

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Николаеня С.Р., Сидоренко В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бычек И.В. – к. т. н., доцент кафедры ЭТТ

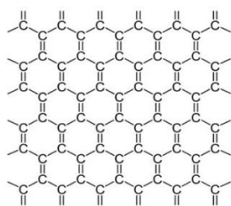
Аннотация. Проведен анализ современных достижений и перспективных направлений развития нанотехнологий как ключевого фактора технологического прогресса. Рассмотрена классификация наноматериалов по происхождению и свойствам. Изучены инновационные решения: огнезащитный аэрогель, биоразлагаемая упаковочная пленка, а также дезинфицирующие средства. Проанализирована динамика роста мирового рынка нанотехнологий и их интеграция в ключевые отрасли промышленности.

Ключевые слова: нанотехнологии, наноматериалы, аэрогель, биоразлагаемая упаковка, дезинфицирующие средства, рынок нанотехнологий, графен, нанотрубки, фуллерен

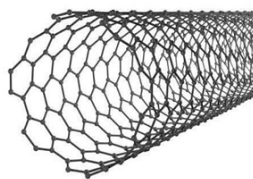
Введение. Нанотехнологии представляют собой междисциплинарную область науки и техники, ориентированную на создание и применение структур с размерами менее 100 нм. Идея нанонауки была предложена Р. Фейнманом в 1959 году, однако практическая реализация стала возможной лишь с развитием методов манипулирования веществом на атомарном уровне [1]. Уникальность нанообъектов проявляется в доминировании квантовых и поверхностных эффектов, что позволяет создавать материалы с принципиально новыми свойствами.

Основная часть. Классификация наноматериалов основана на их происхождении, химическом составе и структуре. Природные наноматериалы возникли в результате биологических и геологических процессов. Среди биогенных компонентов выделяются белки и нуклеиновые кислоты, имеющие размеры порядка 2-10 нм, вирусные частицы – 20-300 нм, а также нанокомпозиты, образующие костную ткань, состоящую из коллагена и гидроксиапатита. Магнитные наночастицы, синтезируемые бактериями, представляют собой естественные биофабрикаты с размерами 3-15 нм. Небиогенные природные материалы включают наноструктурированные глинистые минералы с толщиной слоя около 1 нм, вулканический пепел и опалы – упорядоченные наносферы диоксида кремния.

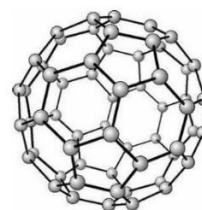
Искусственные наноматериалы (рисунок 1) разрабатываются с целью оптимизации характеристик и расширения функционала. Углеродные материалы, получившие широкое развитие, включают одноатомный слой графена (рисунок 1, а) с рекордной прочностью и высокой электропроводностью, углеродные нанотрубки (рисунок 1, б) различных типов, а также фуллерены (рисунок 1, в) (например, C_{60} и C_{70}), способные к образованию разнообразных структур и обладающие уникальными электрофизическими свойствами. Кроме того, неорганические квантовые точки, такие как CdSe и PbS, позволяют регулировать спектр люминесценции, что актуально для оптоэлектроники и биомедицинских сенсоров. Органические наноматериалы представлены дендримерами, липосомами и полимерными мицеллами [2].



а – химическая структура графена



б – нанотрубки



в – фуллерен

Рисунок 1 – Искусственные наноматериалы

Особое внимание уделяется огнезащитным материалам на основе аэрогелей, созданных из целлюлозных нановолокон и нанопластин сульфида молибдена. Методика сублимационной сушки обеспечивает формирование пористой структуры с высокой удельной площадью. Нанобарьерные свойства сульфида молибдена MoS_2 препятствуют диффузии кислорода и тепла в полимерную матрицу, а атомы молибдена инициируют ускоренное формирование обугленного защитного слоя, повышающего кислородный индекс и огнестойкость. Помимо этого, снижается выделение токсичных летучих соединений, изменение которых негативно сказывается на безопасности в случае пожара [3].

В ответ на экологические вызовы разработана биоразлагаемая упаковочная пленка из линейных полисахаридов агарозы и хитозана, изготовленная методом контролируемого полимерного осаждения. Такие пленки демонстрируют улучшенные механические свойства, прозрачность и устойчивость к влаге, что позволяет рассматривать их в качестве перспективной альтернативы традиционным нефтехимическим полиэтиленовым материалам, уровень производства которых превышает четверть общего объема пластмасс [3].

Ученые разработали наночастицы на основе масел мяты и зеленого чая. Результат обеспечивает значительное повышение растворимости масел в водной среде, расширенный спектр антимикробной активности, длительный период действия (свыше 96 часов) и повышенную термическую стойкость. Эти свойства делают наночастицы эффективными и экологически безопасными средствами для очистки пищевых продуктов, воды и поверхностей [3].

Развитие мировой индустрии подтверждается стабильным ростом рынка: в 2024 году его объем оценивался на уровне 120-130 млрд долларов США, при прогнозе увеличения до 227,54 млрд долларов к 2032 году при среднегодовом темпе 7-9 % [4].

Заключение. Анализ текущих тенденций свидетельствует о трансформации нанотехнологий из научной идеи в фундаментальную движущую силу развития современной промышленности. Классификация наноматериалов выявляет их различия и уникальные свойства, что способствует разработке инновационных продуктов и решений. Прогнозируемый рост мирового рынка подтверждает высокую экономическую значимость отрасли.

Список литературы

1. Нанотехнологии: прорыв к обществу, совместимому с ресурсами и энергией в 21 веке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource_images/aist_e/research_results/publications/pamphlet/today/nanotechnology_e.pdf. – Дата доступа: 08.12.2025.
2. Природные и искусственные наноматериалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://education.nationalgeographic.org/resource/nanotechnology/market>. – Дата доступа: 08.12.2025.
3. Top 10 nanotechnology innovations for 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inpart.io/blog/top-10-new-nanotechnology-innovations>. – Дата доступа: 08.12.2025.
4. Размер рынка нанотехнологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-nanotechnology-market>. – Дата доступа: 08.12.2025.

UDC 620.3:552.086

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF NANOTECHNOLOGY

Nikalayenia S.R., Sidorenko V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bychek I.V. – Cand. of Sci., associate professor of the department of ETT

Annotation. The analysis of modern achievements and promising directions of nanotechnology development as a key factor of technological progress is carried out. The classification of nanomaterials by origin and properties is considered. Innovative solutions have been studied: a flame retardant aerogel, as well as a biodegradable packaging film with antimicrobial coatings. The dynamics of the global nanotechnology market growth and their integration into key industries are analysed.

Keywords: nanotechnology, nanomaterials, aerogel, biodegradable packaging, antimicrobial coatings, nanotechnology market, graphene, nanotubes, fullerene