УДК 620.3

НАНОМАТЕРИАЛЫ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ
♦♦♦♦♦
NANOMATERIALS IN VARIOUS FIELDS

Короп Кира Олеговна
студентка,
Кубанский государственный технологический университет
korop_kira@mail.ru

Тлехусеж Марина Александровна
кандидат химических наук,
доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный технологический университет
korop_kira@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные достижения в области наноматериалов и их применение в различных сферах промышленности и науки. Затрагивается вопрос о безопасности их применения и безвредности для человека и окружающей среды. Статья подчеркивает значимость исследуемой темы для дальнейшего развития инновационных решений в различных сферах человеческой деятельности.

Ключевые слова: наноматериалы, наноизделия, микроизделия, диагностика, системы MEMS/NEMS.

Korop Kira Olegovna
Student,
Kuban State Technological University
korop_kira@mail.ru

Tlekhusezh Marina Alexandrovna
Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor
of the Department of Chemistry,
Kuban State Technological University
korop_kira@mail.ru

Annotation. The article discusses modern achievements in the field of nanomaterials and their application in various fields of industry and science. The issue of their safety and harmlessness to humans and the environment is raised. The article highlights the importance of the topic under study for the further development of innovative solutions in various fields of human activity.

Keywords: nanomaterials, nano-products, micro-products, diagnostics, MEMS/NEMS systems.

В последние десятилетия наблюдается стремительный рост интереса к наноматериалам и нанотехнологиям, что связано с их уникальными свойствами и возможностью применения в различных отраслях, включая строительство. Наноматериалы обладают улучшенными механическими, термическими и электрохимическими характеристиками по сравнению с традиционными материалами. Это открывает новые горизонты для повышения долговечности, прочности и устойчивости строительных материалов, что, в свою очередь, может существенно повлиять на качество и безопасность объектов строительства.

Актуальность использования наноматериалов в строительстве обусловлена рядом факторов. Во-первых, растущее внимание к устойчивому развитию и экологии требует от строительной отрасли поиска решений, способных снизить отрицательное воздействие на окружающую среду. Наноматериалы могут способствовать созданию более эффективных и экологически чистых конструкций, уменьшая количество ресурсов, необходимых для их производства. Во-вторых, изменение климата и экстремальные погодные условия ставят перед строителями новые вызовы, требуя разработки более надежных и стойких материалов. В-третьих, внедрение нанотехнологий может привести к значительному снижению затрат на эксплуатацию зданий и сооружений за счет повышения их энергетической эффективности и долговечности. Таким образом, исследование возможности применения наноматериалов в строительстве представляет собой важную область как научной, так и практической работы, способствующей модернизации отрасли и повышению её конкурентоспособности.

К наноматериалам относятся такие материалы, которые содержат структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладают качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками.

Впервые понятие «наноструктурируемый материал» ввел Герберт Гляйтер в 1981 году. Основными характеристиками данных материалов считаются дисперсность (размер наночастиц) и морфология (их форма). Они делятся на наноизделия, микроизделия, массивные наноматериалы, композиты с компонентами наноматериалов.

Наноизделия содержат малое число структурных элементов, характерный размер которых не превышает 100 нм. К ним относятся нанопорошки, нанопроволоки, нановолокна, тонкие пленки, нанотрубки.

В микроизделиях характерный размер не превышает 1–2 мм, например, проволоки, ленты, фольга.

Массивные наноматериалы имеют размер более 1–2 мм и делятся на однофазные (стекла, гели, пересыщенные и твердые растворы) и многофазные (сложные сплавы и различные виды керамики).

Композиты с компонентами из наноматериалов имеют в своем составе наноизделия, микроизделия и сложные сочетания различных компонентов [1].

Подробное изучение наноматериалов началось не так давно, поэтому они не получили достаточно широкого применения из-за сложности их транспортировки. Данные материалы активно взаимодействуют с окружающей средой благодаря своей развитой поверхности, в этом и заключается основная проблема.

Несмотря на некоторые сложности и риски, связанные с тем, что они недостаточно изучены, и исследования их токсичности для человека и окружающей среды не завершены, наноматериалы начинают активно использовать в медицине и биотехнологии, строительстве, электронной технике (радиоэлектроника), нефтеперерабатывающей промышленности. Они применяются для создания новых медицинских препаратов и материалов, улучшая их износостойкость и теплоизоляцию, а также технологий, повышая производительность и эффективность [2].

Наноматериалы в строительстве. Использование наноматериалов в строительстве позволяет создавать более устойчивые, эффективные, долговечные и экологичные здания, при этом снижая затраты и повышая качество жизни. Применение нанотехнологий открывает новые горизонты для улучшения характеристик традиционных строительных материалов, таких как бетон, сталь, цемент и древесина. Кроме того, инновационные материалы обеспечивают экологическую безопасность в строительстве [3], а также позволяют получать высококачественную продукцию с разнообразными характеристиками [4].

Бетон, который на протяжении десятилетий остается основным строительным материалом, может значительно выиграть от использования наночастиц, таких как оксиды металлов и углеродные нанотрубки. Эти мельчайшие добавки способны заполнять микропоры в структуре бетона, что не только повышает его прочность, но и значительно улучшает устойчивость к коррозии и морозостойкость. Употребление наноглин еще более увеличивает водонепроницаемость бетона, что, в свою очередь, способствует продлению его долговечности и надежности.

Сталь, как один из ключевых конструктивных материалов, также может получить заметные преимущества от внедрения наночастиц. Их добавление способствует повышению прочности и стойкости к коррозии, что особенно важно для применения стали в агрессивных средах. Более того, использование нанотехнологий в процессе производства стали может привести к увеличению ее пластичности, что делает материал более адаптивным к различным условиям эксплуатации.

Цемент, будучи основой для бетона, также может быть модифицирован с помощью наночастиц. В результате их добавления отмечается улучшение таких характеристик, как скорость схватывания и прочность. Более того, использование наноматериалов в цементе способствует повышению водонепроницаемости, что делает конструкции более устойчивыми к воздействию влаги и других негативных факторов.

Не менее интересным является использование нанопокрытий для древесины. Такие разработки позволяют не только улучшить прочность материала, но и повысить его устойчивость к грибкам, насекомым и влаге. Древесина, обработанная специальными нанопокрытиями, становится более долговечной и надежной, что делает ее востребованной в самых разнообразных строительных проектах.

Композитные материалы усиленные наночастицами, демонстрируют значительно улучшенные механические свойства по сравнению с традиционными материалами. Это делает их идеальными для применения в авиационной, автомобильной и строительной отраслях, где вес и прочность играют критическую роль. Лёгкость таких материалов позволяет снижать общий вес изделий, что, в свою очередь, сказывается на топливной эффективности и снижении выбросов.

Одна из самых своеобразных областей применения наноматериалов – это создание самовосстанавливающихся конструкций. Встраивание наночастиц в полимеры и другие материалы может придавать им уникальные свойства. Например, при возникновении микротрещин или повреждений, наночастицы способны взаимодействовать, активируя химические реакции, которые заполняют и «восстанавливают» повреждённые участки. Это существенно увеличивает долговечность конструкций и снижает затраты на обслуживание.

Немаловажным направлением является создание теплоизоляционных материалов на основе наночастиц. Подобные материалы способны значительно улучшать теплоизоляционные свойства, что является особенно актуальным в условиях современного строительства, ориентированного на энергоэффективность. Использование наночастиц оксидов металлов позволяет существенно снизить теплопроводность, что способствует уменьшению затрат на отопление и охлаждение зданий. Это становится одним из решающих факторов на пути к зелёной архитектуре и устойчивому развитию.

Нанотрубки, нановолокна и нанопорошки позволяют создавать конструкции, которые значительно превосходят традиционные по своим характеристикам. Их применение может повысить прочность и гибкость строительных материалов, что, в свою очередь, открывает новые горизонты для проектирования и возведения зданий, мостов и других сооружений.

Однако, внедрение наноматериалов в строительную практику сталкивается с рядом серьезных ограничений и проблем. Одной из главных преград является высокая стоимость наноматериалов. Их производство требует значительных затрат, что делает их использование в широком масштабе экономически нецелесообразным. На данный момент традиционные строительные материалы все еще остаются более доступными для большинства строительных проектов.

Кроме того, долгосрочные последствия использования наноматериалов остаются недостаточно изученными. Необходимы дополнительные исследования, чтобы понять, как наночастицы взаимодействуют с окружающей средой и как они могут повлиять на здоровье человека в процессе эксплуатации зданий [5].

Наноматериалы в медицине. Наномедицина является новым и перспективным направлением, нацеленным на совершенствование диагностики и лечения заболеваний при помощи нанотехнологий. Термин «наномедицина» ввели только в 1990-е года.

Существует 5 областей применения наноматериалов в медицине: доставка препаратов, разработка новых методов лечения, диагностика in-vivo, диагностика in-vitro.

In-vitro диагностика представляет собой метод исследования, при котором анализ материала проводится вне организма человека. Открытия в биохимии, генетике и молекулярной биологии существенно продвинули in-vitro диагностику, способствуя появлению новых биомаркеров, выявляющих редкие генетические вариации.

Диагностика in-vivo – это методы диагностики, выполняемые внутри организма пациента. В отличие от методов in vitro, которые исследуют образцы вне организма, in vivo методы позволяют получить информацию о состоянии организма непосредственно в реальном времени.

Наноматериалы с уникальными физическими и химическими свойствами позволяют создавать новые инструменты и подходы для диагностики in vivo. Рассмотрим несколько ключевых направлений применения наноматериалов.

Улучшенные контрастные агенты. Наночастицы могут служить эффективными контрастными агентами МРТ и КТ. Они могут быть нацелены на определенные ткани или патологические образования, позволяя лучше их визуализировать, что улучшает диагностическую точность. Наночастицы могут быть функционализированы, чтобы накапливаться в опухолевых клетках или воспаленных тканях, делая их более видимыми на медицинских изображениях.

Наносенсоры могут обнаруживать биохимические маркеры заболеваний непосредственно в организме. Наночастицы могут быть спроектированы для избирательного связывания с конкретными молекулами, таким образом, обеспечивая чрезвычайно

чувствительное измерение концентрации этих молекул. Например, наносенсоры могут обнаруживать биомаркеры рака, инфекций или других заболеваний, до того, как эти изменения станут заметны с помощью традиционных методов.

Наноплатформы для адресной доставки лекарств и диагностических агентов: Наночастицы могут использоваться как носители для доставки лекарственных препаратов или диагностических агентов точно к месту назначения. Это повышает эффективность лечения и уменьшает побочные эффекты, а также позволяет проводить мониторинг процесса лечения in-vivo. Нацеленные на конкретные клетки или ткани наночастицы могут доставлять лекарственные препараты или диагностические агенты без повреждения здоровых клеток.

Наночастицы для визуализации и мониторинга процессов in-vivo: Наночастицы с флуоресцентными или люминесцентными свойствами могут быть использованы для визуализации и мониторинга биологических процессов in-vivo. Наночастицы, которые могут накапливаться в конкретных тканях или клетках, могут использоваться для оценки их функции или состояния.

Нанокатализаторы для ускорения биохимических реакций: Наноматериалы, обладающие каталитической активностью, могут быть использованы для ускорения биохимических реакций, что помогает в диагностике патологических состояний и мониторинге биохимических процессов in-vivo.

Однако, использование наноматериалов в диагностике in-vivo требует дальнейших исследований, связанных с биосовместимостью, токсичностью и эффективностью этих материалов в различных биологических средах [6].

Наноматериалы в радиоэлектронике. Применение наноматериалов в радиоэлектронике открывает широкие перспективы для создания более компактных, эффективных и надежных электронных устройств. Ключевые области применения:

Улучшение электропроводности и уменьшение потерь. Углеродные нанотрубки (УНТ), наночастицы серебра и золота, нанонити могут существенно улучшить электропроводность и уменьшить потери в проводниках и компонентах электронных устройств. Это позволяет создавать более компактные и высокоэффективные устройства, уменьшая размеры и потребляемую мощность. УНТ, например, обладают высокой электропроводностью, значительно превосходящей традиционные металлы.

Разработка новых типов полупроводниковых материалов. Наночастицы и наноструктуры могут использоваться для создания новых полупроводниковых материалов с улучшенными свойствами, такими как более высокая подвижность электронов, более высокая фоточувствительность или более узкая запрещенная зона. Это позволяет создавать более совершенные транзисторы, фотодетекторы и другие полупроводниковые компоненты.

Новые типы диэлектриков и покрытий. Разработка диэлектриков с улучшенными характеристиками: меньшие потери и повышенная. Также они могут использоваться для создания тонких пленок и покрытий, защищающих электронные компоненты от окружающей среды, уменьшающих их размеры и улучшающих их теплоотвод.

Улучшение характеристик электронных компонентов. Наноматериалы могут быть использованы для повышения качества таких электронных компонентов, как конденсаторы, резисторы и индуктивности. Например, наночастицы могут улучшить теплоотвод, что продлевает срок службы компонентов и повышает их стабильность.

Сверхчувствительные сенсоры. Создание сенсоров, способных обнаруживать очень малые количества химических веществ или физических явлений. Это важно, например, для медицинской диагностики, контроля качества окружающей среды и других применений.

Новые типы дисплеев. Наноматериалы могут применяться для создания новых типов дисплеев с улучшенной яркостью, контрастностью, низким энергопотреблением, гибкостью и другими характеристиками.

Микро- и наноэлектромеханические системы (MEMS/NEMS). Системы MEMS (микроэлектромеханические системы) и NEMS (наноэлектромеханические системы) – это устройства, которые очень маленькие по размеру и объединяют в себе как механические, так и электронные компоненты.

MEMS имеют размеры, измеряемые в микрометрах (миллионных долях метра). Например, это может быть маленький датчик, который измеряет давление или движение. MEMS часто используются в смартфонах для определения ориентации экрана или в автомобильных мостах для контроля устойчивости.

NEMS – маленькие устройства, размеры которых намного меньше, измеряемые в нанометрах (миллиардных долях метра). Они могут выполнять очень тонкую работу, например, выявлять отдельные молекулы или обеспечивать быстрые и надежные вычисления.

Данные системы имеют несколько важных особенностей. Миниатюризация. Эти устройства создаются в очень маленьких размерах, что позволяет делать сложные системы, которые легко помещаются в компактные формы. Интеграция. Части MEMS/NEMS часто делают на одной и той же платформе, что упрощает их производство и улучшает работу всей системы. Сочетание функций. MEMS/NEMS могут выполнять разные задачи, например, быть датчиками или приводами, что позволяет создавать многофункциональные устройства.

Типы MEMS/NEMS:

1. Датчики: Эти устройства помогают измерять различные вещи в окружающем мире. Они могут определять давление, температуру, ускорение, вибрацию, влажность, свет и даже наличие химических веществ. Примеры таких датчиков – акселерометры (измеряют ускорение), гироскопы (измеряют поворот), датчики давления и температуры.

2. Актуаторы: Эти устройства превращают электрический сигнал в движение. Например, они могут управлять движением микрозеркал, которые используются в проекторах и лазерах, или приводить в действие специальное оборудование с помощью воздуха (микропневматические) или материалов, реагирующих на электричество (пьезоэлектрические).

3. Микроканалы и микрофлюидика: Эта область разрабатывает крошечные каналы и системы, которые могут перемещать и управлять очень маленькими объемами жидкостей и газов. Такие технологии находят применение в химии, биологии и медицине.

4. Микрозеркала: Небольшие зеркала, которые используются в проекторах, лазерных системах и других оптических устройствах. Они помогают управлять светом и изображениями.

5. Микро- и наноприводы: Эти устройства предназначены для точного управления очень маленькими объектами, которые можно увидеть только под микроскопом. Они важны для научных исследований и технологий, работающих на уровне атомов и молекул.

В целом, MEMS и NEMS – это технологии, которые делают возможными создание миниатюрных устройств, способных выполнять сложные задачи в самых разных областях [7].

Использование наноматериалов открывает новые горизонты в различных сферах науки и техники, предоставляя уникальные возможности для создания более эффективных и устойчивых решений. Их необычные физико-химические свойства позволяют внедрять инновации в здравоохранении, электронике, энергетике и строительстве, что может существенно улучшить качество жизни и оптимизировать существующие технологии. Однако, наряду с преимуществами, необходимо учитывать возможные риски и обеспечивать безопасность при производстве и применении наноматериалов. Будущее на основе нанонаук требует проведения множества исследований, что позволит максимизировать выгоды и минимизировать негативные последствия. В целом, наноматериалы обещают стать важным элементом нашего технологически развитого общества, открывая новые пути для устойчивого и инновационного будущего.

Литература

1. Чурилов Д.Г. Некоторые свойства наноматериалов и условия их применения / Д.Г. Чурилов, И.С. Арапов; Под ред. А.А. Горохова // Юность и знания – гарантия успеха. Сборник статей. – Курск : Издательство ЮЗГУ, 2020. – С. 355–359.

2. Столяров В.В. Получение и применение конструкционных наноструктурных материалов / В.В. Столяров; Под ред. А.М. Попова // Специальная связь и безопасность информации: Технология, производство, управление. Сборник статей. – М. : Издательство ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2021. – С. 126–130.
3. Дроздов В.С. Роль инновационных материалов в обеспечении экологической безопасности в строительстве / В.С. Дроздов, М.А. Тлехусеж; Под ред. Т.В. Галининой // Материалы VII Международного молодежного экологического форума: сб. статей. – Кемерово : Издательство КузГТУ, 2024. – С. 205.1–205.5.
4. Воронков О.Н. Изучение физико-химических свойств бетонополимеров / О.Н. Воронков, М.А. Тлехусеж // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2019. – № 4-4. – С. 56–59.
5. Хайбулин Д.И. Объемный наноструктурированный материал / Д.И. Хайбулин, Н.Н. Фанакова, Н.В. Зимакова; Под ред. Е.В. Боева, Р.Р. Кадырова, Д.Ф. Кадырова, М.А. Горбуновой, И.В. Овсянниковой // Малоотходные ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность. Сборник статей. – Уфа : Издательство «Нефтегазовое дело», 2020. – С. 358–360.
6. Чурилова Т.М. Современные медицинские биотехнологии / Т.М. Чурилова; Под ред. В.Н. Мажарова // Биотехнология: взгляд в будущее. Сборник статей. – Ставрополь : Издательство ФГБОУ ВО СтГМУ Минздрава России, 2022. – С. 99–100.
7. Белоусова Е.В. Основные направления использования наноматериалов в электронике // cyberleninka.ru: [сайт]. – 2016. – URL:https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-ispolzovaniya-nanomaterialov-v-elektronike/viewer (дата обращения 13.03.2025).

References

1. Churilov D.G. Some properties of nanomaterials and conditions of their application / D.G. Churilov, I.S. Arapov; Edited by A.A. Gorokhov // Youth and knowledge are a guarantee of success: collection of articles. – Kursk : South Ural State University Publishing House, 2020. – P. 355–359.
2. Stolyarov V.V. Preparation and application of structural nanostructured materials / V.V. Stolyarov; Edited by A.M. Popov // Special communications and information security: Technology, production, management. Collection of articles. – M. : Publishing House of the Federal State Budgetary Budgetary Institution «Analytical Center» of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, 2021. – P. 126–130.
3. Drozdov V.S. The role of innovative materials in ensuring environmental safety in construction / V.S. Drozdov, M.A. Tlekhusezh; Edited by T.V. Galinina // Materials of the VII International Youth Environmental Forum. Collection of articles. – Kemerovo : KuzSTU Publishing House, 2024. – P. 205.1–205.5.
4. Voronkov O.N. Study of physico-chemical properties of concrete polymers / O.N. Voronkov, M.A. Tlekhusezh // Scientific review. Pedagogical sciences. – 2019. – № 4-4. – P. 56–59.
5. Khaibulin D.I. Bulk nanostructured material / D.I. Khaibulin, N.N. Fanakova, N.V. Zimakova; Edited by E.V. Boev, R.R. Kadyrov, D.F. Kadyrov, M.A. Gorbunova, I.V. Ovsyannikova // Low-waste resource-saving chemical technologies and environmental safety. Collection of articles. – Ufa : Publishing House «Oil and Gas business», 2020. – P. 358–360.
6. Churilova T.M. Modern medical biotechnologies / T.M. Churilova; Edited by V.N. Mazharov // Biotechnology: a look into the future. Collection of articles. – Stavropol : Publishing House of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Medical Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2022. – P. 99–100.
7. Belousova E.V. The main directions of using nanomaterials in electronics // cyberleninka.ru : [website]. – [2016]. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-ispolzovaniya-nanomaterialov-v-elektronike/viewer (date of application 03.13.2025).