

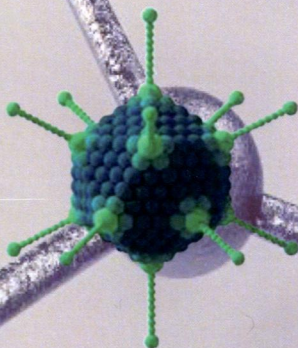
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

О.В. Захарова А.А. Гусев И.А. Васюкова Л.В. Брындина

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Воронеж 2022



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

О.В. Захарова А.А. Гусев И.А. Васюкова Л.В. Брындина

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ
НАНОМАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Воронеж 2022

УДК 577.18/19; 615.9::574, 632.95

Э40

Печатается по решению учебно-методического совета
ФГБОУ ВО «ВГЛТУ» (протокол № 6 от 16 апреля 2021 г.)

Рецензенты: кафедра неорганической химии и химической технологии
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»;
д-р техн. наук, доц., ведущий научный сотрудник 22 отдела
НИЦ (ППО и УА ВВС) ВУНЦ ВВС «ВВА»
О.Н. Филимонова

Э40 Экотоксикологическая оценка безопасности наноматериалов : учебное пособие / О. В. Захарова, А. А. Гусев, И. А. Васюкова, Л. В. Брындина ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2022. – 120 с.

ISBN 978-5-7994-1011-7 (в обл.)

В последние годы, в связи с бурным развитием nanoиндустрии, большое внимание привлекают проблемы безопасности наноматериалов, или нанотоксикологии. Развиваясь на стыке нанотехнологий, гигиены, промышленной безопасности и экотоксикологии, это научное направление опирается на уникальный набор междисциплинарных методов и подходов, не характерный для исходных дисциплин.

В учебном пособии акцент делается на поведение искусственных наночастиц и наноматериалов в окружающей среде, включая взаимодействие с живыми организмами и интеграцию в потоки вещества в природных экосистемах. Описываются предполагаемые механизмы токсического действия наночастиц. Обозначаются существующие в современных знаниях об экотоксикологической безопасности наночастиц и наноматериалов «белые пятна».

Учебное пособие предназначено для студентов естественнонаучных и технических специальностей (направление подготовки 19.03.01 Биотехнология, профиль Промышленная экология).

УДК 577.18/19; 615.9::574, 632.95

© О. В. Захарова, А. А. Гусев,
И. А. Васюкова, Л. В. Брындина, 2022
© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2022

ISBN 978-5-7994-1011-7

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Нанотехнологии и наноматериалы: общие сведения	7
1.1. Историческая справка.....	7
1.2. Наноразмерные эффекты.....	10
1.3. Основные принципы и методы нанотехнологий.....	13
1.4. Направления развития.....	14
1.5. Основные направления развития нанотехнологий в России.....	15
1.6. Наночастицы и наноматериалы.....	18
Глава 2. Пути поступления наночастиц в окружающую среду	21
2.1. Примеры продуктов и приложений нанотехнологий.....	22
2.2. Производство наночастиц и наноматериалов.....	25
2.3. Наночастицы в потребительской продукции.....	26
Глава 3. Наночастицы в окружающей среде	30
3.1. Схема миграции наночастиц в окружающей среде.....	30
3.2. Образование наночастицами аэрозолей в атмосфере.....	31
3.2.1. Формирование наноаэрозолей.....	33
3.2.2. Перемещение наночастиц в воздухе.....	33
3.2.3. Свойства наноаэрозолей.....	34
3.3. Преобразования наночастиц в окружающей среде.....	37
3.3.1. Химическая трансформация.....	38
3.3.2. Коллоидная стабильность.....	39
3.3.3. Транспорт в пористой среде.....	41
Глава 4. Идентификация наночастиц в окружающей среде	43
4.1. Объекты окружающей среды, в которых осуществляется определение наноматериалов.....	43
4.2. Перечень и порядок идентификации приоритетных наноматериалов, подлежащих контролю на предприятиях nanoиндустрии.....	48
Глава 5. Критерии, определяющие опасность наночастиц и наноматериалов	53
5.1. Физические характеристики.....	53
5.2. Физико-химические характеристики.....	53
5.3. Молекулярно-биологические характеристики.....	55
5.4. Цитологические характеристики.....	56

5.5. Токсикологические характеристики.....	57
5.6. Экологические характеристики.....	58
Глава 6. Методы определения свойств наноматериалов, определяющих их токсичность.....	60
6.1. Методы определения элементного состава наноматериалов.....	60
6.1.1. Атомно-эмиссионная спектроскопия.....	61
6.1.2. Рентгеноспектральный анализ.....	63
6.2. Методы определения фазового состава.....	64
6.2.1. Рентгеновский фазовый анализ.....	64
6.2.2. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.....	66
6.3. Методы определения размера и формы наночастиц.....	68
6.3.1. Просвечивающая электронная микроскопия.....	68
6.3.2. Лазерный дифракционный анализ.....	71
6.3.3. Атомно-силовая микроскопия.....	74
6.3.4. Сканирующая электронная микроскопия.....	76
6.4. Химические методы анализа наноматериалов.....	79
6.4.1. Гравиметрический и титриметрический анализ.....	80
6.4.2. ИК-Фурье спектроскопия.....	80
6.4.3. Спектроскопия комбинационного рассеяния (Рамановская спектроскопия).....	83
Глава 7. Оценка безопасности наночастиц и наноматериалов.....	85
7.1. Метод математического моделирования.....	85
7.2. Методы биотестирования.....	94
Глава 8. Механизмы токсичности наночастиц.....	96
8.1. Пути поступления наночастиц в организм человека.....	101
8.1.1. Особенности поступления через дыхательную систему.....	101
8.1.2. Особенности поступления через желудочно-кишечный тракт.....	105
8.1.3. Особенности поступления через кожу.....	107
8.2. Эффекты воздействия наночастиц на здоровье человека.....	108
8.3. Оценка риска при работе с наноматериалами.....	113
Заключение.....	116
Библиографический список.....	117