

УДК 57  
ББК 28.081  
Г 695

**Рецензенты:**

**Г. А. Севастьянова** – профессор кафедры органической и биологической химии биолого-химического факультета Московского педагогического государственного университета, доктор биологических наук;

**И. Г. Горичев** – профессор кафедры общей и аналитической химии биолого-химического факультета Московского педагогического государственного университета, доктор химических наук.

**Горленко В. А., Кутузова Н. М., Пятунина С. К.** Научные основы биотехнологии. Часть I. Нанотехнологии в биологии : Учебное пособие. – М.: Прометей, 2013. – 262 с.

Данное издание вводит читателя в удивительный мир нанотехнологий – многопрофильную и междисциплинарную область научных знаний и технологий, составляющую основную современную тенденцию в развитии науки и производства. Целью издания является ознакомление будущих учителей с существенными элементами нанотехнологий и, с учетом биологической направленности обучаемых, со спецификой нанобио- и бионанотехнологий, основанных на использовании живых организмов (фагов, вирусов) и биомолекул, их составляющих (белков, липидов, нуклеиновых кислот и т.п.), в качестве объектов нанотехнологических разработок, а также с проявлениями, открытиями и внедрениями нанобиотехнологических процессов в разнообразные отрасли науки и производства, медицины, фармакологии, мониторинга, безопасности, социальной сферы и т.п.

Издание предназначено в качестве учебного пособия в первую очередь для студентов биологических специальностей педагогических вузов (биологи с дополнительными специальностями: химия, экология, иностранный язык и другие). Но может вызвать интерес у широкого круга изучающих биологию и химию: учителей школ, учащихся школ с углубленным изучением биологии и химии, студентов нехимических вузов.

**ISBN 978-5-7042-2445-7**

© В. А. Горленко, Н. М. Кутузова, С. К. Пятунина, 2013

© Издательство «Прометей», 2013



# СОДЕРЖАНИЕ

|                        |   |
|------------------------|---|
| Список сокращений..... | 6 |
| Предисловие.....       | 8 |

## I. Введение. Основные понятия нанотехнологии.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>История становления и развития</b> .....   | <b>11</b> |
| 1. Нанотехнологии – что это?.....   | 11        |
| 2. История возникновения и развития нанотехнологий.....   | 15        |
| 2.1. Проблемы развития нанотехнологий.....  | 24        |
| 2.1.1. Проблемы образования и выращивания<br>квалифицированных кадров.....                      | 24        |
| 2.1.2. Динамика нанотехнологий в Российской Федерации.....                                      | 25        |
| 2.1.3. Достижения в развитии нанотехнологий в РФ.....   | 28        |
| 2.2. Биобезопасность.....   | 30        |
| 3. Зачем нужны нанотехнологии.....  | 33        |
| 4. Принципиальные схемы получения наноматериалов.....   | 39        |
| 5. Инструментарий в нанотехнологиях: атомно-силовой<br>и сканирующий туннельный микроскопы..... | 41        |
| 5.1. Сканирующий туннельный микроскоп.....  | 43        |
| 5.2. Атомно-силовой микроскоп.....  | 46        |
| 6. Возникновение нанобио- и бионанотехнологий.....  | 54        |

## II. Классификация нанообъектов.....

|   |           |
|---|-----------|
| <b>7. Основные виды нанообъектов и перспективы<br/>их использования в нанотехнологиях</b> ..... | <b>50</b> |
| 7.1. Кластеры.....  | 52        |
| 7.2. Фуллерены.....   | 54        |
| 7.3. Графен.....  | 58        |
| 7.4. Нанотрубки.....  | 61        |
| 7.4.1. Углеродные нанотрубки.....   | 61        |
| 7.4.2. Неуглеродные нанотрубки.....   | 64        |
| 7.5. Карбин.....  | 65        |
| 7.5.1. Предполагаемые области применения.....   | 68        |
| 7.5.2. Углерод с гранецентрированной кубической решеткой.....                                   | 70        |
| 7.6. Нанонити, или вискеры.....   | 71        |
| 7.7. Наноремешки.....   | 72        |
| 7.8. Дендримеры.....  | 74        |
| 7.9. Фракталы.....  | 75        |



|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 7.10. Нанокompозиты.....            | 79 |
| 7.11. Нанокристаллы .....           | 82 |
| 7.12. Наномембраны.....             | 83 |
| 7.13. Гибридные наноматериалы ..... | 85 |
| 7.14. Фотонные кристаллы .....      | 87 |

### III. Зонная структура макрообъектов.

#### **Квантовые точки..... 91**

|   |     |
|---|-----|
| 8. Начала квантовой механики.....   | 91  |
| 8.1. Описание состояния электрона в атоме .....   | 91  |
| 8.2. Энергетические зоны.....   | 97  |
| 8.3. Экситон и экситонные переходы .....  | 100 |
| 8.4. Квантово-размерные эффекты .....   | 102 |
| 8.5. Квантовые точки.....   | 104 |
| 8.6. Полупроводниковые нанокристаллы –<br>флуоресцирующие материалы<br>нового поколения.....        | 105 |
| 8.7. Энергетические зоны гетероструктур.....  | 106 |
| 8.8. Получение квантовых точек.....   | 109 |
| 8.9. Модификации квантовых точек и конъюгация<br>с биологически активными молекулами.....           | 112 |
| 8.10. Пути использования конъюгатов<br>квантовых точек с биологически<br>активными молекулами ..... | 115 |
| 8.10.1. Визуализация биологических объектов .....   | 115 |
| 8.10.2. Диагностика раковых заболеваний .....   | 117 |

#### **IV. Супрамолекулярные системы..... 119**

|  |     |
|--|-----|
| 9. Супрамолекулярные системы как мост<br>от неживой материи к живой..... | 119 |
| 9.1. Супрамолекулярные структуры в природе.....                          | 119 |
| 9.2. Самосборка. Амфифильные соединения .....                            | 121 |
| 9.2.1. Липиды – природные амфифильные соединения.....                    | 122 |
| 9.2.2. Жидкие кристаллы.....   | 124 |
| 9.2.3. Поверхностно-активные вещества и самосборка .....                 | 128 |
| 9.3. Полимеры в нанотехнологиях.....                                     | 130 |
| 9.3.1. Самосборка полимеров .....  | 134 |
| 9.3.2. Блок-сополимеры .....   | 135 |
| 9.3.3. «Умные» полимеры .....  | 138 |
| 9.4. Супрамолекулярные матричные структуры.....                          | 141 |



|   |            |
|---|------------|
| <b>V. Нанобиотехнологии</b> .....   | <b>147</b> |
| 10. Взаимопроникновение нанотехнологий<br>и биологии.....   | 147        |
| 10.1. Биоматериалы.....   | 147        |
| 10.2. Белки, иерархическая структура.....   | 148        |
| 10.2.1. Первичная структура белков .....  | 149        |
| 10.2.2. Вторичная структура.....  | 155        |
| 10.2.3. Надвторичные структуры.....   | 159        |
| 10.2.4. Третичная структура .....   | 163        |
| 10.2.5. Четвертичная структура .....  | 165        |
| 10.2.6. Конформационная подвижность белков.....   | 168        |
| 10.2.7. Проблемы узнавания и реагирования .....   | 168        |
| 10.3. Иммуноглобулины. Молекулярное<br>конструирование на основе иммуноглобулинов .....                 | 175        |
| 10.3.1. Структура и функции иммуноглобулинов .....  | 175        |
| 10.3.2. Иммуноглобулины. Подходы к наноконструированию.<br>Моноклональные антитела.....                 | 179        |
| 10.3.3. Наноконструирование на основе иммуноглобулинов.<br>Гуманизирование моноклональных антител ..... | 181        |
| 10.3.4. Наноконструирование на основе мини-антител.<br>Создание молекулярного «лего».....               | 184        |
| 10.4. Белки – размножаемые «кирпичики».....   | 193        |
| 10.5. Каталитически активные белки – ферменты .....   | 196        |
| 10.5.1. Начальные представления<br>о ферментативном катализе .....                                      | 197        |
| 10.5.2. Теории ферментативного катализа.....  | 202        |
| 10.5.3. Идентификация каталитических групп ферментов.....   | 207        |
| 10.5.4. Факторы, оказывающие влияние<br>на ферментативные реакции.....                                  | 209        |
| 10.6. Перспективы использования<br>белков-ферментов в био- и нанотехнологиях .....                      | 214        |
| 10.6.1. Инженерная энзимология .....  | 214        |
| 10.6.2. Мицеллярная энзимология .....   | 220        |
| 10.6.3. Химические и генетические модификация ферментов<br>с целью придания новых свойств .....         | 222        |
| 11. Биомиметика. «Молекулярные моторы».....   | 232        |
| 11.1. Аденозинтрифосфатсинтаза .....  | 235        |
| 11.2. Флагеллярный мотор бактерий.....  | 241        |
| 11.3. Миозин – молекулярная машина .....  | 243        |
| <b>Литература</b> .....   | <b>257</b> |