

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра общей и неорганической химии
наименование кафедры

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С НАНОСИСТЕМАМИ

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»
код и наименование направления

Института химии

наименование факультета

Улановский Станислав Сергеевич

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

профессор, д.х.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Н.А.Бурмистрова
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:

д.х.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Д.Г. Черкасов
инициалы, фамилия

Саратов 2017 г.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Наносистемы находят все большее применение в различных прикладных отраслях, в первую очередь в автомобильной электронике телекоммуникационных системах, биомедицинских системах и т.д. Под наносистемой в основном подразумевают материальный объект в виде упорядоченных или самоупорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде явлений и процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов

Нанотехнологии обладают большим потенциалом и привели к крупным переменам во многих отраслях промышленности, созданию новых материалов, изделий и продуктов. Сегодня наиболее существенное применение нанотехнологий в медицине связано с развитием фарминдустрии, что способствует развитию новых стратегий, направленных, прежде всего, на создание систем, способствующих повышению биодоступности, терапевтической эффективности лекарств, снижению/устранению их побочных проявлений.

В целом существует очевидный разрыв между развитием и внедрением нанотехнологий, наноматериалов и знаниями о возможных вредных последствиях для человека, что определяет необходимость проведения исследований, целью которых должна стать безопасность применения нанотехнологий и наноматериалов.

В связи с этим, *актуальным* является изучение техники безопасности при работе с наносистемами, получение знаний о возможных вредных последствиях для человека.

В настоящей работе нами были рассмотрены особенности наночастиц и их разновидности, специфика работы с наносистемами.

Научная новизна. Рассматриваемый нами подход основан на подробном изучении уникальных свойств наночастиц, влияющих на состояние

окружающей среды, организм человека и правил техники безопасности, которые необходимо соблюдать при работе с ними.

Общие требования безопасности работ с наночастицами и наноматериалами должны основываться на имеющейся достоверной информации о том, что наночастицы и наноматериалы обладают физико-химическими свойствами (небольшие размеры и разнообразие форм, большая удельная поверхность в расчете на единицу массы, увеличение химического потенциала веществ на межфазной границе), детерминирующими их возможное острое и хроническое токсическое воздействие на биообъекты, в том числе - на человека.

Практическая значимость. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования его результатов в деятельности при работе и использовании наносистем.

Цель работы – изучение специфики при работе с наночастицами различных типов и формулировка рекомендаций по технике безопасности.

Для достижения поставленной цели рассмотрены **следующие разделы:**

- характеристика наночастиц и наносистем, их особенности;
- влияние на организм человека различных типов наносистем;
- правила безопасности, необходимые при работе с наночастицами и наносистемами;
- рекомендации по безопасному использованию наносистем.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, трех глав, выводов, библиографического списка, состоящего из 54 наименований. Работа изложена на 51 листе, включает 6 таблиц и 5 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы работы, изложена новизна, сформулированы цель и задачи работы.

В первой главе представлен обзор литературы (54 источника) по классификации наночастиц и их уникальным свойствам, областям их применения.

Во второй главе описано влияние наночастиц на состояние окружающей

среды и человека, факторы, определяющие их токсичность.

Третья глава посвящена рекомендациям по работе с наночастицами и наноматериалами, мониторингу их содержания в рабочей среде.

Основное содержание работы

Под наночастицами понимают вполне конкретные и, прежде всего, искусственно созданные молекулярные конструкции. Для наночастиц доля атомов, находящихся в тонком поверхностном слое (~ 1 нм), по сравнению с микрочастицами заметно возрастает.

Так, например, оказывается, что наночастицы некоторых материалов имеют очень хорошие каталитические и адсорбционные свойства. Другие материалы показывают удивительные оптические свойства, например, сверхтонкие пленки органических материалов применяют для производства солнечных батарей.

Основные физические причины специфики наночастиц и наноматериалов :

- ✓ большая доля приповерхностных атомов в наночастицах;
- ✓ увеличение объемной доли границ раздела; склонность к самоорганизации и образованию кластерных структур;
- ✓ размер элементов наноструктур соизмерим с характерным размером некоторых фундаментальных физических величин; возможность проявления квантовых эффектов.

Уникальные свойства наночастиц

- § высокая дисперсность наночастиц: 1-100 нм или 10^1 - 10^3 атомов (размеры наночастиц соизмеримы с размерами атомов);
- § чрезвычайно высокая кривизна поверхности наночастиц;
- § громадная удельная поверхность наночастиц;
- § огромная избыточная свободная поверхностная энергия наночастиц;
- § крайне высокие величины напряженности электростатического поля у поверхности наночастиц.

Область применения наночастиц и наноматериалов

Наночастицы широко применяются в различных областях (таблица 1).

Таблица 1 – Использование нанотехнологий в настоящее время

Отрасли	Виды продукции
Охрана здоровья, медицина	Перевязочные материалы, диагностические средства, средства доставки лекарств, материалы для имплантатов, антибактериальные материалы, солнцезащитные, косметические и гигиенические средства
Промышленность	Моторные масла, топливные присадки, фильтры, керамика, нановолокна, нанопокрывтия, металлургия
Энергетика	Технические энергетические системы, солнечные батареи, нефть и нефтерпродукты
Электроника	Дисплеи, платы, носители информации, точные приборы
Прочее	Добавки в строительные материалы, корпуса автомобилей и самолетов, спортивное снаряжение и оборудование, пищевые продукты, лаки, краски, нанопластики, ПАВы

Широко представлены на рынке нанобиопродукты:

- агропрепараты (средства восстановления почв, очистка воды, средства защиты растений, наносенсоры);
- устройства и материалы для исследований;
- устройства и материалы для безопасности (продукция гражданского назначения, продукция двойного использования).

Активно используются в медицине высокотехнологичные продукты на основе наночастиц:

- системы доставки лекарств на основе наночастиц: нековалентное связывание (клатраты, полимерные композиции, липосомы, наноконтейнеры, нанокапсулы и т.д.); ковалентное связывание ЛС с НЧ (фактически новое вещество, пролекарство), системы пассивного и активного транспорта;

- трансдермальные системы на основе наноигл;
- наносистемы для диагностики: квантовые точки, радиоактивные материалы в составе наночастиц;
- биосовместимые наночастицы металлов;
- сенсоры;
- материалы для имплантатов.

Более эффективные системы доставки на основе: нековалентных наночастиц, ковалентных молекул-пролекарств; создание пролекарств с учетом их возможного включения в транспортные системы.

Поступление наночастиц в окружающую среду

Основные естественные процессы диспергирования:

- горение (в том числе лесные пожары);
- вулканическая деятельность;
- поднятая с поверхности пыль;
- аэрозоли (туманы, содержащие наночастицы различных веществ);
- прибойные явления.

Проблема воздействия наночастиц на природу, включая человека, возникла вместе с ростом промышленного производства, когда в десятки и сотни раз выросло количество «побочно» производимых техногенных

наночастиц. Примером такого «производства» могут служить:

- сжигание топлива в двигателях, на энергостанциях;

- сжигание мусора;
- сварка, пайка;
- добыча полезных ископаемых, карьеры, шахты;
- промышленное производство, строительство;
- приготовление пищи и другие бытовые нужды.

Типичные концентрации и размеры аэрозольных наночастиц в атмосфере представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Типичные концентрации и размеры аэрозольных наночастиц в атмосфере как результат человеческой деятельности

Вид деятельности	Концентрация наночастиц, $\times 10^4 / \text{см}^{-3}$	Размер, нм
Городская среда, помещения	<1	10 - 1000
Приготовление пищи	1 - 70	30 - 110
Карьерные работы	10	280 - 520
Шлифовка, обработка металлов	1 - 20	17 - 170
Бытовая пайка и сварка	1 - 40	40 - 70
Промышленная сварка	5 - 350	30 - 130
Строительная сварка	10 - 5000	30 - 600
Плазменная резка	5 - 50	120 - 180
Аэропорты, дороги	1 - 70	10 - 50

Транспортировка наночастиц в окружающей среде

В настоящее время процессы миграции наночастиц изучены, в лучшем случае, качественно.

Ввиду того, что путь поступления наноматериалов в организм человека по пищевым цепям (с сельскохозяйственной продукцией, контаминированной наноматериалами) является опосредованным, значимость этого признака относительно ниже по сравнению с прямой экспозицией человека наноматериалами. Выраженность данного признака убывает в соответствии с

«антропоным» принципом в порядке «удалённости» того или иного

компонента биоты от человека, то есть в последовательности:

- 1) сельскохозяйственные животные и культурные растения;
- 2) массовые компоненты биоты - животные, растения и микроорганизмы;
- 3) малочисленные компоненты биоценозов, безразличные с точки зрения хозяйственной деятельности;
- 4) «вредные» виды (сорняки и животные - вредители с/х).

Свойства, определяющие токсичность наноматериалов

1. Маленький размер наночастиц:

- что позволяет им проникать через клеточные мембраны и находиться внутри структуры ДНК или белка и изменять их функции;

- способны легко проникать через барьеры организма и накапливаться во внутренней среде.

2. Большая удельная поверхность наноматериалов: эффект повышения химического потенциала веществ в ультрадисперсной форме приводит к аномальному увеличению растворимости и реакционной способности веществ в составе наноматериалов и, тем самым, приводит к увеличению токсичности.

3. Поверхностные характеристики: высокая реакционная способность наноматериалов приводит к увеличению продукции свободных радикалов, которые ведут к повреждению ДНК.

4. Облегчение проникновения других контаминантов: возможно, что наноматериалы способны адсорбировать отдельные контаминанты и

транспортировать их внутрь клетки, что резко увеличивает токсичность последних.

5. *Метаболизм*: многие наночастицы с трудом распознаются и элиминируются клетками иммунной системы. Макрофаги не видят наночастицы размером менее 70 нм.

6. *Накопление в объектах окружающей среды*: возможно, что наноматериалы не метаболизируются микроорганизмами и не подвергаются процессам детоксикации, что ведет к их накоплению в растительном, животном или микробном организме и, тем самым, увеличивается их поступление по пищевой цепи в организм человека.

Мониторинг наночастиц в рабочей среде

В связи с высокой токсичностью наноматериаллов необходимо строго соблюдать условия работы с ними. Нами были проанализированы условия безопасного проведения работ с наночастицами и наноматериалами.

Общие требования безопасности работ с наночастицами и наноматериалами должны основываться на имеющейся достоверной информации о том, что наночастицы и наноматериалы обладают физико-химическими свойствами (небольшие размеры и разнообразие форм, большая удельная поверхность (в расчете на единицу массы), увеличение химического потенциала веществ на межфазной границе), детерминирующими их возможное острое и хроническое токсическое воздействие на биообъекты, в том числе - на человека.

Требования допуска к началу оценки степени опасности наночастиц

Необходимыми требованиями допуска к началу исследовательской процедуры оценки степени опасности/безопасности наночастиц, наноматериалов и продукции, полученной с использованием нанотехнологий, являются:

1) Акт приема-передачи предназначенного к исследованию наноматериала (с указанием количества препарата и номера партии), заключенный между заказчиком и уполномоченным сотрудником в комплекте с заполненным Паспортом безопасности вещества (материала) согласно ГОСТ Р 12.1.052-97 [49], который должен содержать следующие обязательные разделы:

1. Наименование (название) и состав вещества или материала;
2. Сведения об организации (лице) - производителе или поставщике;
3. Виды опасного воздействия и условия их возникновения;
4. Меры первой помощи;
5. Меры и средства обеспечения пожарной безопасности;
6. Меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций;

7. Правила обращения и хранения;
8. Правила и меры по обеспечению безопасности пользователя;
9. Физические и химические свойства;
10. Стабильность и химическая активность;
11. Токсичность;
12. Воздействие на окружающую среду;
13. Утилизация и захоронение отходов (остатков);
14. Правила транспортирования;
15. Информация о международном и национальном законодательстве;
16. Информация об объеме годового производства и области использования.

Процедура оценки степени опасности наночастиц

Исследовательская процедура оценки степени опасности/безопасности наночастиц, наноматериалов и продукции, полученной с использованием нанотехнологий, осуществляется в соответствии с протоколом исследования и правилами проведения лабораторных работ:

1) Рекомендуется использовать одноразовую пластиковую посуду и/или специально выделенные оборудование и инструменты, которые не допускается использовать в иных экспериментах без специальной обработки (тщательное мытье с детергентами).

2) Все манипуляции с наноматериалами, включая мытье лабораторной посуды и инструментов (которые не подлежат утилизации), обязательно проводятся в защитных одноразовых перчатках.

3) Стеклообразные флаконы с водными системами наночастиц и наноматериалов при хранении и во время экспериментов должны быть установлены в пластиковые или металлические эмалированные поддоны, исключающие загрязнение поверхностей столов при случайном разливе жидких наноматериалов. Все операции по переливанию, дозированию и иные действия

с исследуемыми наноматериалами должны также проводиться с использованием поддонов.

4) К работам с наноматериалами в порошкообразном (сухом) состоянии допускается ограниченное количество специально обученных сотрудников.

Работы проводятся в перчаточных боксах, исключающих распыление/раздув порошка. Работники, осуществляющие эти манипуляции обязательно должны использовать специальные респираторы и защитные очки или респираторы с маской.

Процедура завершения работ с наноматериалами

После завершения работ с наночастицами, наноматериалами и продукцией, полученной с использованием нанотехнологий, необходимо:

1) тщательно очистить все поверхности лабораторного оборудования. Материалы, использованные для очистки поверхностей, утилизируются как потенциально опасные отходы;

2) утилизировать одноразовую посуду, твердые и жидкие отходы как потенциально опасные отходы. Утилизация необработанных отходов в общую канализацию или с бытовым мусором не допускается. Запрещается выносить использованные СИЗ из помещения, в котором проводятся работы с использованием наноматериалов. Использованные одноразовые СИЗ и прочие отходы, образующиеся в результате работы с наноматериалами, в конце рабочего дня упаковываются в специальные емкости для сбора отходов, содержащих наноматериалы, и по мере их заполнения сдаются ответственному сотруднику для дальнейшей утилизации.

Сотрудник организации, ответственный за сбор и утилизацию отходов, содержащих наноматериалы, упаковывает потенциально опасные отходы в прочные ПВХ пакеты и складировает их в специальном хранилище. По мере накопления отходы периодически переводятся в безопасное состояние цементацией с последующей утилизацией как бытовые отходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Ø Систематизированы данные по классификации наночастиц и наносистем, их структурным особенностям, областям применения;
- Ø Описаны некоторые пути миграции различных типов наносистем в организме человека;
- Ø Рассмотрены текущее состояние нормативной базы по технике безопасности и охране труда по работе с наносистемами;
- Ø Предложены направления работы по дальнейшему совершенствованию нормативно-методологической базы по безопасному производству, использованию и утилизации наносистем.