

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО КОНКУРСНОЙ ГРУППЕ «ФФФ БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ**

На вступительном испытании будут заданы вопросы по выпускной квалификационной работе и вопросы из раздела, соответствующего направлению будущей научно-исследовательской деятельности поступающего.

**Вопросы по выпускной квалификационной работе (магистратура или специалитет)**

1. Основные положения.
2. Новизна.
3. Актуальность.

**Раздел «Биофизика»**

**Теоретическая биофизика**

1. Кинетика биологических процессов.  
Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физике ферментативного катализа.  
Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций. Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций.  
Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.
2. Термодинамика биологических процессов.  
Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах. Связь энтропии и информации в биологических системах.

**Молекулярная биофизика**

1. Пространственная организация биополимеров  
Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров.  
Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Кооперативные свойства макромолекул. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения.  
Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок.  
Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот. Модели фибриллярных и глобулярных белков.
2. Динамические свойства глобулярных белков

Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Авто- и кросскорреляционные функции торсионных углов и межатомных расстояний. Карты уровней свободной энергии пептидов.

Результаты исследования конформационной подвижности. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен релаксации конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в формировании ферментов и транспортных белков.

## **Биофизика клеточных процессов**

### **Биофизика мембранных процессов**

#### **1. Структура и функционирование биологических мембран**

Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок-липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран. Модельные мембранные системы. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные мембраны. Протеолипосомы.

Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних (экологических) факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.

Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств.

Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Образование свободных радикалов в тканях в норме и при патологических процессах. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их биологическая роль.

#### **2. Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектrogenез.**

Пассивный и активный транспорт веществ через биомембраны.

Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз.

Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана–раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое. Равновесие Доннана. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста–Планка.

Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.

Ионные каналы. Ионофоры: переносчики и каналообразующие агенты. Ионная селективность мембран (термодинамический и кинетический подходы).

Потенциал действия. Роль ионов Na и K в генерации потенциала действия в нервных и мышечных волокнах; роль ионов Ca и Cl в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменений потоков ионов при возбуждении. Механизмы активации и инактивации каналов.

Описание ионных токов в модели Ходжкина–Хаксли. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранного транспорта. Флуктуации напряжения и проводимости в модельных и биологических мембранах.

Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам. Математические модели процесса распространения нервного импульса. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов (ритмическое возбуждение). Энергообеспечение процессов распространения возбуждения.

Основные понятия теории возбудимых сред.

### 3. Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения.

Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях. Локализация электронтранспортных цепей в мембране; структурные аспекты функционирования связанных с мембраной переносчиков; асимметрия мембраны.

Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; роль векторной  $H^+$ -АТФазы.

Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; функции отдельных субъединиц; конформационные перестройки в процессе образования макроэрга.

Протеолипосомы как модель для изучения механизма энергетического сопряжения. Бактериородопсин как молекулярный фотоэлектрический генератор. Физические аспекты и модели энергетического сопряжения.

### 4. Биофизика сократительных систем

Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем.

Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.

Молекулярные механизмы немышечной подвижности.

### 5. Биофизика рецепции

Гормональная рецепция. Общие закономерности взаимодействия лигандов с рецепторами; равновесное связывание гормонов. Роль структуры плазматической мембраны в процессе передачи гормонального сигнала. Рецептор-опосредованный внутриклеточный транспорт.

Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала.

## Биофизика фотобиологических процессов

### 1. Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах

Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемтосекундной спектроскопии. Первичные фотохимические реакции.

Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов.

Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.

2. Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы  
Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций.  
Фотохимические реакции в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света. Фотосенсибилизированные и двухквантовые реакции при повреждении ДНК. Механизмы фотодинамических процессов. Защита ДНК некоторыми химическими соединениями.  
Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Ферментативный характер и молекулярный механизм фотореактивации. Роль фотоиндуцированного синтеза биологически активных соединений в процессе фотозащиты.

### **Основная литература**

1. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., и др. Молекулярная биология клетки. М., 2013.
2. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х кн. Учеб. для биол. спец. вузов. М., 2004

### **Дополнительная литература**

1. Антонов В.Ф. Липиды и ионная проницаемость мембран. М., 1982. 151с.
2. Биологические мембраны. Методы. Под ред. Дж. Финдел, У. Эванеса. М., 1990.
3. Болдырев А.А. и др. Биохимия активного транспорта ионов и транспортные АТФазы. М., 1983. 126 с.
4. Введение в мембранологию. М. 1990 208 с. (авторы Болдырев и др.)
5. Владимиров Ю.А. и др. Биофизика. М., 1983. 272 с.
6. Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С. Стресс у растений. Биофизический подход. М. МГУ, 1993 144 с.
7. Волькенштейн М.В. Биофизика. М., 1981. 575 с.
8. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д. Электромагнитные поля и излучения в природе, технике и жизни человека. М., 1992. 159 с.
9. Кольс О.Р., Максимов Г.В., Раденович Ч.Н. Биофизика ритмического возбуждения М. 1993. 302 с.
10. Рубин А.Б. Термодинамика биологических процессов. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1984, 285 с