

# НАНО- И БИОКОМПОЗИТЫ

Под редакцией  
**Алана Кин-Так Лау**  
**Фарзаны Хуссейн**  
**Халида Лафди**

Перевод с английского  
д-ра хим. наук И. Ю. Горбуновой,  
канд. хим. наук Т. П. Мосоловой

Под общей редакцией  
д-ра хим. наук И. Ю. Горбуновой

2-е издание, электронное



Москва  
Лаборатория знаний  
2020

УДК 541:547+57.017-022.532  
ББК 30.36+28.072+24.7  
Н25

*Серия основана в 2006 г.*

Перевод с английского  
д-ра хим. наук И. Ю. Горбуновой (гл. 2, 3, 4, 6, 7, 8);  
канд. хим. наук Т. П. Мосоловой (гл. 1, 5, 9, 10, 11, 12)  
под общей редакцией  
д-ра хим. наук И. Ю. Горбуновой

**Нано-** и биокмползнты / под ред. А. К.-Т. Лау, Ф. Хуссейн,  
Н25 Х. Лафди ; пер. с англ. — 2-е изд., электрон. — М. : Лаборатория  
знаний, 2020. — 393 с. — (Нанотехнологии). — Систем. требования:  
Adobe Reader XI ; экран 10".— Загл. с титул. экрана.— Текст :  
электронный.

ISBN 978-5-00101-727-1

Книга представляет собой обзор исследований последних лет, посвященных изучению усиленных нанонаполнителями композиционных материалов — нанокомпозитов и бионанокомпозитов. Затронуты темы получения, переработки, оценки свойств этих усовершенствованных материалов, которые разрабатывают для решения самых разных задач, в том числе получения продуктов медико-биологического назначения. Рассмотрены достижения тканевой инженерии, в которой активно используются биоразлагаемые полимерные композиционные материалы. Приведены результаты изучения биосовместимости полимерных наноматериалов в условиях *in vitro* и *in vivo*. В отдельной главе книги рассмотрены способы оценки токсичности наноматериалов и подходы для разработки методов этого анализа.

Для студентов и аспирантов, специализирующихся в области химической технологии, нанотехнологий и биотехнологий, а также специалистов, связанных в своей профессиональной деятельности с материалами биологического назначения.

УДК 541:547+57.017-022.532  
ББК 30.36+28.072+24.7

**Деривативное издание на основе печатного аналога:** Нано- и биокмползнты / под ред. А. К.-Т. Лау, Ф. Хуссейн, Х. Лафди ; пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 390 с. : ил. — (Нанотехнологии). — ISBN 978-5-9963-0805-7.

**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 978-5-00101-727-1

© 2010 by Taylor and Francis Group, LLC  
All Rights Reserved.  
Authorized translation from English  
language edition published by CRC Press,  
part of Taylor & Francis Group LLC  
© Лаборатория знаний, 2015

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	8
О редакторах .....	10
Авторы .....	13
<b>Часть 1. Наноструктурированные полимерные композиты .....</b>	<b>15</b>
<b>Глава 1. Полимерные композиты на основе углеродных нанотрубок .....</b>	<b>17</b>
1.1. Введение .....	17
1.2. Свойства углеродных нанотрубок .....	18
1.3. Производство полимерных композитов на основе нанотрубок .....	26
1.4. Свойства межфазной поверхности композитов на основе нанотрубок .....	29
1.5. Заключение .....	33
Литература .....	34
<b>Глава 2. Переработка, реологические и другие свойства полимерных нанокомпозитов на основе углеродных нановолокон .....</b>	<b>37</b>
2.1. Введение .....	37
2.2. Очистка и термообработка нановолокон .....	39
2.3. Влияние адгезии между нановолокном и матрицей на свойства полимерных нанокомпозитов .....	47
2.4. Анализ на нанометрическом уровне .....	58
2.5. Исследование межфазной области .....	59
Литература .....	67
<b>Глава 3. Реология нанокомпозитов полимер/глина: развитие мезомасштабной структуры и динамика мягких стекол .....</b>	<b>71</b>
3.1. Введение .....	71
3.2. Линейные вязкоупругие свойства .....	72
3.3. Нелинейный сдвиговый отклик .....	78
3.4. Аналогия с мягкими коллоидами .....	80
3.5. Обратимость процесса образования сетки .....	80
3.6. Выравнивание силикатных слоев в сетках .....	85
3.7. Заключение .....	90
Литература .....	90

<b>Глава 4. Полимерные нанокомпозиты с графитовыми наполнителями</b>	<b>93</b>
4.1. Введение	93
4.2. Наноструктурированный графит	95
4.3. Нанокомпозиты полимер/графит	101
4.4. Заключение	116
Благодарность	117
Литература	117
<b>Глава 5. Горючесть и огнестойкость полимерных нанокомпозитов</b>	<b>124</b>
5.1. Введение	124
5.2. Горючесть полимерных нанокомпозитов	126
5.3. Комбинирование полимерных нанокомпозитов с традиционными огнеупорными материалами	137
5.4. Создание эффективных огнеупорных полимерных нанокомпозитов	139
5.5. Выводы, потенциальные возможности и направления исследований огнеупорных полимерных нанокомпозитов	141
Благодарности	145
Литература	145
<b>Часть 2. Нанобиокомпозиты</b>	<b>157</b>
<b>Глава 6. Армированные волокнами биокомпозиты животного происхождения</b>	<b>159</b>
6.1. Введение	159
6.2. Шелковые волокна шелковичного червя	161
6.3. Волокна куриных перьев	168
6.4. Выводы	175
Литература	175
<b>Глава 7. Биополимерные волокна для тканевой инженерии</b>	<b>178</b>
7.1. Наука о наноматериалах и тканевая инженерия	178
7.2. Биоразлагаемые и биорезорбируемые полимеры	183
7.3. Композиты нанобиополимеров	194
7.4. Заключение	201
Литература	202
<b>Глава 8. Потенциал использования полигидроксиалканоатов для создания биокомпозитов</b>	<b>209</b>
8.1. Введение	209
8.2. Полигидроксиалканоаты	213
8.3. Нанобиокомпозиты на основе ПГА	217
8.4. Заключение	234
Благодарности	236
Литература	236

<b>Глава 9. Редукционистский подход к изучению молекулярной и надмолекулярной структуры эластина . . . . .</b>	<b>245</b>
9.1. Молекулярная структура эластина. . . . .	245
9.2. Редукционистский подход . . . . .	248
9.3. Надмолекулярная структура эластина. . . . .	252
9.4. Заключение . . . . .	260
Литература . . . . .	261
<b>Глава 10. Эластин и полимеры на его основе . . . . .</b>	<b>267</b>
10.1. Введение . . . . .	267
10.2. Тропоэластин . . . . .	273
10.3. Полимеры, содержащие тропоэластин и его производные . . . . .	278
10.4. Применение полимеров на основе эластина . . . . .	282
10.5. Заключение . . . . .	287
Благодарности . . . . .	287
Литература . . . . .	287
<b>Глава 11. Био- и нанокompозиты на основе полимолочной кислоты . . . . .</b>	<b>294</b>
11.1. Введение . . . . .	294
11.2. Биокompозиты . . . . .	295
11.3. Нанокompозиты . . . . .	303
11.4. Заключение . . . . .	306
Литература . . . . .	307
<b>Глава 12. Строение наноматериалов и их токсичность . . . . .</b>	<b>310</b>
12.1. Введение . . . . .	310
12.2. Наноматериалы и нанотехнология . . . . .	312
12.3. Потенциальная опасность наноматериалов . . . . .	321
12.4. Способы оценки токсичности . . . . .	326
12.5. Токсичность наноматериалов . . . . .	331
12.6. Получение характеристик наноматериалов и определение цитотоксичности по конечной точке . . . . .	338
12.7. Углеродные наноматериалы . . . . .	352
12.8. Заключение . . . . .	369
<b>Литература . . . . .</b>	<b>372</b>
<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>386</b>