

№ 52

Н.М. Мурашова

# **Биология**

Биологические наноструктуры

Курс лекций

**№ 52**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра физической химии

Н.М. Мурашова

# **Биология**

Биологические наноструктуры

Курс лекций

Рекомендовано редакционно-издательским  
советом университета



Москва 2010

УДК 57:620.22-022.532  
М91

Рецензент  
канд. хим. наук *В.А. Филичкина*

**Мурашова, Н. М.**

М91 Биология: Биологические наноструктуры : курс лекций /  
Н. М. Мурашова. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2010. – 104 с.  
ISBN 978-5-87623-344-8

Рассмотрены основные классы биологических молекул, надмолекулярных ансамблей и наноструктур, их строение и основные функции; молекулярные основы приема и передачи информации в живых системах, биоэнергетики и метаболизма. Особенностью курса является ориентация на студентов технического, а не химического или медицинского вуза. Представляет интерес для широкого круга читателей.

Курс лекций предназначен для студентов специальности «Нанотехнология».

**УДК 57:620.22-022.532**

**ISBN 978-5-87623-344-8**

© Мурашова Н.М., 2010

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
Введение.....	6
1. Клетки и вирусы .....	10
2. Белковые нанообъекты.....	19
3. Углеводные наноструктуры.....	42
4. Липиды и биологические мембраны .....	48
5. Наноструктура и функции нуклеиновых кислот .....	59
6. Молекулярные механизмы восприятия, передачи и приема информации.....	71
7. Молекулярные механизмы превращения энергии и вещества в живых системах .....	87
8. Достижения и перспективы развития нанотехнологии в биологии и медицине .....	100
Библиографический список.....	103

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Нанотехнология является междисциплинарной областью знаний, использующей подходы и достижения физики, химии, биологии, материаловедения и компьютерного моделирования. Настоящие и будущие возможности нанобиотехнологии открывают широкие перспективы для медицины, экологии, биотехнологии, для создания новых материалов и устройств.

Специалист в области нанотехнологии и наноматериалов должен хорошо знать основы всех естественных наук и уметь применять их в своей научной и производственной деятельности. Поэтому стандартом специальности «Наноматериалы» для студентов предусмотрено изучение курса «Биология».

Данная дисциплина является базовой для направления подготовки дипломированных специалистов (инженеров) «Нанотехнология» в НИТУ МИСИС. Она является теоретической базой для специальных курсов и курсов по выбору, таких как «Биомедицинские нанотехнологии», «Наноматериалы медицинского назначения» и др. Особенностью курса «Биология» является, с одной стороны, ориентация на студентов технического, а не химического или медицинского вуза, а с другой стороны, направленность на нужды будущих специалистов в области нанотехнологии.

Цель изучения дисциплины – ознакомить студентов, обучающихся по направлению «Нанотехнология», с основами биологии и биологической химии, научить пониманию основных процессов в биологических системах, дать понятие о строении и функциях нанообъектов в живой природе, показать связь биологических наук и нанотехнологии. Полученные в ходе изучения курса «Биология» знания и навыки позволят специалистам в области нанотехнологии лучше понимать принципы создания и функционирования нанообъектов, ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии, а также успешно наладить сотрудничество с представителями медицинских и биологических наук.

В ходе изучения курса студенты научатся понимать принципы организации и функционирования биологических нанообъектов, различать основные классы биологических молекул, их строение и основные функции, понимать молекулярные механизмы восприятия, передачи и приема информации в живых системах, видеть перспективы

возможных биологических, медицинских и экологических приложений нанотехнологии.

При изучении каждого раздела курса дается большое число примеров строения и функционирования конкретных природных наноструктур. Такие примеры дают возможность студентам не только лучше усваивать пройденный материал, но и применить полученные знания о природных нанообъектах в ходе дальнейшей учебы и работы над созданием наноструктур, наноматериалов и наноустройств.

Разработанный курс «Биология» читается с 2005 года студентам 3 курса РХТУ им. Д.И. Менделеева и с 2006 г. – студентам 2 курса МИСиС, обучающимся по специальности «Наноматериалы». Опыт апробации дисциплины показал живой интерес к ней со стороны студентов, высокую посещаемость лекций и хорошую успеваемость.

Зав. кафедрой физической химии МИСиС,  
профессор Астахов М.В.

Зав. кафедрой наноматериалов и нанотехнологии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
член-корр. РАН Юртов Е.В.

## ВВЕДЕНИЕ

Если рассмотреть уровни организации материи на примерах некоторых объектов и сопоставить их с науками, которые изучают эти объекты, то станет видно, насколько широкий спектр объектов охватывают биологические науки и где именно возможно их пересечение с науками о наноматериалах (табл. В1). Примерами биологических наноструктур и наномашин являются вирусы, клеточные органеллы (например, жгутики и реснички, митохондрии, хлоропласты, рибосомы), надмолекулярные ансамбли (например, комплексы фермент-субстрат, гормон-рецептор) и многие другие. К наноматериалам биологического происхождения можно отнести клеточную стенку растений, сформированную целлюлозой и другими полисахаридами, фибриллярные белки кератин (из него состоит шерсть и волосы) и коллаген (из него состоят сухожилия).

*Таблица В1*

**Уровни организации материи и связь биологических наук с нанохимией и нанотехнологией**

			НАУКИ	Уровни организации материи	Примеры объектов	
<b>Ф И Л О С О Ф И Я</b>	<b>БИОХИМИЯ</b>	<b>БИОЛОГИЯ</b>	Астрономия	Вселенная	Вселенная	
				Галактика	Млечный путь	
				Звездная система	Солнечная система	
		Экология	Планета, ее биосфера	Биосфера Земли		
			Экосистема	Хвойный лес		
			Популяция	Зайцы в лесу		
		Ботаника Зоология Медицина		Организм	Заяц	
				Гистология	Орган, ткань	Глаз
					Клетка	Клетка сетчатки глаза
					Энзимология, Генная инженерия, <u>Нанохимия</u> , <u>Нанотехнология</u> , Супрамолекулярная химия	Органеллы, надмолекулярные структуры
					Молекула	Родопсин
					Атом	Углерод
Физика	Элементарные частицы				Электрон	

Полученные знания пригодятся специалисту для того, чтобы видеть перспективы возможных биологических, медицинских и экологических приложений наноматериалов, самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной медицинским и биологическим приложениям нанотехнологии, понимать логику живых наносистем и творчески применять ее в профессиональной деятельности.

В науке уже давно существует особый раздел, посвященный подражанию природе в ее творениях и творческому переносу идей живой природы в технику и технологию. Такая наука получила название *биомиметика* (греч. *bios* – жизнь и *mimesis* – подражание). Благодаря наблюдению за живыми существами создано уже множество приспособлений и механизмов – начиная от застежки «липучки» до подвесных мостов и радаров. Изучение биологических наноструктур и творческое копирование их в технике представляют огромное и очень перспективное поле деятельности для нанотехнологов и специалистов в области создания наноматериалов.

В последнее время на стыке биологии, химии, физики и материаловедения появился еще один новый раздел науки и техники – *бионанотехнология* (или *нанобиотехнология*), сочетающий в себе как биологические, так и нанотехнологические подходы к созданию новых систем. На практике бионанотехнологии означают попытку совместить биологические молекулы и системы живой клетки с созданными человеком наноструктурами, т.е. живое с неживым. Особенно важное место в бионанотехнологии занимает разработка наноматериалов и наноустройств для медицины.

Цель данного курса – ознакомить студентов с основными классами биологических молекул и надмолекулярных ансамблей, дать понятие о строении и функциях наноструктур в живой природе, показать взаимосвязь биологических наук и нанотехнологии.

### **Элементный состав живых организмов**

В целом, элементный состав живых организмов, в том числе человека, соответствует элементному составу земной коры и резко отличается от состава внеземного вещества (табл. В2).

По количественному содержанию в живой материи химические элементы делят на несколько групп.

*Биогенные элементы* – элементы, из которых в основном построена живая материя: С, Н, N, О.

*Макроэлементы* – находятся в живых организмах в значительных количествах: S, P, Ca, Na, K, Mg, Cl, Mn, Fe, Cu.

*Микроэлементы* – находятся в живых организмах в крайне малых количествах, но важны и нужны для нормальной жизнедеятельности: Zn, Co, I, Se, Mo, Li, F, Si, Sn, Ni, Cr, V, B, As и др.

Таблица В2

**Содержание и функции некоторых элементов**

Химический элемент	Содержание в земной коре, % масс.	Содержание в организме человека, % масс.	Основные функции
C	0,35	18,0	Биогенный элемент, основа органических соединений
O	49,13	65,0	Биогенный элемент, входит в состав воды и большинства органических соединений
P	0,12	1,0	Структурный компонент костей и зубов, входит в состав АТФ и клеточных мембран (в виде фосфолипидов)
Ca	3,25	2,0	Структурный компонент в тканях зубов и костей. Необходим для свертывания крови и синаптической передачи нервного импульса
Fe	4,2	0,004	Входит в состав ряда белков – гемоглобина и миоглобина (перенос кислорода), цитохромов (окислительное фосфорилирование)
I	$1 \cdot 10^{-4}$		Необходим для нормальной работы щитовидной железы
F	0,08		Структурный компонент зубной ткани
Co	$2 \cdot 10^{-3}$		Входит в состав витамина В <sub>12</sub>

Построенные в основном из биогенных элементов *биомолекулы* делят на два основных класса:

- малые молекулы (молекулярная масса менее 1 кДа, т.е. менее 1000 а. е. м.). Это сахара, жирные кислоты, аминокислоты, нуклеотиды, витамины, гормоны, органические кислоты и др.
- биополимеры (молекулярная масса от 1 до 1000 кДа, т.е. от 1000 до 1 000 000 а. е. м.). Это нуклеиновые кислоты – ДНК и РНК, белки, полисахариды, липиды.

### **Особая роль воды в живых системах**

Масса воды в среднем составляет около 90 % массы живой клетки. Вода – основа жизни, жизнь возникла в воде (или на границе воды с твердым веществом) и без воды невозможна. Функции воды:

- растворитель для многих биомолекул, солей и т.д.;
- образует водородные связи, тем самым участвует в образовании и поддержании биологических структур;
- донор электронов и протонов, т.е. участвует в химических реакциях;
- за счет высокой теплоемкости и высокой теплоты испарения позволяет поддерживать температуру живых организмов постоянной.

Для человека минимальная потребность в воде в сутки составляет 1,7 л. Недостаточное поступление воды в организм или избыточная ее потеря приводит к обезвоживанию, что сопровождается сгущением крови. Недостаток в организме воды в объеме 20 % массы тела приводит к летальному исходу.