

**А. Ю. Годымчук,
Г. Г. Савельев, А. П. Зыкова**

ЭКОЛОГИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Под редакцией
проф. Л. Н. Патрикеева и проф. А. А. Ревиной

4-е издание, электронное

Допущено
Учебно методическим объединением вузов
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки 152200
«Наноинженерия»



Москва
Лаборатория знаний
2025

УДК 504:539-022.532
ББК 20-1+28.08+52.84
Г59

Серия основана в 2006 г.

Годымчук А. Ю.

Г59 Экология наноматериалов : учебное пособие / А. Ю. Годымчук, Г. Г. Савельев, А. П. Зыкова ; под ред. Л. Н. Патрикеева и А. А. Ревинной. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2025. — 275 с. — (Нанотехнологии). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-877-7

В данном учебном пособии рассмотрены потенциальные и реальные экологические риски, возникающие при взаимодействии наноматериалов с окружающей средой. Анализ проведен на основании экспериментального изучения миграции и путей попадания наноматериалов в экосистему (атмосфера, гидросфера, литосфера), физико-химических свойств наноразмерных золей, а также исследований в области токсикологии и экотоксикологии наноматериалов при их взаимодействии с растениями, почвой, беспозвоночными и млекопитающими. Отдельное внимание уделено вопросам поступления, миграции и выведения наночастиц из организма человека. Сформулированы некоторые общие выводы и перечислены перспективные направления исследований в области экологии наноматериалов.

Для преподавателей и студентов, специализирующихся в областях разработки и применения нанотехнологий.

УДК 504:539-022.532
ББК 20-1+28.08+52.84

Деривативное издание на основе печатного аналога: Экология наноматериалов : учебное пособие / А. Ю. Годымчук, Г. Г. Савельев, А. П. Зыкова ; под ред. Л. Н. Патрикеева и А. А. Ревинной. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 272 с. : ил. — (Нанотехнологии).

ISBN 978-5-9963-0523-0

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-93208-877-7

© Лаборатория знаний, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение	7
Глава 1. Основные понятия, классификация наноматериалов и источники их поступления в окружающую среду	12
1.1. Определение наноматериалов и их классификация	13
1.2. Основные характеристики наноматериалов	36
1.3. Промышленные источники поступления наноматериалов в окружающую среду.	42
1.4. Потенциальные источники	59
1.5. Источники образования наноматериалов в природе	70
<i>Контрольные вопросы к главе 1</i>	73
<i>Список литературы к главе 1</i>	74
Глава 2. Свойства наноматериалов, определяющие их взаимодействие с объектами окружающей среды	80
2.1. Коллоиды наночастиц	80
2.2. Миграция наночастиц в окружающей среде	108
2.3. Миграция нанобъектов в организме человека	121
<i>Контрольные вопросы к главе 2</i>	138
<i>Список литературы к главе 2</i>	139
Глава 3. Влияние наноматериалов на объекты окружающей среды	145
3.1. Нанотоксикология и нанозекотоксикология — новые разделы науки	146
3.2. Биологическое действие наноматериалов	158
3.3. Токсическое действие наноматериалов	173
3.4. Зависимость токсичности наноматериалов от абиотических факторов	187
<i>Контрольные вопросы к главе 3</i>	197
<i>Список литературы к главе 3</i>	198
Глава 4. Методы экотоксикологического исследования и оценка рисков воздействия наноматериалов на окружающую среду и человека	210
4.1. Токсикологическое исследование наноматериалов	210
4.2. Оценка рисков воздействия наноматериалов на окружающую среду и человека	240
4.3. Социальные риски развития нанотехнологий	262
<i>Контрольные вопросы к главе 4</i>	266
<i>Список литературы к главе 4</i>	267