

## **Составной курс «Нанобиоматериалы»**

Сем. 7, общ кол час – 54; отв. проф. Н.Л.Клячко

Курс рассматривает теоретические основы построения и функционирования природных и искусственных бионаносистем, а также практические аспекты получения, свойств и применения нанобиоматериалов.

### **II.1.1. Спецкурс «Нанобиоматериалы на основе белков и пептидов», 16 часов**

*доц. Е.В.Родина, проф. И.Н.Курочкин*

Белки привлекают внимание нанотехнологов благодаря таким свойствам, как возможность самоорганизации в регулярные наноструктуры, специфичность связывания лигандов, возможность химической модификации. Лекции включают обзор природных и инженерных наноструктур на основе белков и пептидов и областей их применения. Обсуждаются возможности получения и использования гибридных наноматериалов с участием белков и пептидов.

#### Лекция 1.

Наноструктуры на основе белков и пептидов. Принципы образования белковых комплексов. Олигомеризация и агрегация белков. Примеры природных супрамолекулярных белковых ансамблей. Инженерия наноструктур заданной архитектуры на основе белков и пептидов.

#### Лекция 2.

Белковые капсулы и их применение. Капсулы на основе ферритина; шаперонов; вирусных капсидов. Использование в качестве реакторов для синтеза небелковых наноматериалов; в качестве контейнеров для доставки лекарств. Направленная модификация капсул.

#### Лекция 3.

Другие белковые наносистемы и их применение. Филаменты цитоскелета. Пептидные нанотрубки. S-слои. Использование в качестве одномерных и двумерных матриц для самоорганизации нанообъектов.

#### Лекция 4.

Гибридные наноматериалы с участием белков и пептидов. Природные нанокомпозитные системы (костная ткань, соединительная ткань). Синтетические гибридные наноматериалы на основе белков и пептидов. Возможности использования в медицине и технике.

#### Лекция 5.

Эластомерные белки и возможности их использования в наномеханике. Модульные белки в природе. Титин, фибронектин. Строение и механические свойства. Механосенсорные системы. Инженерия модульных белков с заданными свойствами.

### **II.1.2. Спецкурс «Самособирающиеся наноструктуры на основе нуклеиновых кислот»**

*Проф. М.Б. Готтих, 12 час*

*ХФ, каф. ХПС*

В курсе ДНК-нанотехнология нуклеиновая кислота, используется как конструкционный материал, а не в качестве носителя генетической информации. Основная часть курса может быть разделена на две части. Первая часть посвящена структурной ДНК-нанотехнологии, рассматривающий принципы создания материалов, известные или предсказанные типы материалов на основе нуклеиновых кислот, вторая часть посвящена ДНК-нанотехнологиям, в основе которых лежат энзиматические функции нуклеиновых кислот.

Лекция 1. Нуклеиновые кислоты (НК). Принципы структурной организации. Триплексы. Квадруплексы. Кatenаны. Особенности структурной организации РНК: двухтяжевые РНК, вторичная и третичная структура одностежковых РНК. Неканонические взаимодействия. Шпильки, псевдоузлы, структурированные петли, молнии. Аптамеры.

Лекция 2. Методы синтеза НК. Методы определения последовательности НК: сиквенс по Сенгеру, по М.-Гилберту. Методы получения информации о структуре НК.

Лекция 3. Структурная ДНК-нанотехнология. Перекрест молекулы ДНК. Двухмерные поверхности. Сетки на основе ДНК-множеств: DX множества: дизайн и самосборка плоских кристаллов ДНК, модификации поверхности. ДНК нанотрубки: дизайн и характеристика, сравнение преимуществ и недостатков по отношению к углеродным нанотрубкам. Гибридные материалы.

Лекция 4. Материалы с пространственной организацией. Другие множества: на основе трех, шести угольников, возможность получения трехмерных материалов. ДНК-оригами, а именно создание поверхности из одной нити НК, модулированной короткими НК. ДНК полиэдры.

Лекция 5. ДНК наномеханические устройства ( ДНК-нанороботехника). Устройства на основе «молекулярных пинцетов». Основа волнообразного движения. Виды топлива ДНК-нанороботов: свето-, рН-зависимые и температуро-зависимые системы.

Лекция 6. Контроллеры на основе ДНК: принцип работы. Первые «компьютеры» на их основе: MAYAI и MAYAII. Стратегия развития. Функциональная ДНК-нанотехнология. ДНКзимы. Общие определения и свойства. Принципы создания материалов с использованием ДНКзимов. Молекулярные моторы и другие устройства на основе ДНКзимов. Рибозимы и их возможное использование.

Литература.

При составлении курса использованы материалы оригинальных статей по этой тематике:

1. Winfree, Erik; Liu, Furong; Wenzler, Lisa A. & Seeman, Nadrian C. (6 August 1998). "Design and self-assembly of two-dimensional DNA crystals". *Nature* 394: 529–544.
2. Shih, William M.; Quispe, Joel D.; Joyce, Gerald F. (12 February 2004). "A 1.7-kilobase single-stranded DNA that folds into a nanoscale octahedron". *Nature* 427: 618–621.
3. Goodman, R.P.; Schaap, I.A.T.; Tardin, C.F.; Erben, C.M.; Berry, R.M.; Schmidt, C.F.; Turberfield, A.J. (9 December 2005). "Rapid chiral assembly of rigid DNA building blocks for molecular nanofabrication". *Science* 310 (5754): 1661–1665

4.Yurke, Bernard; Turberfield, Andrew J.; Mills, Allen P., Jr; Simmel, Friedrich C. & Neumann, Jennifer L. (10 August 2000). "A DNA-fuelled molecular machine made of DNA". Nature 406.

6.Mao, Chengde; Sun, Weiqiong; Shen, Zhiyong & Seeman, Nadrian C. (14 January 1999). "A DNA Nanomechanical Device Based on the B-Z Transition". Nature 397: 144–146.

7.Yan, Hao; Zhang, Xiaoping; Shen, Zhiyong & Seeman, Nadrian C. (3 January 2002). "A robust DNA mechanical device controlled by hybridization topology". Nature 415: 62–65.

### **II.1.3. Спецкурс «Наноструктуры на основе поверхностно-активных веществ и липидов»**

*проф. Н.Л.Клячко, 4 часа*

Обсуждаются способы получения наноматериалов на основе самособирающихся структур из поверхностно-активных веществ (липидов) и биокатализаторов, особенности функционирования ферментов, задаваемые наличием матриц наноразмеров.

### **II.1.4. Спецкурс «Наноструктуры биологической мембраны»**

*проф. Г.В.Максимов, 4 часа*

БФ, каф. Биофизики

Детально обсуждаются наноструктуры биологической мембраны: липидные (монослой, бислои), белковые (в т.ч. рецепторы, каналы, АТФазы), особенности фазовых переходов в мембранных системах, особенности наноструктур, лежащих в основе электрических и рецепторных свойств клетки.

### **II.1.5. Спецкурс «Наноструктуры на основе полимеров»**

*Проф. А.А.Ярославов, 4 часа*

Обсуждаются способы получения наноматериалов на основе самособирающихся структур на основе полимеров.

### **II.1.6. Спецкурс «Синтез наноструктур с помощью вирусов и микроорганизмов».**

*н.с. Зиновкин Р.А., 8 часов*

ФББ

Обсуждаются вопросы использования вирусов для наноконструирования: химическая и генетическая модификация вирусов и вирусоподобных частиц, синтез гибридных наноматериалов на основе вирусных частиц. Обсуждаются виды микроорганизмов, способных к синтезу наноматериалов, вопросы практического применения наноматериалов, синтезированных в живых организмах.

Лекция 1.

Особенности строения вирусов: палочковидные и икосаэдрические вирусы. Вирусы, используемые в нанотехнологии.

Использование вирусов для наноконструирования: химическая и генетическая модификация вирусов и вирусоподобных частиц. Методические подходы к модификации вирусных структурных белков. Примеры модификации вируса мозаики цветной капусты: присоединение пептидов, белков, антител, редокс-активных молекул, олигонуклеотидов, квантовых точек, наночастиц и нанотрубок.

#### Лекция 2.

Использование вирусов для создания гибридных наноматериалов: нанопровода и ячейки памяти на основе ВТМ, литий-ионные аккумуляторы на основе фага M13. Использование вирусов в качестве биотемплатов для создания упорядоченных наноструктур.

#### Лекция 3.

Вирусные наноструктуры в медицине (получение антител и вакцин; наноконтейнеры; адресная доставка лекарств) и биологии (идентификация биомолекул и поиск аффинных мишеней). Принцип метода генетической комбинаторики (phage display, biopanning), создание полупроводников с помощью фагового скрининга. Токсичность и иммуногенность фитовирусных наночастиц. Нерешенные проблемы использования вирусных наночастиц.

#### Лекция 4.

Виды микроорганизмов, способных к синтезу наноматериалов. Особенности метаболизма магнетобактерий, позволяющие синтезировать наноматериалы. Модификация микроорганизмов для синтеза наноматериалов. Синтез полупроводниковых материалов в генетически измененных микроорганизмах. Использование модифицированных бактерий для доставки наноматериалов в живую клетку. Практическое применение наноматериалов, синтезированных в живых организмах.

#### Список литературы:

1. Применение вирусных структур в качестве инструментов нанотехнологий // Атабеков И.Г. // Российские нанотехнологии, 2008, Том 3, стр. 132-141.
2. Nanobiotechnology: BioInspired Devices and Materials of the Future // Edited by Oded Shoseyov & Ilan Levy. – Humana Press, 2008.
3. Bionanotechnology: Lessons from Nature // David S. Goodsell. – Wiley-Liss, Inc., 2004.
4. Viruses and Nanotechnology. // Edited by Manchester, Marianne & Steinmetz, Nicole F. – Springer Berlin Heidelberg, Series: Current Topics in Microbiology and Immunology, Vol. 327, 2009.
5. Synthesis of magnetite nanoparticles for bio- and nanotechnology: genetic engineering and biomimetics of bacterial magnetosomes // Lang C, Schüler D, Faivre D. // Macromolecular Bioscience, 2007, Vol. 7, pp 144-51.
6. <http://magneticliquid.narod.ru/authority/437.htm>
7. <http://him.1september.ru/2004/07/1.htm>