

# **ВВЕДЕНИЕ В БИОФИЗИКУ**

**лекция № 1**

# Аннотация курса «Биофизика»

**Дисциплина входит в учебный цикл:** БЗ - Профессиональный цикл

**Дисциплина входит в модуль ООП:**

## **Обеспечивающие (предшествующие) дисциплины**

Информатика, Математические методы и модели в биологии, Органическая химия, Физика, Физиология человека и животных, Физическая химия, Цитология и гистология

## **Обеспечиваемые (последующие) дисциплины**

Биофизическая химия

## **Цель дисциплины**

Последовательное изложение современных основ биофизики; формирование у студентов умения анализировать процессы и явления, наблюдаемые в биологических системах на разных уровнях организации, и объяснять их, используя основные законы физики и химии

## **Задачи дисциплины**

- обеспечение усвоения теоретических основ биофизики: кинетики, термодинамики, математического моделирования биологических процессов, молекулярной биофизики;
- анализ основных биологических процессов (транспорт веществ через биомембраны, биоэлектrogenез, действия белков и ферментов, преобразование энергии в клетке, регуляция сложных биологических систем) и их молекулярных механизмов;
- выявление единства в многообразии биологических явлений;
- ознакомление с современными методами биофизических исследований: математическим моделированием, абсорбционной, флуоресцентной, инфракрасной спектроскопией, спектроскопией кругового дихроизма, ЯМР, ЭПР.

### Положение дисциплины в учебных планах и распределение часов по видам нагрузки

Форма обучения	Дневная первое высшее основная программа
Курс	3
Семестр	5
Курсовая работа (проект)	
Контрольная работа (для з/о)	
Форма промежуточной аттестации	3
Аудиторных всего	54
Лекции	18
Практики	0
Лабораторные	36
Самостоятельная работа студентов	18
Перезачтено, переаттестовано	0
Изучено	72
Экзамен	0
Всего	72
ЗЕТ	2

Л1.1	<b>Биофизика как наука. История и методология биофизики</b>
Л1.2	<b>Кинетика биологических процессов. Математические модели</b>
Л1.3	<b>Термодинамика биологических процессов. Изменение энтропии в открытых системах. Связь энтропии и информации в биологических системах</b>
Л1.4	<b>Молекулярная биофизика. Особенности структурно-функциональной организации биомакромолекул, методы ее изучения</b>
Л1.5	<b>Динамические свойства биополимеров. Роль конформационной подвижности в функционировании белков и нуклеиновых кислот</b>
Л1.6	<b>Структура и функционирование биологических мембран</b>
Л1.7	<b>Биоэлектрические потенциалы</b>
Л1.8	<b>Биоэнергетика. Механизмы преобразования энергии в процессе окислительного фосфорилирования</b>
Л1.9	<b>Биофизика фотобиологических процессов. Механизмы преобразования энергии в процессе фотосинтеза</b>
Л1.10	<b>Радиационная биофизика. Электромагнитные излучения и поля в природе, технике и жизни человека</b>
	<b>Лабораторная работа</b>
Р1.1	<b>Анализ количественных закономерностей развития биологических процессов</b>
Р1.2	<b>Абсорбционная спектроскопия. Спектры поглощения аминокислот и белков</b>
Р1.3	<b>Определение концентрации биологических веществ спектрофотометрическим методом</b>
Р1.4	<b>Кинетика ферментативных реакций. Определение активности ферментов. Расчет кинетических параметров реакций</b>
Р1.5	<b>Базы данных информации о структуре белков и приемы работы с ними</b>
Р1.6	<b>Флуоресцентная спектроскопия, инфракрасная спектроскопия, спектроскопия кругового дихроизма в исследовании биомолекул</b>
Р1.7	<b>Исследование ионогенных групп белков методом кислотно-щелочного титрования на примере гемоглобина</b>
Р1.8	<b>Электрические свойства возбудимой клетки</b>
Р1.9	<b>Действие ионизирующих излучений на биологические объекты</b>

## Учебная литература (основная)

- 1) Рубин, Андрей Борисович Биофизика [Текст] : учеб. / А. Б. Рубин. - 3-е изд., испр. и доп.. - М. : Изд-во МГУ : Наука. - (Классический университетский учебник). Т. 1 : Теоретическая биофизика. - 2004. - 448 с. : ил.
- 2) Рубин, Андрей Борисович Биофизика [Текст] : учеб. / А. Б. Рубин. - 3-е изд., испр. и доп.. - М. : Изд-во МГУ : Наука. - (Классический университетский учебник). Т. 2 : Биофизика клеточных процессов. - 2004. - 469 с. : ил.
- 3) Ярмоненко, Самуил Петрович. Радиобиология человека и животных : учеб. пособие / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. - М. : Высш. шк., 2004. - 549 с. : ил.
- 4) Нолтинг, Б. Новейшие методы исследования биосистем / Б. Нолтинг; пер. с англ. Н. Н. Хромова-Борисова. - М. : Техносфера, 2005. - 256 с.. - (Мир биологии и медицины)
- 5) Основы физики и биофизики : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 310800 "Ветеринария" и 310700 "Зоотехния" / А.И. Журавлев, А.С. Белановский, В.Э. Новиков [и др.] ; под ред. засл. деят. науки РФ, д.б.н., проф
- 6) Бёккер, Ю. Спектроскопия [Электронный ресурс] / Бёккер Ю.. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2009. - 528 с.. - (Мир химии) Полный текст находится в ЭБС "Университетская библиотека онлайн".

## Учебная литература (для углубленного изучения)

- 1) Биофизика для инженеров [Текст] : учеб. пособие / Е. В. Бигдай [и др.] ; под ред. С. П. Вихрова, В. О. Самойлова. - М. : Горячая линия-Телеком, 2008 - . Т. 1 : Биоэнергетика, биомембранология и биологическая электродинамика. - 2008. - 493 с.. - (Учебн
- 2) Биофизика для инженеров [Текст] : учебник / Е. В. Бигдай [и др.]. - М. : Горячая линия-Телеком, 2008 - . Т. 2 : Биомеханика, информация и регулирование в живых системах. - 2008. - 456 с.. - (Учебное пособие для высших учебных заведений). - Библиогр.:
- 3) Беккер, Юрген. Спектроскопия / Ю. Беккер ; пер. с нем Л. Н. Казанцева. - М. : Техносфера, 2009. - 527 с.. - (Мир химии). - Библиогр.: с. 507-523
- 4) Практикум по радиобиологии : учеб. пособие / Н. П Лысенко [и др.]. - М. : КолосС, 2007. - 399 с.. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений)
- 5) Джексон, Мейер Б. Молекулярная и клеточная биофизика [Текст] / М. Джексон ; пер. с англ. под ред. д-ра хим. наук А. П. Савицкого и д-ра биол. наук А. И. Журавлева. - М. : Мир : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 551 с. : ил., табл. ; 25. - Библиогр.: с. 5
- 6) Ризниченко, Галина Юрьевна Лекции по математическим моделям в биологии [Текст] / Г. Ю. Ризниченко. - М. : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". Ч. 1 : Описание процессов в живых системах во времени. - 2002. - 232 с.
- 7) Сидоренко, Владимир Михайлович. Молекулярная спектроскопия биологических сред : учеб. пособие / В. М. Сидоренко. - М. : Высш. шк., 2004. - 191 с. : ил.. - Библиогр.: с. 190

- 8) Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках / И. Тиноко, К. Зауэр, Д. Вэнг, Д. Паглиси ; пер. Е. Р. Разумовой. - М. : Техносфера, 2005. - 743 с. - Библиогр.: с. 742-743
- 9) Уэй, Том А.. Физические основы молекулярной биологии : учеб. пособие / Т. Уэй. - Долгопрудный : Изд. Дом Интеллект, 2010. - 363 с.
- 10) Гросберг, Александр Юльевич. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики / А. Ю. Гросберг, А. Р. Хохлов ; пер. А. А. Аэров. - Долгопрудный : Изд. Дом Интеллект, 2010. - 303 с. - Библиогр.: с. 300-303
- 11) Нанобиотехнологии : практикум / ред. А. Б. Рубин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 384 с. : ил. - (Нанотехнологии). - Библиогр. в конце ч. и разд.
- 12) Иваницкий, Генрих Романович. Вирази закономерностей [Текст] : правило БИО - стержень науки / Г. Р. Иваницкий ; РАН, Ин-т теорет. и экспер. биофизики, Пущинский гос. ун-т. - М. : Наука, 2011. - 326, [1] с. : ил. - Библиогр. в примеч.
- 13) Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноструктурах / ред.: Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. - М. ; Ижевск : Ин-т компьютерных исслед. : Регулярная и хаотическая динамика (R&amp;C dynamics), 2010. - 447 с. : ил., табл. - (Биофизика. Мате
- 14) Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров : [сборник] / отв. ред. В. А. Иванов, А. Л. Рабинович, А. Р. Хохлов. - М. : URSS, 2010. - 662, XX, [4] л. цв. ил. с. + 24 см. - Библиогр. в конце гл.
- 15) Физические методы исследования неорганических веществ : учеб. пособие / Под ред. А. Б. Никольского. - М. : Академия, 2006. - 448 с. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки)

## Ресурсы в сети Интернет

- 1) NCBI (The National Center for Biotechnology Information) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>. - Загл. с экрана.
- 2) EMBL-EBI (European Bioinformatics Institute) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.ebi.ac.uk>. - Загл. с экрана.
- 3) ExPASy (Expert Protein Analysis System) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.brenda-enzyme.org>. - Загл. с экрана.
- 4) MolviZ "Top 5" (The "Top 5" 3D Molecular Visualization Technologies) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.umass.edu:80/microbio/chime/top5.htm>. - Загл. с экрана.
- 5) NCBI Structure (Molecular Modelling Database) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/structure/index.shtml>. - Загл. с экрана.
- 6) CMS MBR (CMS Molecular Biology Resource) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://mbcf.dfc.harvard.edu/cmsmbr/>. - Загл. с экрана.
- 7) Photobiological sciences online [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.photobiology.info>. - Загл. с экрана.
- 8) The Bioluminescence Web Page [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biolum.eemb.ucsb.edu/>. - Загл. с экрана.
- 9) Биофизика.ru Взгляд на живое глазами физиков [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.biophys.ru/>. - Загл. с экрана.
- 10) Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://window.edu.ru>. - Загл. с экрана.



11) Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>. - Загл. с экрана.

12) Узденский А. Б. Биоэнергетические процессы: учебное пособие Ростов-н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2011 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241180&sr=1>. - Загл. с экрана.

13) Бескровная Е. В., Мосур Е. Ю. Количественный спектрофотометрический анализ. Лабораторный практикум Омск: Омский государственный университет, 2010 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237627&sr=1>. - Загл. с экрана.

14) Рубин А.Б. Биофизика [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.library.biophys.msu.ru/rubin/>. - Загл. с экрана.

15) Полезные ссылки в области биофизики [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.biophys.msu.ru/rus/links/>. - Загл. с экрана.

16) Кафедра биофизики Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.biophys.msu.ru/>. - Загл. с экрана.

17) Биофизика. Часть 1. Молекулярная биофизика [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://bio-phys.narod.ru/>. - Загл. с экрана.

18) Фундаментальные физические постоянные [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biophys.ru/reference/64-for-use/372-phys-constant>. - Загл. с экрана.

19) Биофизика.ru Взгляд на живое глазами физиков [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biophys.ru/>. - Загл. с экрана.

20) Финкельштейн А.В. Введение в физику белка [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: [http://phys.protres.ru/lectures/protein\\_physics/](http://phys.protres.ru/lectures/protein_physics/). - Загл. с экрана.

21) Спектроскопические методы в биофизике и экологии [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://genphys.phys.msu.su/rus/edu/sc/karavaev.pdf>. - Загл. с экрана.

22) Новиков К. Н. , Котелевцев С. В. , Козлов Ю. П. Свободно-радикальные процессы в биологических системах при воздействии факторов окружающей среды М.: Российский университет дружбы народов, 2011 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115740&sr=1>. - Загл. с экрана.

23) Ерофеев Н. П. , Захарова Л. Б. , Парийская Е. Н. Физиология возбудимых мембран : практикум по физиологии для студентов медицинских факультетов университетов и вузов: учебное пособие СПб: СпецЛит, 2012 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=104910&sr=1>. - Загл. с экрана.

24) Никиян А. , Давыдова О. Биофизика: конспект лекций Оренбург: ОГУ, 2013 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259291&sr=1>. - Загл. с экрана.

25) Самойлов В. О. Медицинская биофизика: учебник для вузов СПб: СпецЛит, 2013 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253912&sr=1>. - Загл. с экрана.

26) Современные проблемы биохимии : Методы исследований: учебное пособие Минск: Вышэйшая школа, 2013 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235695&sr=1>. - Загл. с экрана.

27) Ярышев Н. Г. , Панкратов Д. А. , Токарев М. И. , Камкин Н. Н. , Родякина С. Н. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе М.: Прометей, 2012 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=212909&sr=1>. - Загл. с экрана.

28) Антонова Т. В. Практикум по спектрофотометрическому анализу: учебное пособие Омск: Омский государственный университет, 2008 [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237514&razdel=257>. - Загл. с экрана.

# ВОПРОСЫ:

- Предмет и задачи биофизики
- История биофизики
- Становление и развитие биофизики в России
- Методы биофизики
- Применение и современные направления развития биофизики

# 1. Предмет и задачи биофизики

- . Термин «биофизика» впервые использовал в 19 веке Пирсон.
- . Биофизика – наука, изучающая физические и физико-химические процессы, протекающие в биологических системах, а также влияние на них различных физических факторов.
- . Биофизика с помощью физических методов и подходов изучает живые организмы на различных уровнях организации.

**. Объект биофизики – живые системы в сравнении с неживой природой.**

**. Живой организм – это открытая, саморегулирующаяся, самовоспроизводящаяся и развивающаяся гетерогенная система, важнейшими функциональными веществами которой являются биополимеры: белки и нуклеиновые кислоты.**

# Характерные особенности живых систем:

- Высокая упорядоченность, дискретность и целостность, многоуровневая организация
- Способность к самовоспроизведению
- Способность к развитию в направлении усложнения организации
- Раздражимость
- Наличие обмена веществ с окружающей средой
- Способность к адаптации
- Биопотенциалы

## Основные признаки живой материи

- Питание. Пища – источник энергии и веществ, необходимых для роста и других процессов жизнедеятельности.
- Дыхание. В процессе дыхания происходит высвобождение энергии при расщеплении высокоэнергетических соединений. Высвобождаемая энергия запасается в молекулах АТФ.
- Раздражимость. Живые существа способны реагировать на изменение внешней и внутренней среды
- Подвижность. Живые организмы способны перемещаться из одного места на другое.
- Выделение. Это способность живых организмов к выведению из организма конечных продуктов обмена веществ.
- Размножение. Выживание определенного вида обеспечивается сохранением главных признаков родителей у потомства путем бесполого или полового размножения.
- Рост. Объекты неживой природы растут за счет присоединения вещества к наружной поверхности, а живые организмы – изнутри за счет питательных веществ которые организм получает в процессе питания.

# Принципы структуры живых организмов:

- **единство элементарного состава**
- **единство типов химических связей**
- **единство мембранного типа строения субклеточных органелл**
- **единство клеточного строения**
- **единство строения многоклеточных организмов**



# Принципы функционирования живых организмов:

- единство биохимических реакций и циклов
- единство дыхания
- единство движения
- единство наследования основных принципов структуры и функций

# Биофизика исследует живые системы на уровне

- ◆ молекул
- ◆ органелл
- ◆ отдельных клеток
- ◆ органов
- ◆ отдельных организмов
- ◆ популяций
- ◆ биоценозов
- ◆ экосистем

# ЗАДАЧИ БИОФИЗИКИ

- Изучение на молекулярном уровне структуры субклеточных образований и механизмов их функционирования
- Выяснение связей между структурой и функциональными свойствами биополимеров и других биологически активных веществ
- Выявление общих законов обмена веществ и энергии на уровне клетки и организма
- Исследование молекулярных механизмов мембранного транспорта, дыхания, подвижности
- Создание и теоретическое обоснование физ.-хим. методов исследования биообъектов

- **Физическое истолкование различных функциональных явлений (генерация и распространение нервного импульса, мышечное сокращение, рецепция, зрение, фотосинтез и др.)**
- **Моделирование сложных систем и предсказание их поведения**

# Разделы современной биофизики

Молекулярная  
биофизика

Биофизика  
клетки

Биофизика  
сложных систем

# Молекулярная биофизика

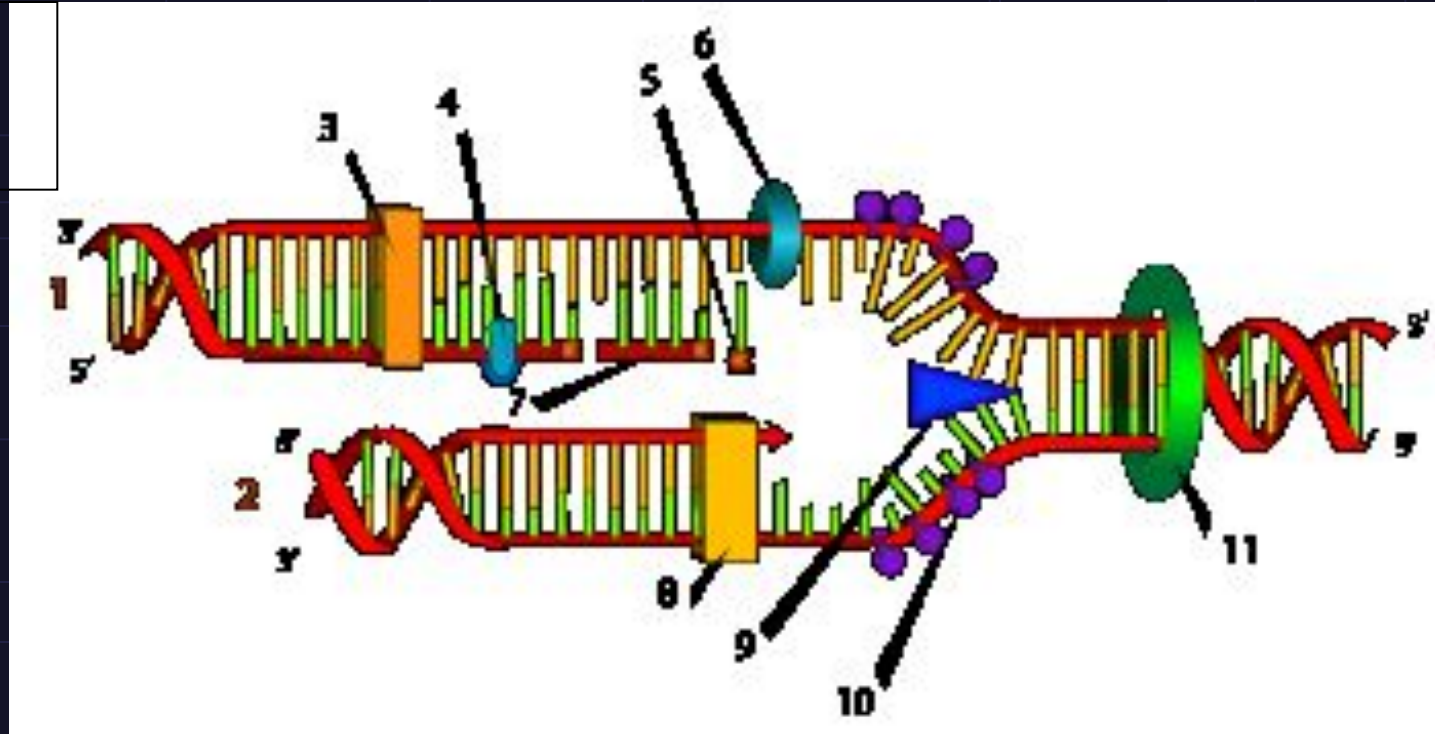
Исследует:

- **Строение и физ.-хим. свойства макромолекул и других биологически активных соединений**
- **Механизм работы биомолекул**
- **Взаимодействия молекул и их превращения**

Изучение взаимодействия биополимеров друг с другом, с малыми молекулами и ионами: хранение и передача наследственной информации, синтез и распад биополимеров, процессы обмена на всех уровнях организации

## Репликация ДНК

100 000 пар  
нуклеотидов  
в минуту



### Схема процесса репликации

(1) запаздывающая нить, (2) лидирующая нить, (3) ДНК полимераза (Pol $\alpha$ ), (4) ДНК лигаза, (5) РНК праймер, (6) ДНК праймаза, (7) фрагмент Оказаки, (8) ДНК полимераза (Pol $\delta$ ), (9) хеликаза, (10) одиночная нить со связанными белками, (11) топоизомераза

**Эрвин Шредингер**  
**«Что такое жизнь?**  
**Физический аспект живой клетки»**



**«Большой, важный и очень часто обсуждаемый вопрос заключается в следующем: как физика и химия могут объяснить те явления в пространстве и времени, которые происходят внутри живого организма?»**

**«Наиболее существенную часть живой клетки – хромосомную нить – можно с полным основанием назвать аperiodическим кристаллом»**

**«...периодические кристаллы... Они составляют одну из наиболее очаровательных и сложных структур, которыми неодушевленная природа приводит в замешательство интеллект физика. Однако по сравнению с аperiodическим кристаллом они кажутся несколько элементарными и скучными».**



**Нильс Бор**  
**«Свет и жизнь»**



**«Мы вынуждены принять, что собственно биологические закономерности представляют собой законы природы, дополнительные к тем, которые пригодны для объяснения свойств неодушевленных тел».**

# Биофизика клетки

Исследует физико-химические процессы, лежащие в основе жизнедеятельности клетки, и роль в них внутриклеточных, особенно, мембранных структур.

- ▣ Биофизика сократительных систем
- ▣ Биофизика проводимости
- ▣ Биофизика органов чувств

# Биофизика сложных систем

- исследует ткани, органы, организмы и их популяции, в том числе методом математического моделирования

## 2. История биофизики

I этап – начало XVII – середина XVIII вв.

накопление отдельных фактов, использование законов физики и метода аналогий для объяснения наблюдаемых явлений

II этап - середина XVIII – середина XX вв.

проведение экспериментов и определение физико-химических параметров живых организмов; использование законов физики и химии для объяснения сложных биологических явлений

III этап – середина XX в. до настоящего времени

разработка сложных биофизических методов исследования, выделение разделов биофизики, формирование терминов; для объяснения биологических процессов и явлений привлекают не только законы физики и химии, но и математики и биологии

## I этап – начало XVII – середина XVIII вв.

- 16 в – создание первого микроскопа (братья Янсоны)
- У. Гарвей (1578-1657) провел прямые наблюдения на людях и использовал учение о гидродинамике для исследования кровообращения
- 1637 г. - Р. Декарт дал описание устройства глаза как оптического прибора и механизма формирования зрительного восприятия
- А. ван Левенгук (1632-1723) – создал линзы с 160-кратным увеличением, которые были использованы для изучения простейших организмов
- Р. Гук (1635-1703) – усовершенствование микроскопа, установил клеточное строение растительной ткани
- Л. Эйлер (1707-1783) – учение о движении крови
- М.В. Ломоносов (1711-1765) – работы по термодинамике и цветному зрению

## I этап – начало XVII – середина XVIII вв.

- А.Л. Лавуазье (1743-1794) – доказал, что дыхание животных равнозначно окислению и горению веществ
- 1785 г. - Ш. Кулон исследовал действие электрических зарядов на человека и животных
- Л. Гальвани (1737- 1798) и А. Вольта (1745-1827) исследовали электрические явления у животных

## II этап - середина XVIII – середина XX вв.

- М. Шлейден (1838 г.), Т. Шван (1839 г.) - обосновали клеточную теорию
- Ю. Либих (1803-1873), М. Рубнер (1854-1932) – установили применимость 1 закона термодинамики к живым организмам
- У. Этуотер и Ф. Бенедикт в 1892-1897 гг. провели калориметрические исследования на животных и человеке
- Т. Юнг (1773-1829) – теория цветного зрения
- Ю.Р. Майер (1814-1878) – обосновал закон хранения энергии в живых организмах
- К. Матеуччи (1837 г.), Э.Г. Дюбуа-Реймон (1818-1896), Г. Гельмгольц, Ю. Бернштейн (1912) исследовали электрические явления в тканях живых организмов
- Л. Герман (1838-1914) высказал гипотезу об электрической природе распространения нервного импульса

## II этап - середина XVIII – середина XX вв.

- В. Пфедфер (1877 г.), Х. де Фриз (1884) - предложили мембранную гипотезу
- Р. Овертон (1902 г.) - сформулировал основные правила проникновения веществ в клетку
- Ж. Леб (1859-1924) - основоположник физико-химической биологии, исследовал роль различных ионов в биологических процессах
- Х. Шаде (1912) – работа о роли физико-химических явлений в различных заболеваниях
- В. Нернст (1864-1941) – ионная теория биоэлектрических явлений
- А. Хилл (1886-1977) – термодинамика мышечных сокращений
- А. Ходжкин, Дж. Эклс, А.Ф. Хаксли (1914 г.) - мембранная теория биоэлектrogenеза



### III этап – середина XX в. до настоящего времени

- 1961 г. - создание Международного союза теоретической и прикладной биофизики
- 1982 г. - первый Всесоюзный биофизический съезд в Москве

### 3. Становление и развитие биофизики в России

- 1725 г. – открытие Академии наук в Петербурге (Петр I)
- Л. Эйлер: движение крови по сосудам, ход лучей в глазу, теория слуха
- М.В. Ломоносов: сформулировал трехкомпонентную теорию цветного зрения, классификация вкусовых веществ, действие электрического тока на живые системы, предположение о воздушном питании растений
- И.М. Сеченов (1829-1905) исследовал растворимость газов в крови, природу биоэлектрических явлений
- Н.Е. Введенский (1852-1922) установил предельные ритмы возбудимых сред (нервов, мышц, ЦНС)

# Становление и развитие биофизики в России

- В.Ю. Чаговец (1873-1941) – обосновал теорию ряда биоэлектрических явлений
- 1919-1922 гг.– создан Институт биофизики (Москва) под руководством П.П. Лазарева
- П.П. Вавилов – изучение квантовой природы света (воздействие на глаз человека)
- С.В. Кравков, Б.Ф. Дерягин и др. - биофизика зрения
- П.П. Лазарев, П.Н. Беликов и др. – биофизика слуха
- М.Н. Шатерников – энергетический баланс человека, построил камеру для изучения обмена веществ и энергии
- А.А. Красновский (1913-1993), работая в Институте биохимии АН СССР (Москва), исследовал первичные механизмы и стадии фотосинтеза

1952 г. – Институт биофизики АН СССР (Г.М. Франк), в 1967 г. переведен в г. Пущино.

Исследования в области:

- молекулярной биофизики,
- биофизики клетки,
- радиобиологии,
- фотобиологии,
- радиоспектроскопии,
- электронной микроскопии,
- рентгеноструктурному анализу биополимеров,
- проблем регулирования и управления в биологических системах

Ленинград – научная школа по фотохимии и фотобиологии

Красноярск – Институт физики и биофизика АН СССР

1953 г. - проф. Б.Н. Тарусов организовал кафедру биофизики на биологическом факультете МГУ

Кафедры биофизики созданы в университетах Ленинграда, Воронежа, Красноярска, Нижнего Новгорода, Саратова

# 4. МЕТОДЫ БИОФИЗИКИ

## Методы анализа структуры и свойств биомолекул

### Прямые методы

дифракция рентгеновских лучей  
(рентгеноструктурный анализ)

прямая информация о пространственной структуре (расположении всех атомов в пространстве).  
Необходимы гомогенные, хорошо очищенные, кристаллические препараты вещества

### Непрямые методы исследования структуры и свойств

(позволяют изучать биомолекулы в растворе в условиях, когда их состояние и поведение приближено к нативному состоянию молекул в клетке)

электронная микроскопия

форма и размер макромолекул, упаковка субъединиц, расположение субъединиц в ассоциатах

электрофорез,  
седиментационный анализ,  
хроматография

чистота препарата, субъединичный состав, форма и размер макромолекул, молекулярная масса

**Абсорбционная  
спектроскопия  
(спектрофотометрия)**

**вторичная структура макромолекул,  
ионизация отдельных групп,  
контроль технологических процессов**

**Дифференциальная  
спектрофотометрия**

**конформационные изменения макромолекул**

**Инфракрасная  
спектроскопия  
(ИК-спектроскопия)**

**вторичная структура макромолекул  
изменение структуры макромолекул**

**Круговой дихроизм  
(КД-спектроскопия)**

**вторичная структура, связывание с лигандами**

**Спектроскопия  
комбинационного  
рассеяния**

**конформационные изменения макромолекул**

**Флуоресцентная  
спектроскопия  
(флуоресценция)**

**конформационные изменения макромолекул,  
подвижность групп и динамика структуры**

**ЯМР  
(ядерный магнитный  
резонанс)**

**конформация макромолекул, изменения структуры**

**ЭПР  
(электронный  
парамагнитный  
резонанс)**

**конформация макромолекул, подвижность групп**

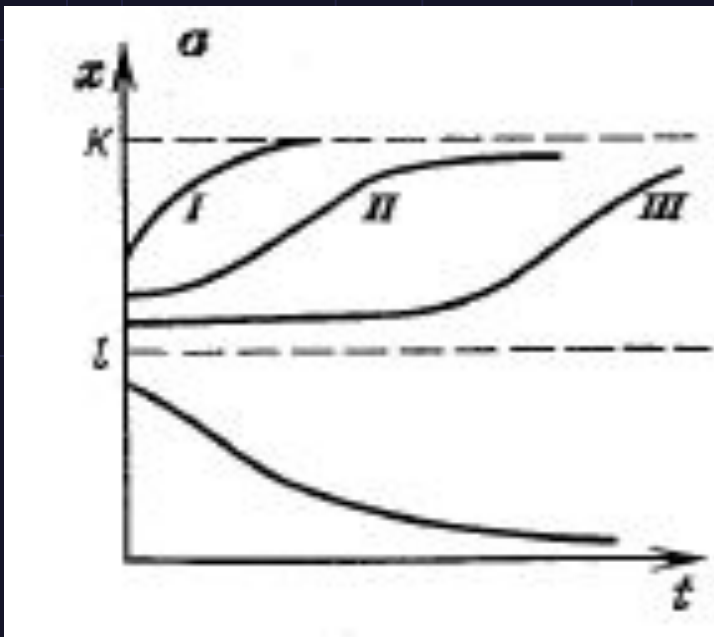
**Масс-спектрометрия**

**выявление и идентификация биомолекул,  
исследование структуры биомолекул**

# 5. ПРИМЕНЕНИЕ БИОФИЗИКИ

## 1. Моделирование биологических систем

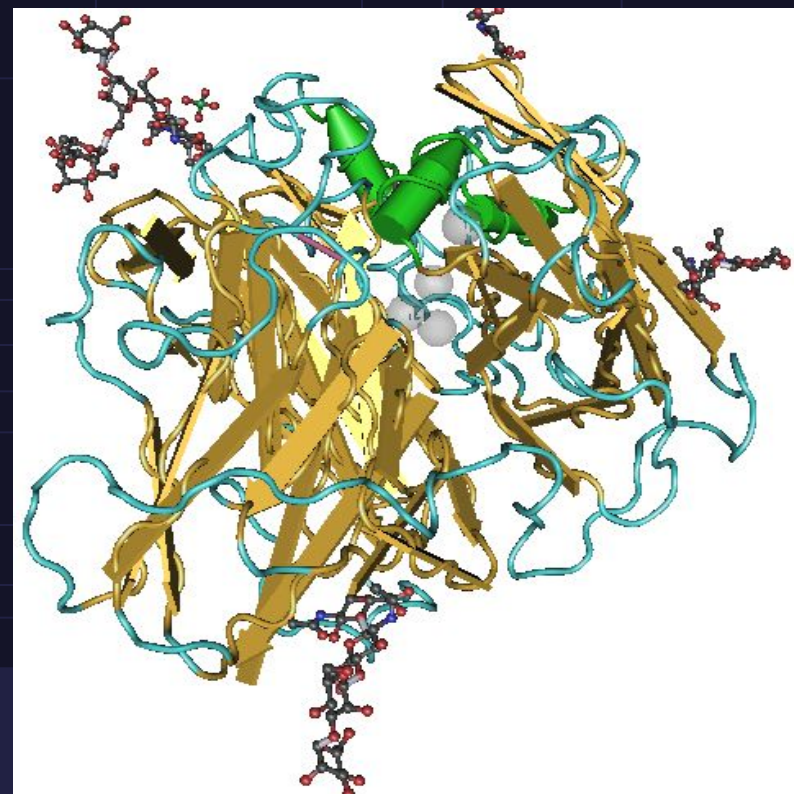
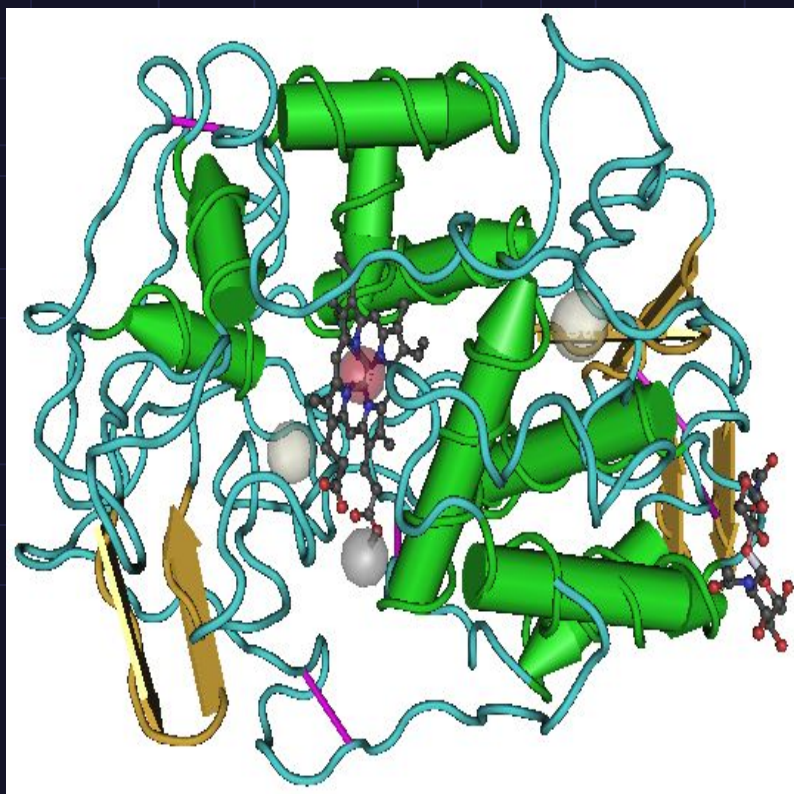
### а) математическое моделирование



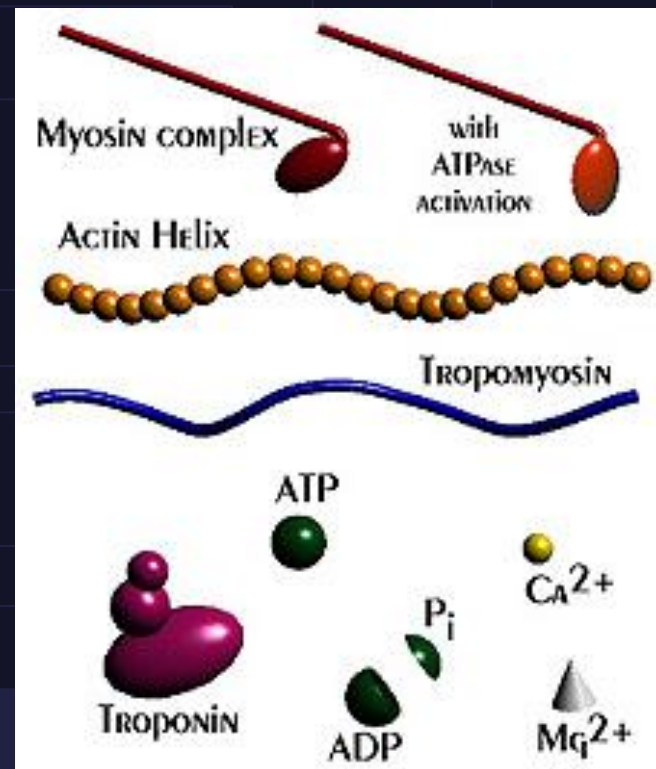
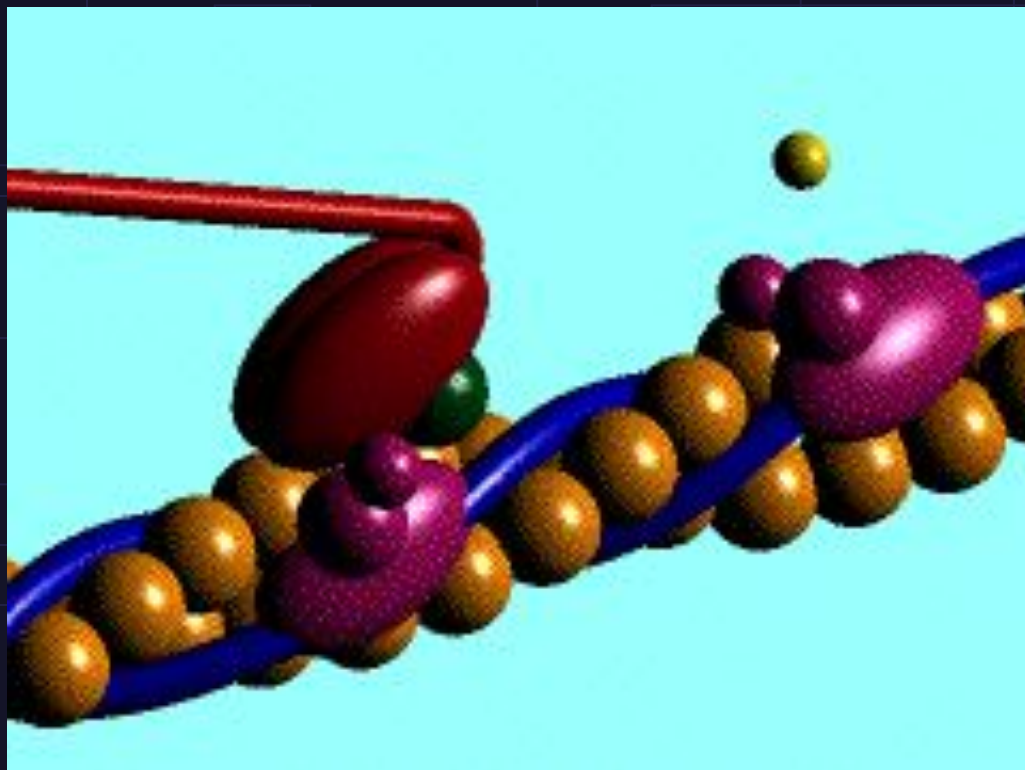
$$\dot{x} = a \frac{\beta x^2}{\beta + \tau x} - \gamma x - \sigma x^2$$



## б) моделирование структуры биомолекул

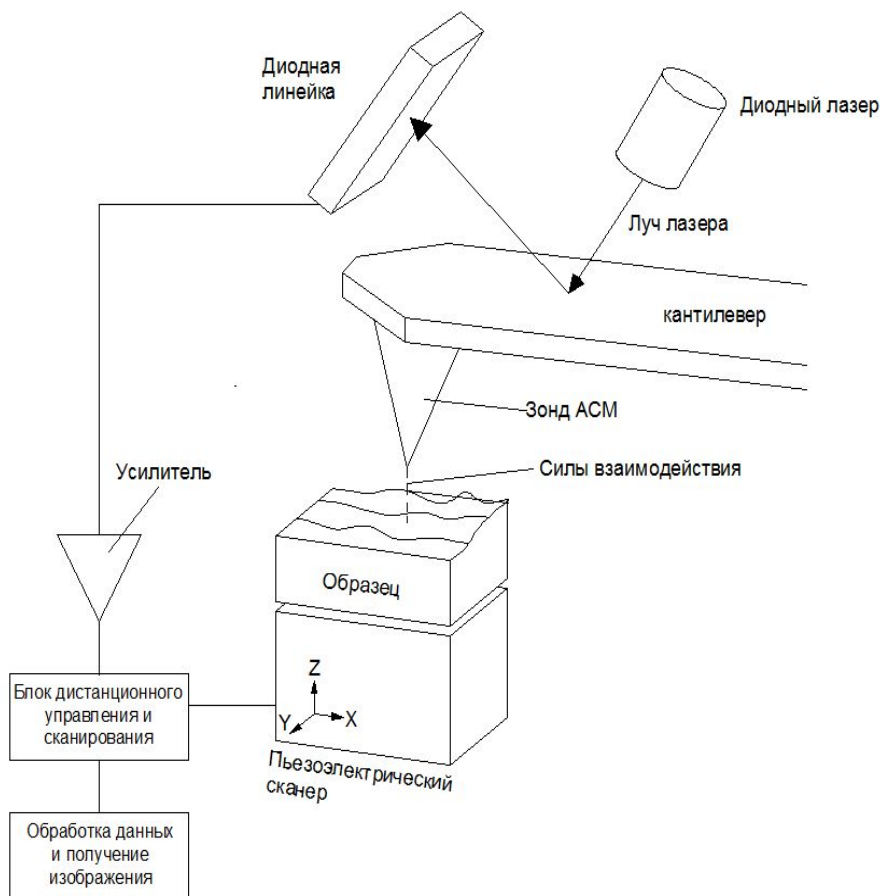


## в) Модели биологических явлений и процессов



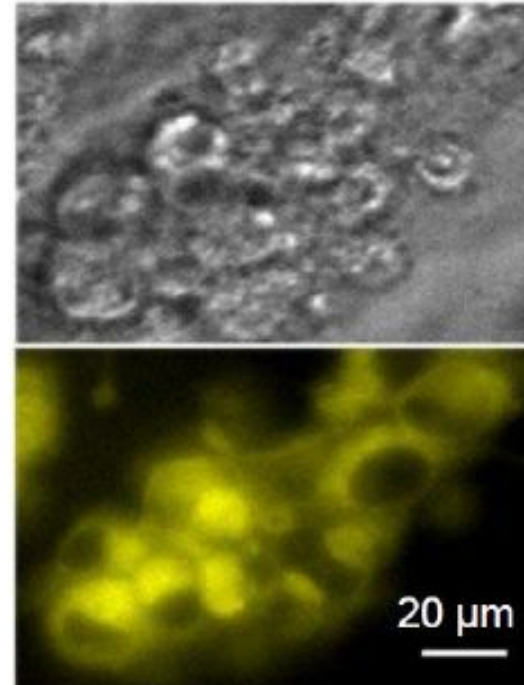
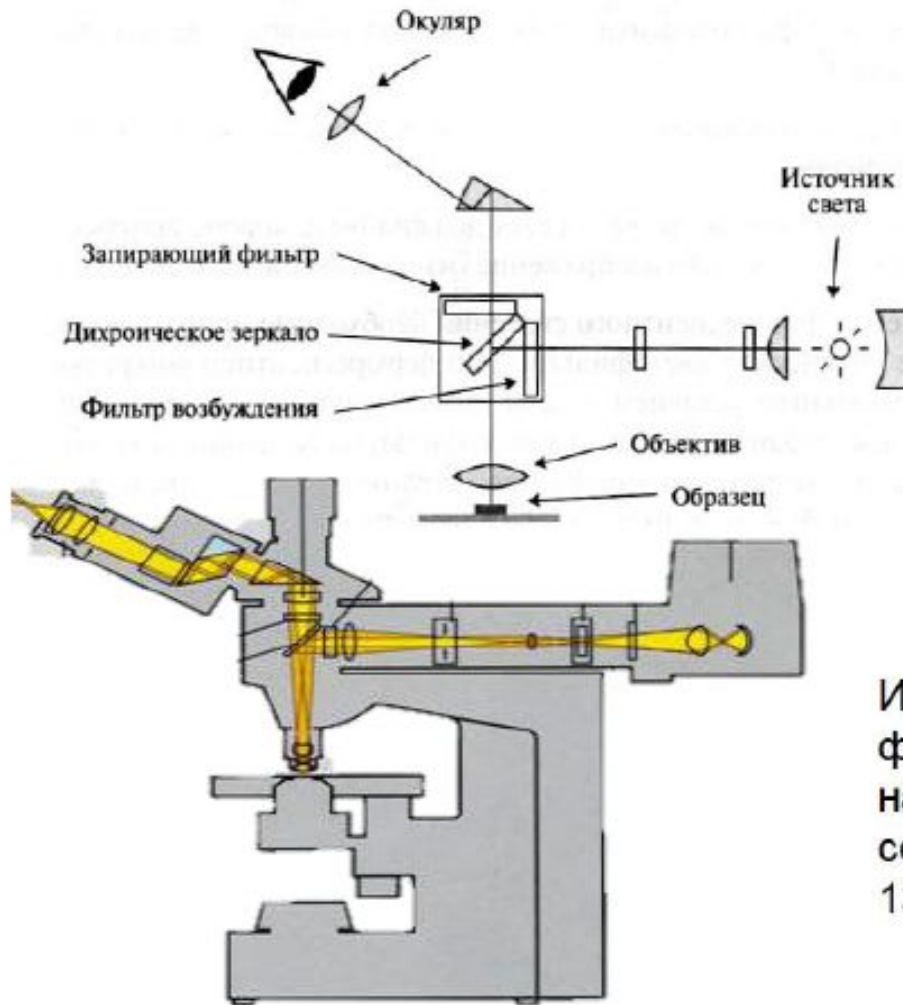
## 2. Методы исследования биообъектов (в том числе нанобиообъектов)

### атомно-силовая микроскопия



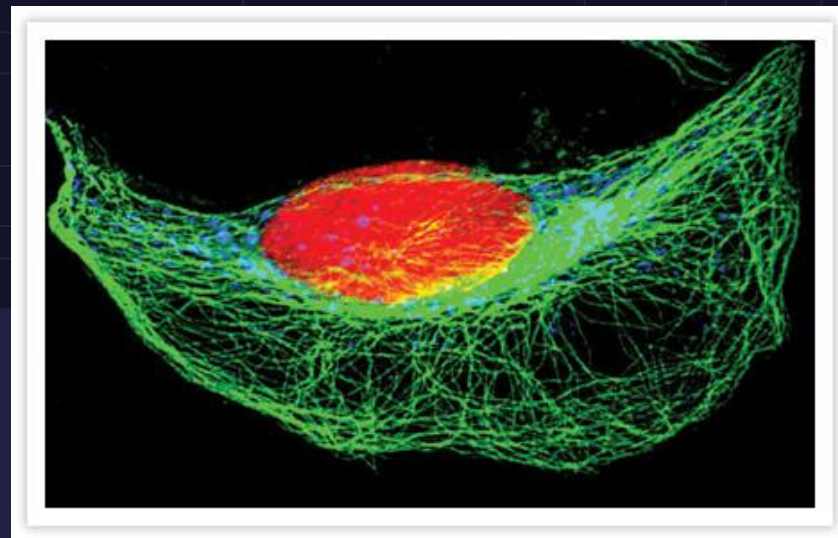
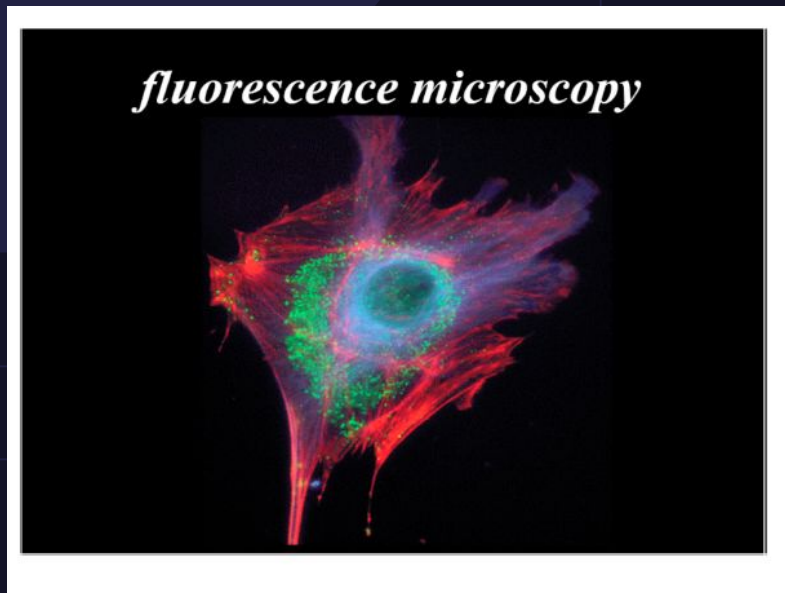
## 2. Методы исследования биообъектов (в том числе нанобиообъектов)

### Флуоресцентная микроскопия

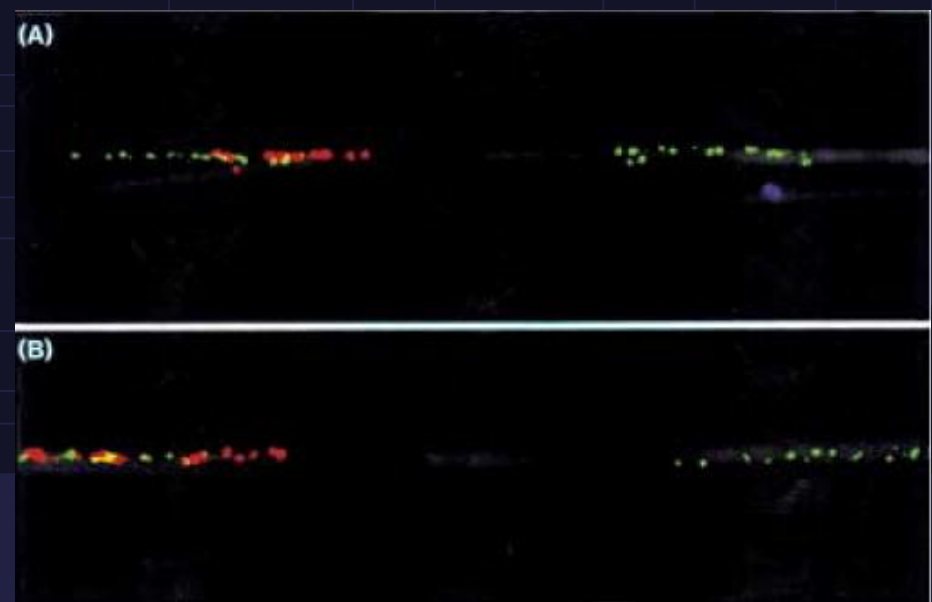
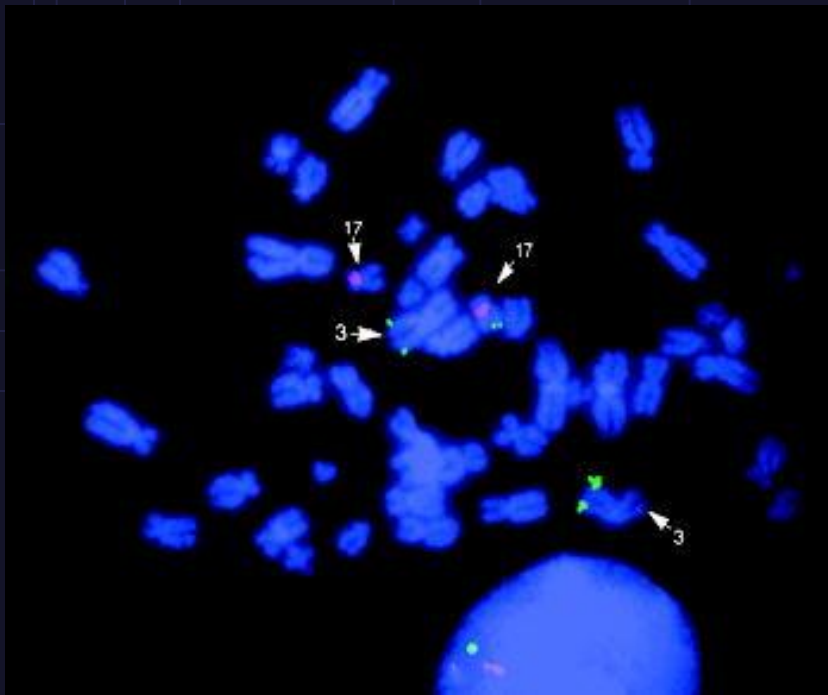
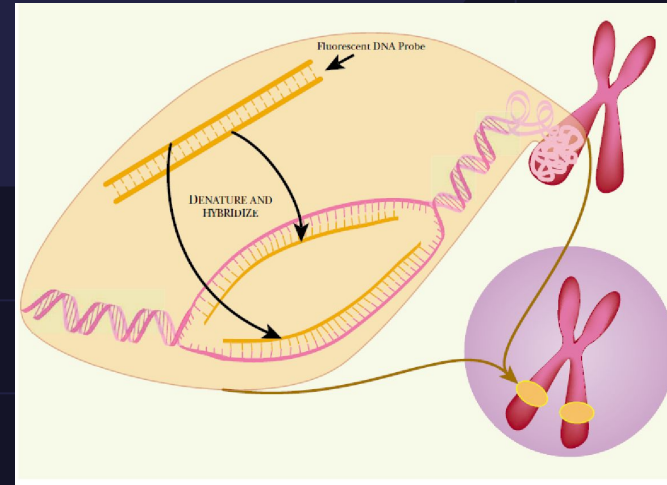
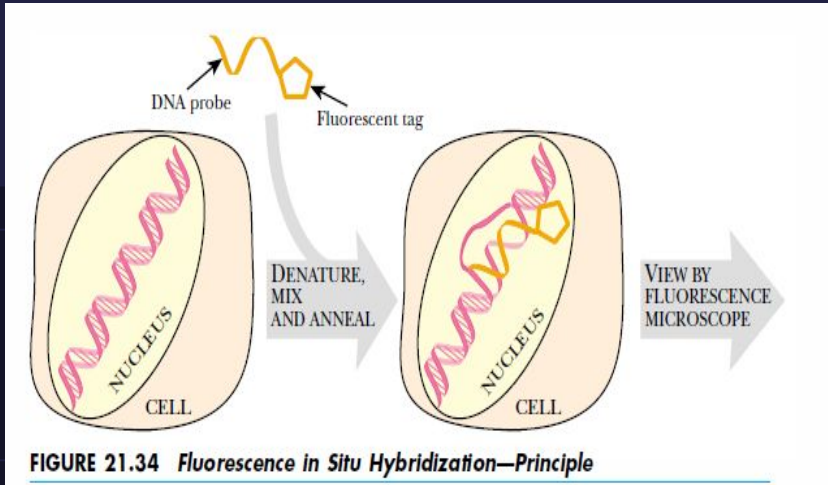


Изображение клеток в обычном и флуоресцентном микроскоп (после насыщения люминесцирующим составом). J. American Chemical Society 131, 10077–10082 (2009)

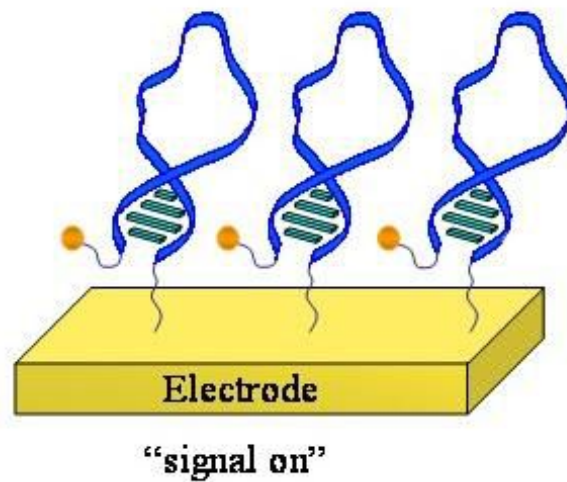
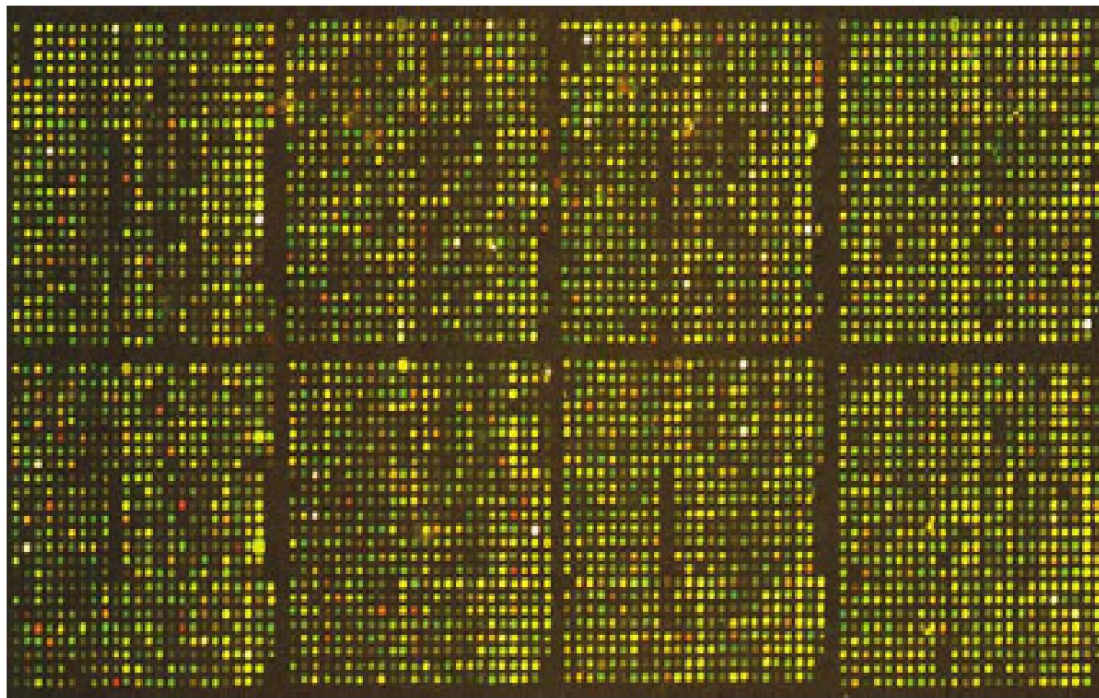
# Флуоресцентная микроскопия



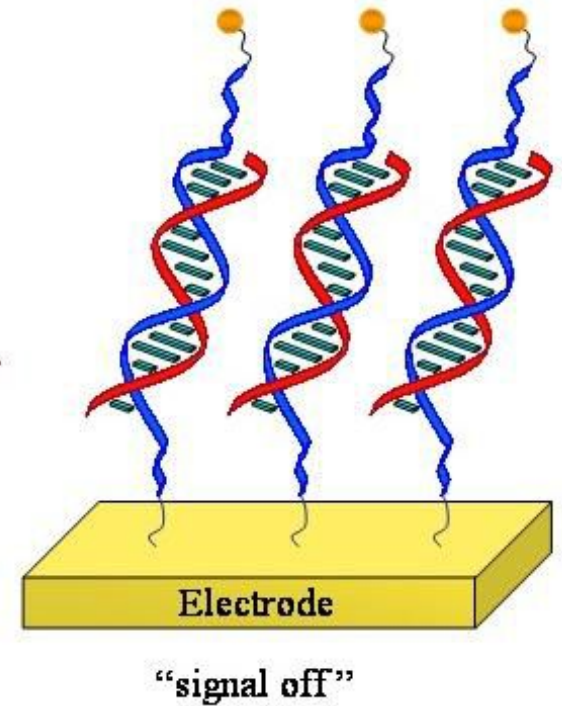
# Метод гибридизации *in situ* с применением флуоресцентных ДНК-зондов (fluorescence *in situ* hybridization, FISH)



# Исследование экспрессии генов в клетках



target  
DNA



# Исследование экспрессии генов в клетках





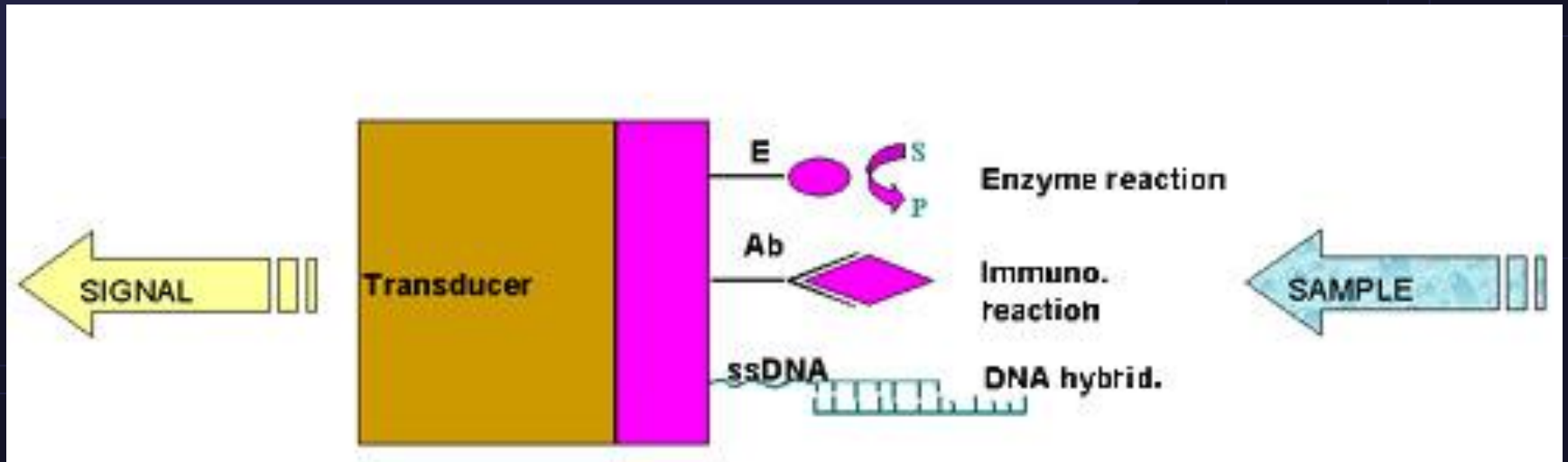
# Создание биочипов и молекулярных биосенсоров

Биосенсоры – это в высокой степени интегрированные устройства, включающие мембрану (не обязательно), биологический (ферменты, ткани, бактерии, дрожжи, антигены/антитела, липосомы, органеллы, рецепторы, ДНК) или биомиметический чувствительный элемент (рецептор или систему распознавания), первичный преобразователь сигнала и его усилитель.

Отвечают требованиям современного анализа – высокая чувствительность, избирательность, дешевизна, простота и экспрессность, миниатюрный размер.



# Создание биочипов и молекулярных биосенсоров



## Биоспецифическое комплементарное взаимодействие

фермент – субстрат  
фермент – ингибитор  
фермент – кофактор

рецептор – гормон  
транспортные белки – лиганды  
антитело – антиген

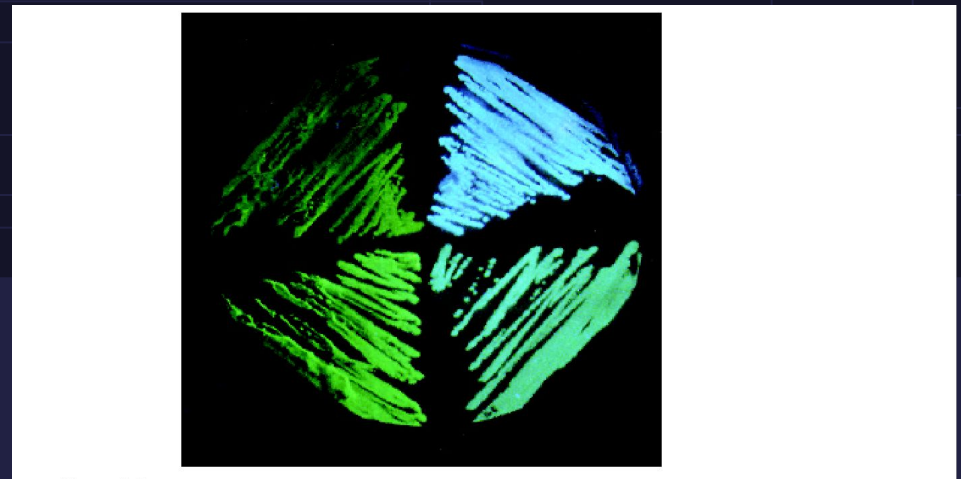
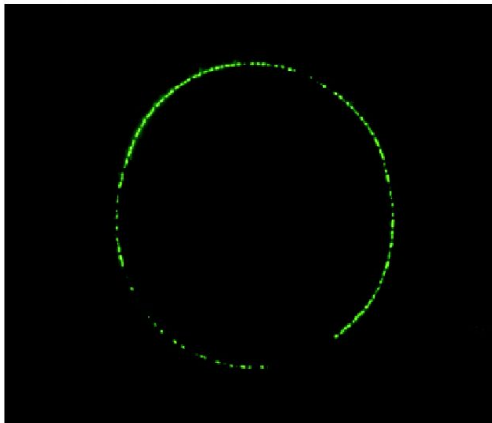
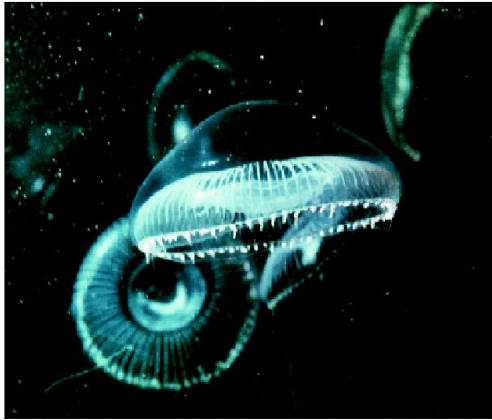
одноцеп. ДНК – компл. одноцеп. ДНК  
одноцеп. ДНК – мРНК

# Создание биочипов и молекулярных биосенсоров

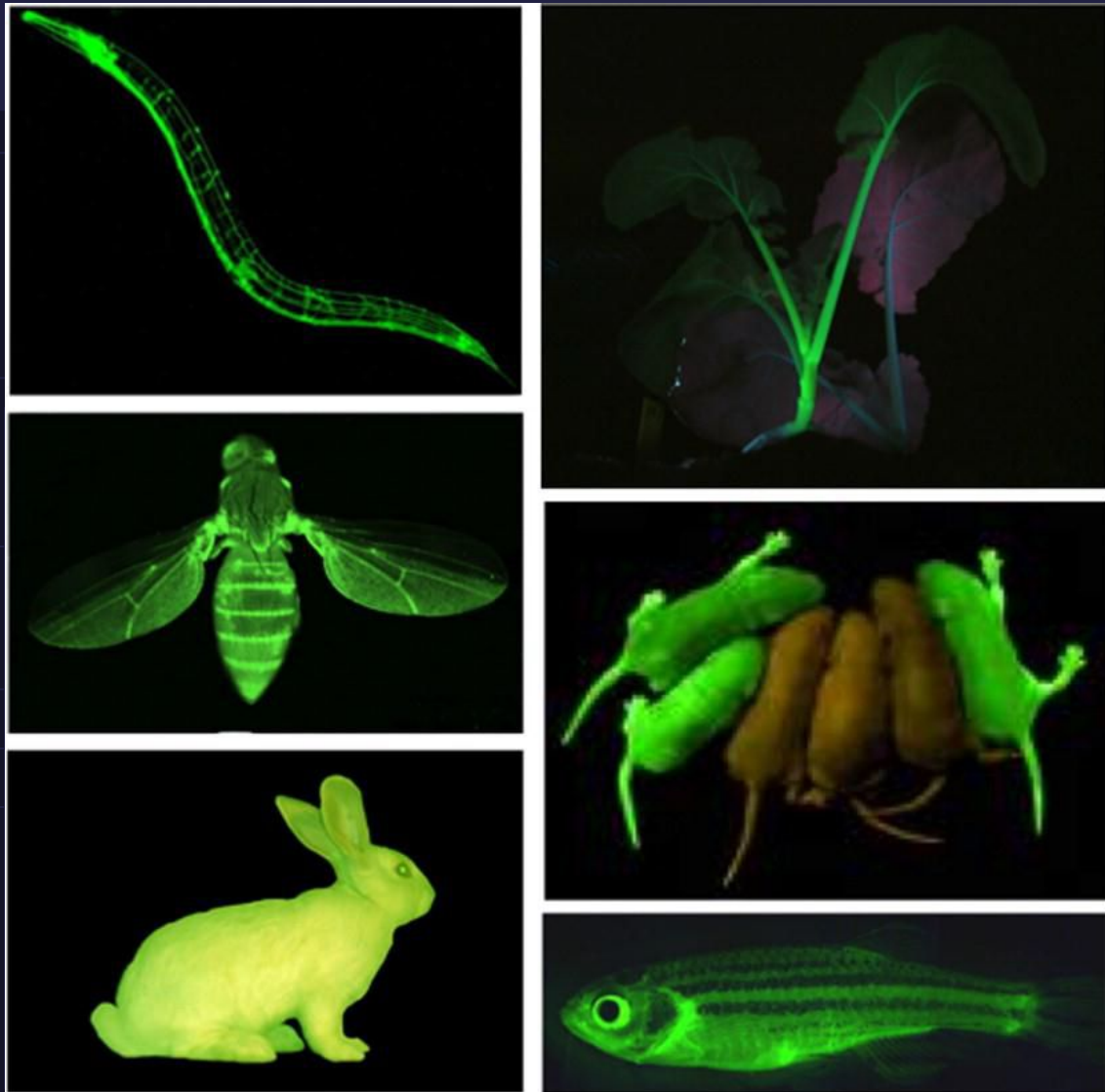


### 3. Визуализация биообъектов

GFP



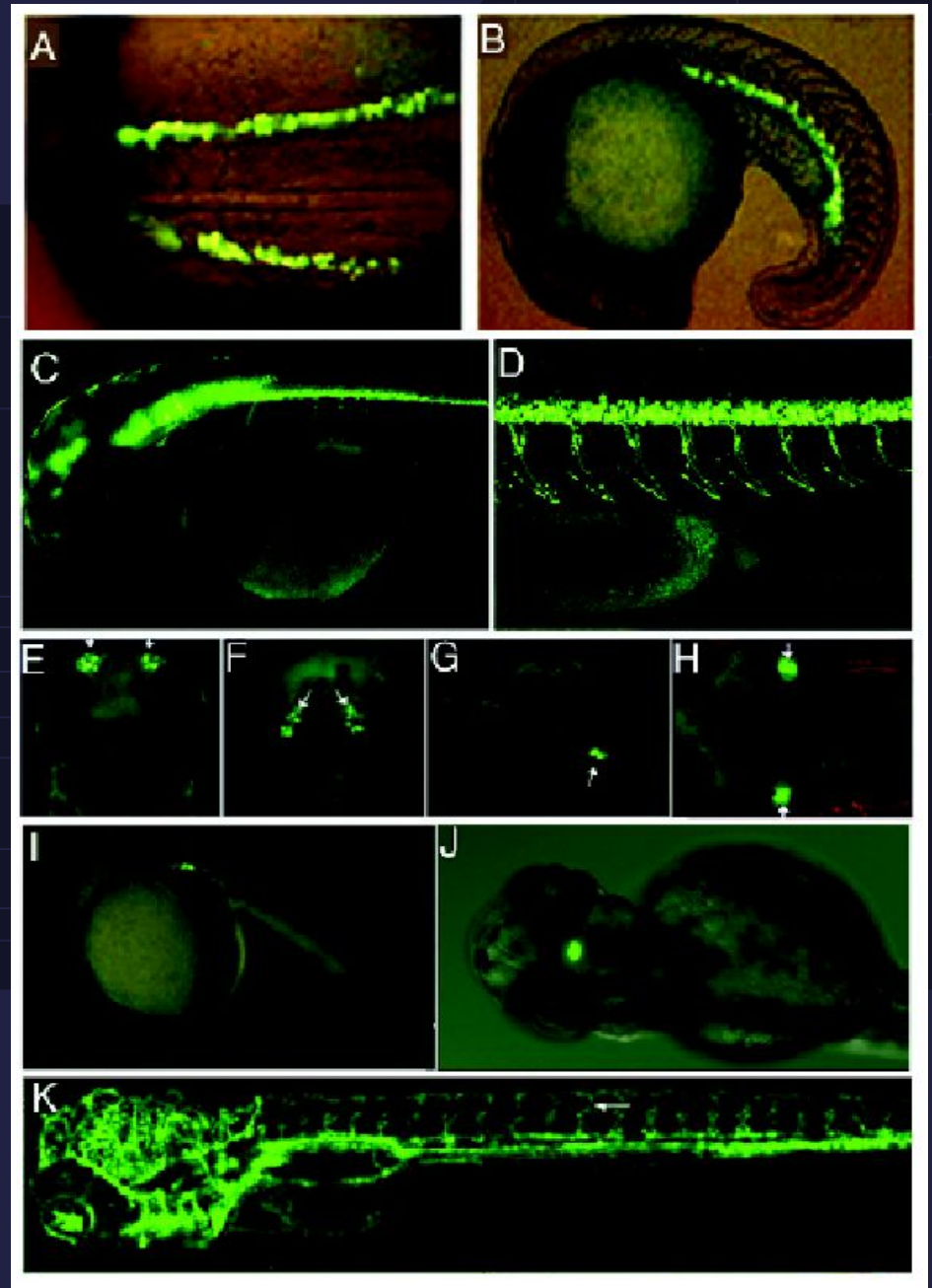
### 3. Визуализация биообъектов

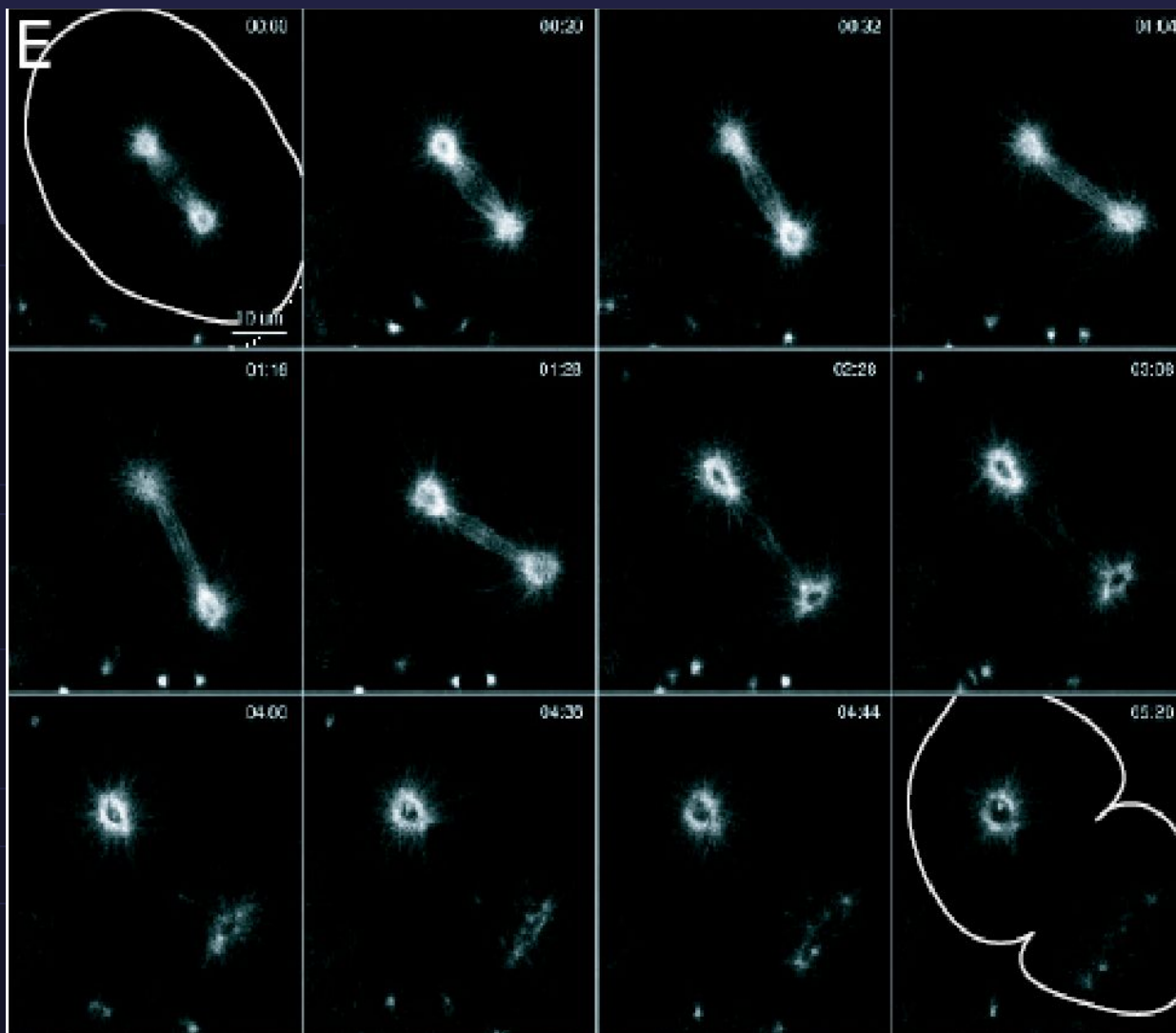


GFP

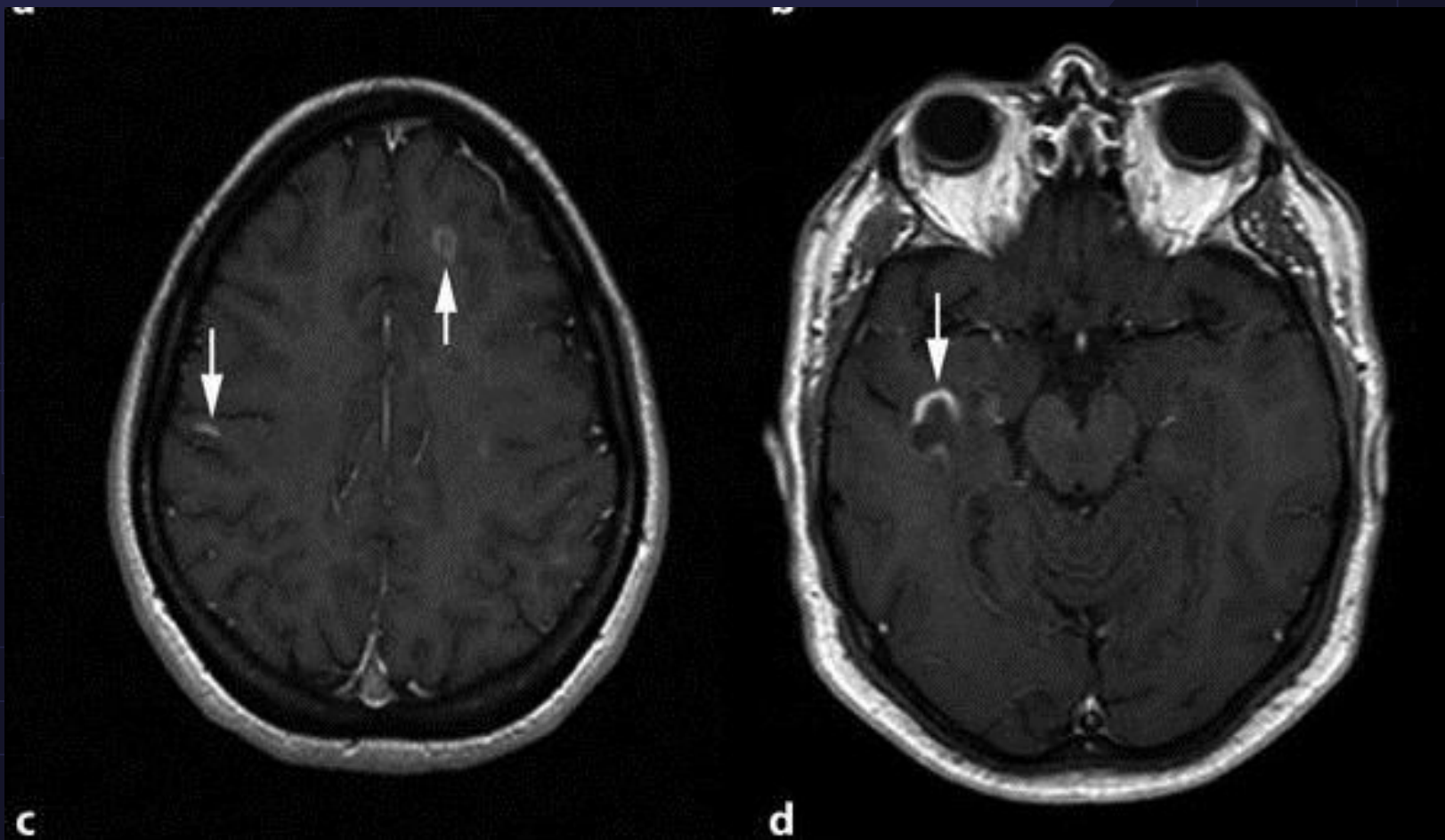
### 3. Визуализация биообъектов

GFP





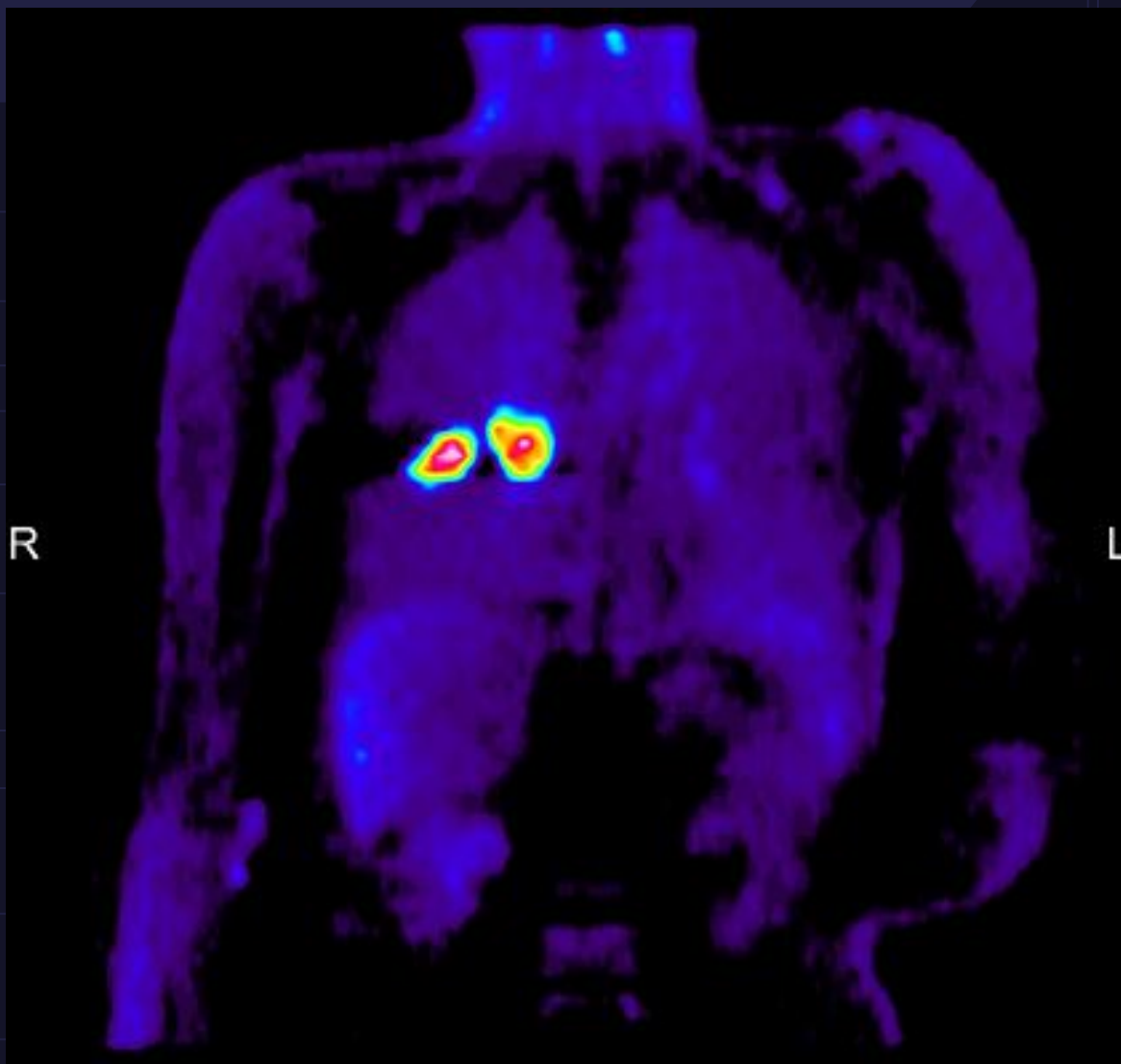
### 3. Визуализация биообъектов

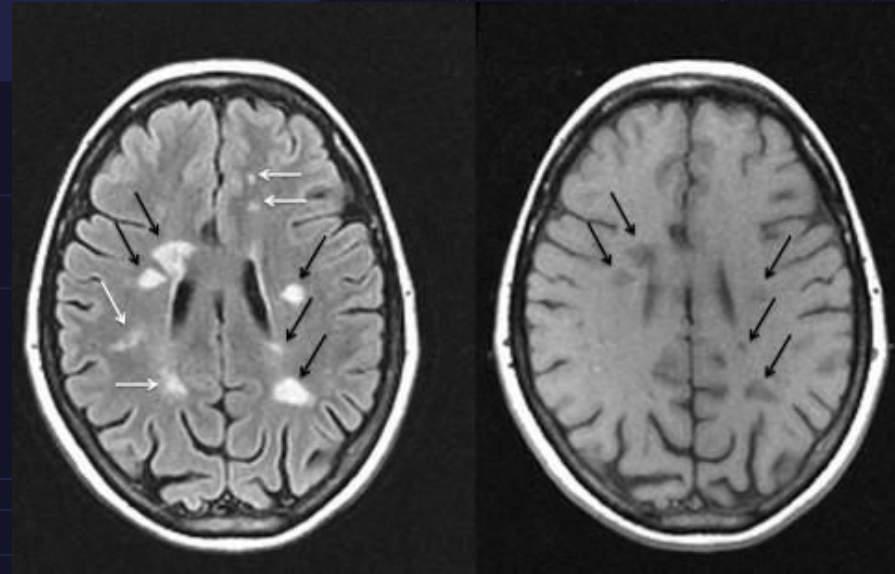
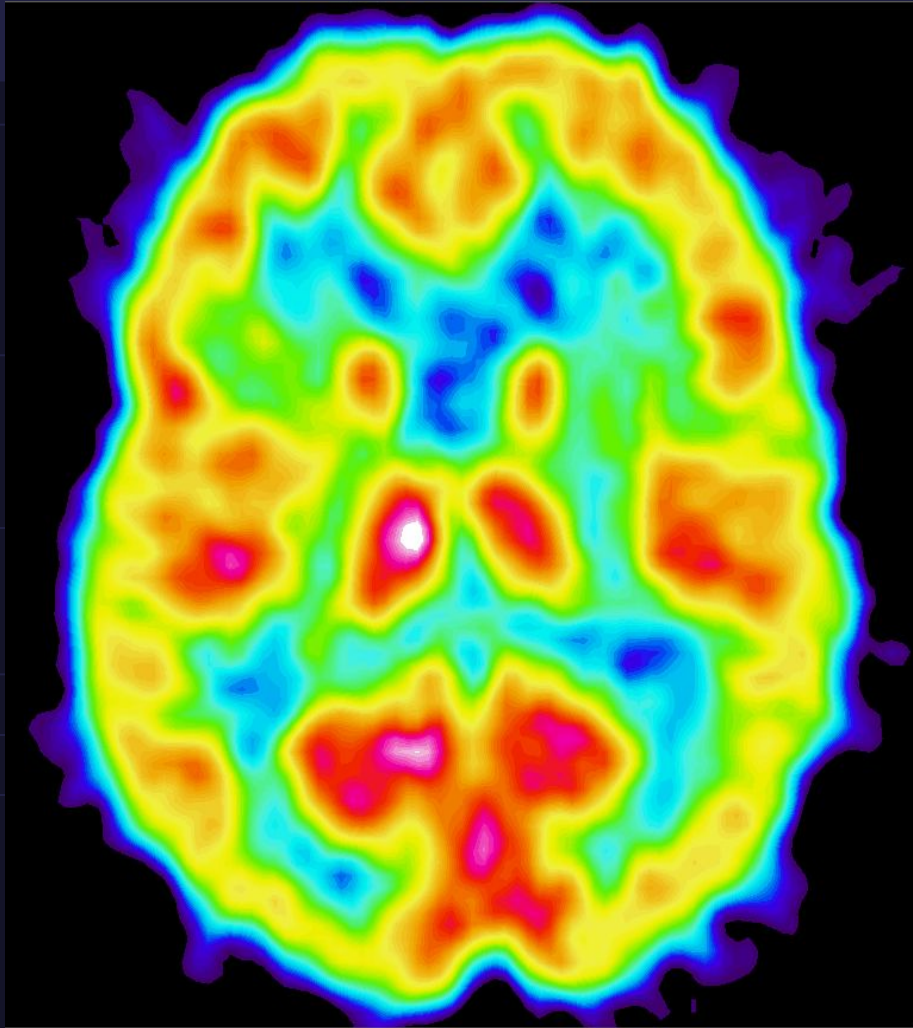


контрастирование бляшек при рассеянном склерозе



## 4. Диагностика и лечение





Метастазы в головном мозге  
с контрастом      без контраста