

Сканирующий туннельный микроскоп стал ключевым инструментом для проведения экспериментов в области квантовой механики. Он позволил исследователям наблюдать атомарную структуру поверхности материалов,

изучать поверхностные реакции и химические процессы, а также анализировать поведение электронов на поверхности. Благодаря этому микроскопу атомы стали видимыми и доступными для детального изучения.

В конце 1980-х и начале 1990-х годов ученый Эрик Дрекслер представил революционные идеи о создании и конструировании сложных машин и материалов из отдельных атомов. Эти идеи стали известны как концепция молекулярного производства или нанотехнологии. Основная идея Дрекслера заключается в том, что с помощью молекулярного управления можно создавать новые материалы и устройства, атом за атомом, что позволяет добиться невероятной точности и контроля над структурой материалов. Он представил возможность создания наномашин, которые могут выполнять различные функции на молекулярном уровне.

Эрик Дрекслер предложил концепцию "асемблеров", которые представляли собой устройства способные собирать сложные структуры из отдельных атомов, аналогично процессу сборки клетками в живых организмах. Эти асемблеры могли бы революционизировать производство и науку, позволяя создавать новые материалы, лекарственные препараты, электронику и множество других продуктов с невиданными ранее характеристиками и возможностями. Возможность точной манипуляции атомами открывала потенциал для создания материалов с уникальными свойствами, а также для разработки новых методов лечения заболеваний и улучшения технологий в различных отраслях промышленности.

С тех пор эти видения побудили многих ученых критически изучить историю и развитие нанотехнологий и связанных с ними возможностей.

Нанотехнологии представляют собой уникальную область исследований, которая открывает перед человечеством широкие горизонты возможностей. Они имеют огромный потенциал в различных сферах, особенно в медицине. Новаторские методы диагностики и лечения, разрабатываемые с использованием нанотехнологий, обещают принести революционные изменения в медицинскую практику. Возможность создания совершенно новых препаратов и технологий лечения заболеваний становится все более реальной благодаря нанотехнологиям.

Разработка длинных, волокнистых устройств, способных быть введенными в организм человека, представляет собой логическое развитие малоинвазивной хирургии. Эти устройства позволяют более точно вводить вещества, например, образцы тканей, что открывает новые возможности для медицинской диагностики и лечения. Кроме того, разработка поверхностных покрытий из наночастиц открывает новые возможности для создания долговечных имплантатов, которые могут использоваться в медицине. Такие наноматериалы и нанотехнологии обладают потенциалом революционизировать методы диагностики и лечения заболеваний, позволяя врачам проводить процедуры более точно, эффективно и безопасно. Внедрение таких инновационных устройств в медицинскую практику может значительно повысить качество жизни пациентов и улучшить результаты лечения. В сфере традиционного и инновационного машиностроения активно идет работа по

использованию новых материалов с улучшенными свойствами. Например, специальные покрытия на роторах ветрогенераторов повышают их КПД, что способствует эффективному производству энергии.

В области производства и хранения энергии активно разрабатываются новые системы, направленные на повышение энергоэффективности и уменьшение зависимости от традиционных источников энергии. Одним из перспективных направлений является использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия. Новые технологии позволяют эффективно преобразовывать энергию из этих источников в электроэнергию, что способствует снижению выбросов углекислого газа и улучшению экологической обстановки.

Так же важную роль отводится исследованию воздействия наночастиц на окружающую среду и здоровье человека является важной областью научных исследований, поскольку наночастицы могут иметь различные негативные последствия при попадании в окружающую среду или в организм человека. Для обеспечения безопасного использования наночастиц необходимо проводить комплексное исследование и разработку методов и технологий.

Увеличение объема исследований в этой области позволит более полно оценить потенциальные риски, связанные с использованием наночастиц, и разработать соответствующие меры по их минимизации. Важно изучать влияние наночастиц на окружающую среду, включая почву, воду и атмосферу, а также на здоровье человека при контакте с ними.

Разработка методов и технологий для безопасного использования наночастиц также является ключевым аспектом работы в этой области. Это может включать в себя создание специальных защитных покрытий, фильтров, систем очистки и других инновационных решений, которые помогут предотвратить негативное воздействие наночастиц на окружающую среду и здоровье человека.

Кроме того, разрабатываются системы хранения энергии, которые позволяют эффективно накапливать и распределять полученную энергию. Это важно для обеспечения непрерывности энергоснабжения и снижения зависимости от колебаний в производстве возобновляемой энергии. Технологии хранения энергии включают в себя различные методы, такие как батареи, суперконденсаторы, тепловые аккумуляторы и другие инновационные решения.

Интеграция нанотехнологий с другими современными технологиями позволит улучшить эффективность и функциональность различных устройств и систем, а также создавать новые возможности для различных отраслей. Например, благодаря интеграции нанотехнологий с искусственным интеллектом можно создавать более точные и интеллектуальные системы управления процессами, а благодаря блокчейну - обеспечивать безопасность и прозрачность данных. Такие инновационные продукты и услуги могут принести значительные выгоды для бизнеса и общества в целом.

Применения нанотехнологий очень обширны. Например, нанокольцо из золота может превратить его из инертного материала в катализатор для

окисления углерода. Добавление графена в аккумулятор значительно улучшает его характеристики, такие как отвод тепла и проводимость электронов. Использование наночастиц оксида олова в бессвинцовом припое снижает температуру плавления, что позволяет собирать электронные устройства без риска повреждения чувствительных микросхем. Подобных примеров можно привести множество — от способного передавать свет нанокремния до углеродных нанотрубок. При этом по мере развития нанотехнологий ученым приходится решать две фундаментальные проблемы: самоорганизацию наночастиц и образование агломератов.

Первая проблема заключается в поиске всевозможных вариантов заставить молекулы того или иного вещества самостоятельно группироваться необходимым образом, чтобы в результате получались новые материалы или устройства с новыми свойствами. Вторая же заключается в том, что нанометровые частицы способны слипаться друг с другом, образуя агломераты, как правило хаотические и препятствующие их использованию. Уже получены некоторые результаты, однако говорить о полном решении этих проблем сейчас рановато.

### **Заключение**

Таким образом, история наноматериалов и нанотехнологий свидетельствует о постоянном стремлении человечества к исследованию и использованию малых масштабов для создания инновационных материалов и устройств. Современные тенденции развития наноматериалов направлены на углубление понимания процессов самоорганизации и контроля над структурой на атомарном и молекулярном уровнях. Это открывает широкие перспективы для создания новых материалов с уникальными свойствами, которые могут найти применение в различных областях, от электроники и медицины до энергетики и окружающей среды. Несмотря на вызовы и сложности, стоящие перед разработчиками наноматериалов, история и современные тенденции развития нанотехнологий свидетельствуют о том, что потенциал этой области науки и техники остается огромным, и дальнейшие исследования и инновации будут способствовать созданию новых материалов и устройств, которые изменят наш мир к лучшему.

### **Литература**

1. Муртазина, Э.М. Нанокompозиты контексте зарубежных публикаций Э.М.Муртазина // Вестник Казан, технол. ун-та. 2010. № 9. – С .746.
2. Муртазина, Э.М. Нерешенные проблемы нанотехнологии: химическая обработка с помощью самосборки (краткий обзор зарубежных публикаций) / Э.М. Муртазина// Вестник Казан, технол. ун-та. 2011. -Т. 14, № 15, - С. 566.
3. Akerman, J. Toward a Universal Memory /Johan Akerman// Science.2005.- Vol. 308. No. 5721 P. 590.