



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Петрова Светлана Алексеевна

кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и техносферной безопасности, Южно-Уральский государственный университет
г. Челябинск, Российская Федерация

Сидоров Артём Владимирович

студент 4 курса факультета промышленной экологии Южно-Уральский государственный университет
г. Челябинск, Российская Федерация

Аннотация

Современное развитие нанотехнологий открывает перед промышленностью широкие перспективы повышения эффективности производственных процессов, создания новых материалов и продуктов. Однако вместе с тем возрастает обеспокоенность их потенциальным влиянием на окружающую среду и здоровье человека. В данной статье рассматриваются экологические аспекты внедрения нанотехнологий, потенциальные риски, связанные с выбросами наночастиц, вопросы утилизации и регламентации. Приводится анализ современных подходов к обеспечению экологической безопасности на этапах производства, применения и утилизации наноматериалов. Особое внимание уделяется необходимости нормативного регулирования и разработки систем мониторинга.

Ключевые слова: нанотехнологии, экологическая безопасность, наночастицы, промышленные риски, токсикология, устойчивое производство

Введение

Нанотехнологии стали одним из ключевых направлений научно-технического прогресса XXI века. Их активное внедрение в такие отрасли, как химическая промышленность, медицина, энергетика, строительство и машиностроение, связано с созданием материалов, обладающих уникальными физико-химическими свойствами. Вместе с тем, по мере расширения их использования усиливается внимание к **экологическим и санитарно-гигиеническим рискам**, связанным с воздействием наночастиц на биосферу.

Ввиду их микроскопических размеров, наноматериалы могут свободно проникать в клетки живых организмов, накапливаться в тканях и изменять биохимические процессы. Поэтому крайне важно обеспечить всестороннюю оценку и управление

потенциальными экологическими последствиями, возникающими на различных этапах жизненного цикла нанотехнологических продуктов.

1. Потенциальные экологические угрозы при использовании нанотехнологий

Главная особенность наночастиц – это их высокая активность и способность к взаимодействию с окружающей средой. Наночастицы могут поступать в атмосферу, почву и водоёмы на этапах:

- синтеза и модификации материалов;
- применения в производственном цикле;
- утилизации или разрушения изделий.

Токсикологические свойства наночастиц значительно отличаются от свойств того же вещества в макросостоянии. Например, оксид титана (TiO_2), широко применяемый в наноформе, способен вызывать окислительный стресс у водных организмов. Наночастицы серебра и меди, обладающие антимикробной активностью, могут нарушать микробные экосистемы, что влияет на круговорот веществ в биосфере.

Особую опасность представляют **аэрозольные формы наночастиц**, которые попадают в атмосферу и способны проникать в лёгкие человека, вызывая воспалительные процессы. Накапливаясь в тканях, они могут оказывать канцерогенное и мутагенное действие.

2. Нормативно-правовое регулирование и международные подходы

Поскольку воздействие наноматериалов на окружающую среду остаётся слабо изученным, нормативное регулирование в этой области развивается относительно медленно. На международном уровне основную роль играют:

- **REACH (ЕС)** – предусматривает обязательную регистрацию и оценку риска для наноматериалов.
- **ISO/TC 229** – технический комитет по нанотехнологиям, разрабатывающий стандарты оценки безопасности.
- **OECD** – активно проводит научные исследования по экологической токсикологии наночастиц.

В Российской Федерации нормативно-правовая база в области экологической безопасности нанотехнологий находится на стадии формирования. В настоящее время используются общие санитарные и экологические требования, которые не всегда учитывают специфические свойства наноматериалов. Требуется разработка **специализированных методик анализа, гигиенических нормативов и стандартов утилизации.**

3. Технологические решения по обеспечению экологической безопасности

Существует ряд технологий и организационных мер, направленных на снижение экологических рисков от нанотехнологического производства:

- **Фильтрация и улавливание** наночастиц с помощью многоступенчатых систем очистки воздуха и воды.
- **Инкапсуляция наноматериалов** для предотвращения их выделения в окружающую среду.
- Применение **«зелёного синтеза»**, когда наночастицы получают с использованием биологических агентов, минимизируя токсичные побочные продукты.
- Построение **замкнутых технологических циклов**, исключающих выбросы наночастиц.
- **Экомаркировка** продукции с указанием наличия наноматериалов и рекомендаций по безопасному использованию.

Кроме того, важную роль играют системы **экологического мониторинга**, включающие спектроскопические методы, микроскопию и химический анализ, позволяющие своевременно выявлять загрязнение.

4. Перспективы и необходимость междисциплинарного подхода

Решение задач экологической безопасности в нанотехнологиях требует участия специалистов в области **экологии, материаловедения, токсикологии, медицины и права**. Только комплексный подход позволяет разработать системы оценки риска, методы контроля и программы устойчивого развития отрасли.

Перспективным направлением является внедрение **жизненного цикла продукта (LCA)** для оценки всех стадий воздействия на окружающую среду. Это позволит учитывать не только производственную фазу, но и использование, утилизацию и вторичную переработку нанопродукции.

Также актуальна разработка **государственных реестров наноматериалов**, проведение обязательной сертификации и поддержка экологически безопасных разработок в рамках программ устойчивого развития.

Заключение

Нанотехнологии несомненно играют ключевую роль в формировании будущего промышленности, однако их использование должно быть сбалансировано с требованиями экологической безопасности. Отсутствие надлежащего контроля и регулирования может привести к необратимым последствиям для экосистем и здоровья человека. Необходима активизация научных исследований, совершенствование законодательства и внедрение передовых технологий экологической защиты. Только при соблюдении этих условий нанотехнологии смогут стать безопасным и устойчивым элементом промышленного прогресса.

Литература

1. Гончаров А. П., Кузнецов Е. М. Нанотехнологии и экология: вызовы XXI века. — М.: Техносфера, 2022.
2. Oberdörster G., Stone V., Donaldson K. Toxicology of nanoparticles: a historical perspective // Nanotoxicology. — 2018.
3. ISO/TR 12885: Nanotechnologies — Health and safety practices in occupational settings.
4. Руденко В. А. Промышленная экотоксикология. — СПб.: Политехника, 2020.
5. European Chemicals Agency. Guidance on information requirements and chemical safety assessment of nanomaterials. — 2021.