

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЁЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

А. Н. Огурцов

БИОНАНОТЕХНОЛОГИЯ

Принципы и применение

*Учебное пособие по курсам
«Молекулярная биофизика» и «Бионанотехнология»
для студентов направления подготовки
«Биотехнология», в том числе для иностранных
студентов*

Утверждено
редакционно- издательским
советом университета,
протокол № 1 от 20.06.2012 г.

Харьков
НТУ «ХПИ»
20 12

УДК 577
ББК 30.16
0-39

Рецензенты:

Ю. В. Малюкин, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. отд. нанокристаллических материалов, зам. директора ИСМ НАН Украины;

В. А. Карачевиев, д-р физ.-мат. наук, зав. отд. молекулярной биофизики ФТИНТ им. В.И. Веркииа НЛ11 Украины

Огурцов А. Н.
0-39 Бионанотехнология. Принципы и применение : учеб. пособие / А. Н. Огурцов. - Х. : НТУ «ХПИ», 2012. - 480 с. - На рус. яз.

ISBN 978-617-05-0005-2

Пособие включает необходимые при изучении молекулярной биофизики и бионанотехнологии сведения о специфических особенностях строения и принципах функционирования, разработки и применения нано- и бионаномашин в соответствии с программой подготовки студентов направления «Биотехнология».

Предназначено для студентов специальностей биотехнологического профиля всех форм обучения.

Ил. 260. Табл. 1. Библиогр.: 92 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

Вступление	3
Раздел 1. Основания бионанотехнологии	5
Глава 1. Нанотехнология и бионанотехнология	5
1.1. Основные концепции	5
1.2. Основные направления развития бионанотехнологии	13
1.3. Бионаномашинны	19
Глава 2. Специфика бионаномашин	27

2.1. Особенности строения биогенных макромолекул	27
2.2. Эволюционная специфика строения природных бионаномашин	46
2.3. Эволюционный и инженерный подходы к созданию бионаномашин	49
2.4. Примеры природных бионаномашин	52
Глава 3. Аналитические методы в бионанотехнологии	64
3.1. Методы молекулярной биологии и биотехнологии	64
3.1.1. Технология рекомбинантных ДНК	64
3.1.2. Конструирование ДНК	66
3.1.3. Методы синтеза белков	72
3.1.4. Точечный мутагенез	75
3.1.5. Технология слияния белков	77
3.1.6. Моноклональные антитела	79
3.2. Структурный анализ	82
3.2.1. Рентгеновская кристаллография	82
3.2.2. Электронный парамагнитный резонанс	92
3.2.3. Ядерный магнитный резонанс	98
3.3. Микроскопия	102
3.3.1. Электронная микроскопия	102
3.3.2. Атомно-силовая микроскопия	107
3.3.3. Туннельная микроскопия	113
3.4. Масс-спектрометрия	116
3.4.1. Ионизация образцов	117
3.4.2. ESI и MALDI	119
3.4.3. Анализаторы масс	121
3.4.4. Детектирование сигнала	129
3.5. Биофизические нанотехнологии	132
3.5.1. Матрицы кантилеверов	132
3.5.2. Измерение внутримолекулярных сил в белках	134
3.5.3. Детектирование молекулярного узнавания	136
3.5.4. Использование фуллеренов и нанотрубок	139
3.6. Моделирование бионаноструктур	150

3.6.1. Моделирование макромолекул	150
3.6.2. Предсказание структуры и функций макромолекул	152
3.6.3. Предсказание белкового фолдинга	153
3.6.4. Моделирование докинга молекул	156
3.6.5. Моделирование новых функций молекул	159

Раздел 2. Структурные принципы бионанотехнологии 163

Глава 4. Структура и стабильность биомолекул	163
4.1. Роль среды в формировании биомолекул	163
4.2. Принцип иерархичности в создании бионаномашин	166
4.3. Структурные особенности ковалентных связей в биомолекулах	169
4.4. Структурные особенности нековалентных взаимодействий	175
4.5. Роль гидрофобного эффекта в формировании структуры биомолекул	188
4.6. Комбинаторный характер молекулярного разнообразия	191

Глава 5. Фолдинг белков	194
5.1. Принцип формирования стабильных структур в результате белкового фолдинга	194
5.2. Принцип иерархичности при белковом фолдинге	196
5.3. Принципы позитивного и негативного дизайна	200
5.4. Механизмы регуляции фолдинга	203

Глава 6. Самоассемблирование и самоорганизация	208
6.1. Принцип локального упрочнения биоструктур	208
6.2. Принцип контролируемого разунорядочения структуры	210

6.3. Принципы самоасSEMBЛИРОВАНИЯ биообъектов	213
6.4. Использование симметрии при самоасSEMBЛИРОВАНИИ	217
6.5. Использование точечных групп симметрии при формировании биоструктур	222
6.6. Использование пространственной симметрии при формировании биоструктур	225
6.7. Использование квазисимметрии при формировании биоструктур	231
Глава 7. Формирование молекулярных комплексов	235
7.1. Использование молекулярной толчеи при асSEMBЛИРОВАНИИ биомолекул	235
7.2. Самоорганизация и биомембраны	238
7.3. Принцип молекулярного узнавания при формировании структуры биообъектов	244
7.4. Примеры реализации молекулярного узнавания при формировании биоструктур	248
7.5. Роль атомной дискретности в структуре биомолекул	253
7.6. Использование структурной гибкости биомолекул	257
Раздел 3. Функциональные принципы бионанотехнологии	266
Глава 8. Информационно-управляемое наноасSEMBЛИРОВАНИЕ	266
8.1. Информационно-управляемое асSEMBЛИРОВАНИЕ бионаномашин	266
8.2. Информационная функция нуклеиновых кислот в асSEMBЛИРОВАНИИ бионаномашин	269
8.3. Рибосома как информационно-управляемый кано асSEMBЛЕР	274
8.4. Компактность хранения информации в ДНК	278
Глава 9. Бионаноэнерг етика	280
9.1. Энергопитание бионаномашин	280

9.2. Функциональная роль топливных молекул в биосистемах	282
9.3. Поглощение света специализированными малыми молекулами в биосистемах	286
9.4. Бионаноэлектрические цепи переноса электронов	289
9.5. Электропроводность и перенос заряда в ДНК	294
9.6. Электрохимический градиент на биомембранах как источник энергопитания бионаносистем	296
Глава 10. Бионанотрансформации и регулирование	299
10.1. Особенности химических нанотрансформаций	299
10.2. Принципы химических нанотрансформаций в биосистемах	306
10.3. Функциональные особенности регуляции бионаносистем	312
10.4. Функциональные особенности аллостерической регуляции	313
10.5. Функциональные особенности регуляции бионаносистем ковалентными модификациями	317
Глава 11. Биоматериалы	321
11.1. Спиральное ассемблирование биоматериалов	322
11.2. Функциональные особенности формирования фибриллярных микроструктур	330
11.3. Биоминерализация тканей	336
11.4. Функциональные особенности формирования эластичных биоматериалов	345
11.5. Функциональные особенности формирования адгезивных биоматериалов	348
Глава 12. Бионанотранспорт	353
12.1. Функциональные особенности строения линейных АТФ-моторов	353
12.2. Функциональные особенности строения вращательных моторов	361
12.3. Применение броуновского решета для использования энергии теплового движения	370

12.4. Функциональные принципы трансмембранного транспорта	373
12.5. Функциональные принципы действия мембранных АВС-транспортёров	376
12.6. Функциональные принципы действия протонной помпы бактериородопсина	379
Глава 13. Биомолекулярная сенсорика и саморепликация	383
13.1. Функциональные принципы биомолекулярной сенсорики	383
13.2. Функциональные особенности светосенсорик	385
13.3. Функциональные особенности механочувствительности	386
13.4. Бактериальный механизм детектирования химического градиента	388
13.5. Принцип саморепликации в бионанотехнологии	389
13.6. Бионанотехнология машинной фазы вещества	393
Раздел 4. Использование бионанотехнологии	401
Глава 14. Нанотехнологии	401
14.1. Белковая инженерия	401
14.2. Нестандартные аминокислоты	408
14.3. Пептидные нуклеиновые кислоты	412
14.4. Нанотехнология белковых S-слоёв	414
14.5. ДНК нанотехнологии для электроники	416
14.6. Фибриллярная металлизация	420
14.7. Молекулярные наноконтейнеры	425
Глава 15. Наномедицина	433
15.1. Задачи наномедицины	433
15.2. Иммунотоксины	436
15.3. Липосомы	438
15.4. Применение нанонитей для биологической детекции	443

Глава 16. Бионаноматериалы	450
16.1. ДНК-материалы	450
16.2. Молекулярные моторы	455
16.3. Перспективы бионакотехнологий	460
Список литературы	467