




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

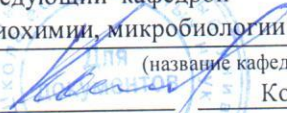
ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
(подпись) \_\_\_\_\_  
Галышева Ю.А.  
(Ф.И.О. рук. ОП)

« 12 » сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
Биохимии, микробиологии и биотехнологии  
(название кафедры)  
  
(подпись) \_\_\_\_\_  
Костецкий Э.Я.  
(Ф.И.О.)

« 12 » сентября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Механизмы биоэнергетических реакций

Направление подготовки 06.03.01 Биология

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7  
лекции 36 час.  
практические занятия 18 час.  
лабораторные работы 18  
в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ / пр. \_\_\_\_\_ / лаб. \_\_\_\_\_ час.  
в том числе в электронной форме лек. \_\_\_\_\_ / пр. \_\_\_\_\_ / лаб. \_\_\_\_\_ час  
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.  
в том числе с использованием МАО \_\_\_\_\_ час.  
в том числе в электронной форме \_\_\_\_\_ час.  
самостоятельная работа 36 час.  
в том числе на подготовку к экзамену \_\_\_\_\_ час.  
контрольные работы (количество) нет  
курсовая работа / курсовой проект \_\_\_\_\_ семестр  
зачет 7 семестр  
экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом от 07.07.2015 № 12-13-1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры биохимии, микробиологии и биотехнологии  
протокол № 1 от « 12 » сентября 2018 г.

Заведующий кафедрой: д.б.н., профессор Э.Я. Костецкий  
Составитель: д.б.н., профессор Н.Н. Ковалев

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О.Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 06.03.01 Biology**

**Study profile** Biology

**Course title:** Mechanisms of bioenergetic reactions

**Basic part of Block, 3 credits**

**Instructor:** Kovalev N.N.

**At the beginning of the course** a student should be able to: The ability to self-organization and self-education. The ability to apply the principles of structural and functional organization of biological objects and knowledge of the mechanisms of homeostatic regulation; be familiar with the basic physiological analysis methods and assessment of living systems

**Learning outcomes:** general professional competence

**Course description:** the laws of bio-energy; generators of proton potential; organotrophic bioenergetics, respiratory chain; bacteriorhodopsin; consumers energy; mechanical work, osmotic work; thermogenesis.

**Main course literature:**

Severin E.S. Biochimiya [Biochemistry]. – Moskva: GOATAR-med, 2006. – 784 p. (rus) – Acces: <http://booksee.org/book/553541>;

Skulachev V.P., Bogachev A.V., Kasparinsky Ph.O. Membrannaya bioenergetica [Membrane bioenergetics]. - Moskva: MGU, 2010. – 367 p. (rus) - Acces: <http://nashol.com/2014073079441/membrannaya-bioenergetika-skulachev-v-p-bogachev-a-v-kasparinskii-f-o-2010.html>.

**Form of final control:** pass-fail exam.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Механизмы биоэнергетических реакций»**

Дисциплина «Механизмы биоэнергетических реакций» разработана для студентов 3 курса, обучающихся по направлению 06.03.01 «Биология». Дисциплина «Механизмы биоэнергетических реакций» входит в блок дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.03.02).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов) и практические занятия (18 часов), лабораторные работы (18 часов), самостоятельная работа (72 часа). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7-м семестре.

Программа курса «Механизмы биоэнергетических реакций» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

**Целями** освоения дисциплины «Механизмы биоэнергетических реакций» является познакомить студентов с основами современных представлений о биоэнергетических процессах в живых системах, процессах преобразования энергии внешних ресурсов в биологически полезную работу.

### **Задачи:**

- овладеть системой знаний о основных энергетических эквивалентах живых систем, механизмах их формирования и использования;
- иметь представление о законах биоэнергетики, лежащих в основе функционирования биологических систем;
- овладеть знаниями о специфике протекания энергетических процессов в животной и растительной клетке;
- знать основные механизмы работы транспортных энергетических систем;
- уметь использовать знания о принципах биоэнергетики для практической деятельности в области биохимии.

Для успешного изучения дисциплины «Механизмы биоэнергетических реакций» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции связанные с другими курсами

государственного образовательного стандарта: “Биологическая химия”, “Физиология животных и растений”, “Энзимология”, “Низкомолекулярные биорегуляторы”, “Общая биология клетки”, «Биоэнергетика» и опирается на их содержание.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-5. Способность применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности	Знает	Основные терминологии и основные законы биоэнергетики, молекулярных механизмов формирования мембранного потенциала, энергетических валют и их использования для выполнения полезной работы
	Умеет	Применять теоретические знания в прикладных биохимических исследованиях
	Владеет	Современным представлением о методах мембранной биоэнергетики, генераторах и потребителях энергии в живых системах.
ПК-9. Способность применять достижения и методы различных областей знания и использовать междисциплинарный подход для решения научных и практических задач	Знает	Современные представления о биоэнергетике в системе биологических наук, эволюции и закономерностей протекания биоэнергетических процессов в живых организмах.
	Умеет	Применять знания при анализе энергетических систем различных таксонов организмов
	Владеет	основными методами анализа энергетических систем

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Механизмы биоэнергетических реакций» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения:

1. Лекция-визуализация
2. Лекция-беседа
3. Проблемная лекция
4. Семинар-диспут
5. Семинар пресс-конференция

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Раздел I. ПРИНЦИПЫ БИОЭНЕРГЕТИКИ (4 час.)**

### **Лекция 1 (лекция-визуализация): История и законы биоэнергетики (2 час.)**

Понятие «Биоэнергетика» и некоторые вехи ее истории. Биоэнергетика в системе биологических наук. Законы биоэнергетики.

### **Лекция 2 (лекция-беседа): Эволюция биоэнергетических механизмов (2 час.)**

Эволюция биоэнергетических механизмов (АТФ, адениловый фотосинтез, запасные энергетические ресурсы и гликолиз, протонные каналы, бактериородопсиновый фотосинтез, хлорофилловый фотосинтез, дыхательный механизм энергообеспечения).

## **Раздел I I. ГЕНЕРАТОРЫ ПРОТОННОГО ПОТЕНЦИАЛА (4 час.)**

### **Лекция 4 (лекция-визуализация): Хлорофилльные генераторы протонного потенциала биоэнергетики (2 час.)**

Хлорофилльные генераторы протонного потенциала. Светозависимая циклическая редокс-цепь пурпурных бактерий.

### **Лекция 5 (лекция-визуализация): Нециклическая светозависимая редокс-цепь бактерий (2 час.)**

Нециклическая светозависимая редокс-цепь зеленых серных бактерий.  
Нециклическая светозависимая редокс-цепь хлоропластов и цианобактерий.

## **Раздел I I I. ОРГАНОТРОФНАЯ БИОЭНЕРГЕТИКА (6 час.)**

### **Лекция 6 (лекция-беседа): Субстраты органотрофной биоэнергетики (2 час.)**

Субстраты органотрофной биоэнергетики. Унификация субстратов – углеводов, белков, жиров. Метаболизм сахаров и жиров.

### **Лекция 7 (проблемная лекция): Субстратное фосфорилирование (2 час.)**

Механизм субстратного фосфорилирования.

### **Лекция 8 (лекция-беседа): Брожение (2 час.)**

Типы брожения. Акцепторы электронов. Особенности функционирования ЭТЦ.

#### **Раздел IV. ДЫХАТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ (4 час.)**

##### **Лекция 9 (лекция-визуализация): Редуктазный центр (2 час. )**

Принцип действия. NADH-CoQ-редуктаза. CoQH<sub>2</sub>-цитохром с-редуктаза.

##### **Лекция 10 (лекция-визуализация): Оксидазы дыхательной цепи (2 час. )**

Цитохром с-оксидаза. Ингибиторы цитохромоксидазы.

#### **Раздел V. СТРОЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ ПРОКАРИОТ (4 час.)**

##### **Лекция 11 (лекция-визуализация): Редуктазный центр (2 час. )**

Принцип действия. NADH-CoQ-редуктаза. CoQH<sub>2</sub>-цитохром с-редуктаза.

##### **Лекция 12 (лекция-визуализация): Оксидазы дыхательной цепи (2 час. )**

Цитохром с-оксидаза. Ингибиторы цитохромоксидазы.

Дыхательная цепь митохондрий простейших, растений и грибов.  
Строение дыхательной цепи прокариот.

#### **Раздел VI. БАКТЕРИОРОДОПСИН (2 час.)**

##### **Лекция 13 (лекция-беседа): Структура и принцип действия бактериородопсина (2 час. )**

Галлородопсин. Фибродопсин. Родопсин животных.  
Бактериородопсин. Структура и фотоцикл бактериородопсина.

#### **Раздел VII. ПОТРЕБИТЕЛИ ЭНЕРГИИ (2 час.)**

##### **Лекция 14 (лекция-беседа): Полезная работа за счет энергии трансмембранного потенциала (2 час.)**

Механическая работа за счет трансмембранной разности электрических потенциалов. Осмотическая работа. Транспортные каскады.  
Термогенез.

#### **Раздел VIII. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА (2 час.)**

##### **Лекция 15 (проблемная лекция): Структура флагеллярного мотора бактерий: строение, возможный механизм действия (2 час. )**

Структура флагеллярного мотора. Возможный механизм H<sup>+</sup>-мотора.  
Протон-зависимая подвижность прокариот, не содержащих флагелл.  
Подвижные симбионты прокариот и эукариот.

## **Раздел IX. ОСМОТИЧЕСКАЯ РАБОТА (4 час.)**

**Лекция 16 (лекция-беседа): Определение и классификация.  $\Delta\Psi$  и  $\Delta pH$  как движущая сила ( 2 час. )**

Определение и классификация.  $\Delta\Psi$  и  $\Delta pH$  как движущая сила. Общая  $\Delta\mu H^+$  - как движущая сила.

**Лекция 17 (проблемная лекция): Транспортные каскады ( 2 час. )**

Симпортер лактозы. Митохондриальный АТФ/АДФ-антипортер.  
Транспорт белков и ДНК.

## **Раздел X. ТЕРМОГЕНЕЗ (4 час.)**

**Лекция 18 (лекция-беседа): Способы превращения метаболитической энергии в теплоту ( 2 час. )**

Способы превращения метаболитической энергии в теплоту.  
Терморегуляторная активация свободного дыхания у животных. Бурый жир.

**Лекция 16 (проблемная лекция): Термогенез скелетных мышц и растений ( 2 час. )**

Скелетные мышцы. Терморегуляторная активация свободного дыхания у растений.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (18 час.)**

**Семинар-диспут 1. Эволюция биологических механизмов запасаения энергии (2 час.)**

АТФ. Гипотеза об адениловом фотосинтезе. Запасные энергетические ресурсы и гликолиз. Протонные каналы и АТФаза.

**Семинар пресс-конференция 2. Хлорофильный фотосинтез (4 час.)**

Ферментные системы фотосинтеза. Основные компоненты редокс-цепи. Комплекс реакционных центров. Фотосистема 1 и фотосистема 2. Принцип действия.

**Семинар-диспут 3. Бактериородопсиновый фотосинтез (2 час.)**



Структура бактериородопсина. Фотоцикл бактериородопсина.  
Транспорт протонов бактериородопсином.

**Семинар пресс-конференция 4. Дыхательный механизм энергообеспечения (2 час.)**

Дыхательная цепь. Принцип действия. Строение: NADH-CoQ – редуктаза; CoQH<sub>2</sub>-цитохром с-редуктаза; цитохром с-оксидаза.

**Семинар-диспут 5 . Органотрофная биоэнергетика (4 час.)**

Субстраты и их унификация. Метаболизм сазаров и липидов.  
Субстратное фосфорилирование. Брожение.

**Семинар-диспут 6. Химииосмотическая теория Митчела (2 час.)**

Химииосмотический принцип энергетического сопряжения.  
Транспорт ионов через сопрягающие мембраны.Хемииосмотический протонный цикл.

**Семинар пресс-конференция 7 Строение дыхательной цепи прокариот (2 час.)**

Дыхательная цепь Paracoccus , Escherihia, Azotobacter, метаногенных архей.

**Лабораторные работы (18 час.)**

**Лабораторная работа №1 ПОЛУЧЕНИЕ ТКАНЕВЫХ ГОМОГЕНАТОВ ОРГАНОВ ИНТАКТНЫХ КРЫС (6 час)**

Необходимые реактивы:

- 1) Сахароза – 0,25 М
- 2) Калий-натрий фосфатный буфер (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) pH 7,4 – 1/15 М
- 3) NaOH – 1н

Ход работы:

Извлекаем исследуемые органы (печень, мозг, почки и др.) и помещаем их в стоящие на льду стаканчики с охлажденной 0,25 М сахарозой. Органы промываем, просушиваем фильтровальной бумагой от избытка сахарозы и отвешиваем один грамм ткани. Навеску измельчаем ножницами и помещаем в стеклянный гомогенизатор (Potter-Elvehaim) с тефлоновым пестиком,

добавляем 9 мл охлажденной 0,25 М сахарозы. Гомогенизатор помещаем в резиновый мешочек со льдом. Ткань разрушаем вращением пестика со скоростью 2000 об/мин при одновременном движении стеклянного корпуса вверх и вниз в течение 60-70 сек.

Такая обработка обеспечивает получение гомогената, почти не содержащего неразрушенных клеток и поврежденных митохондрий.

### **Лабораторная работа №2 ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ФРАКЦИИ МИТОХОНДРИЙ (6 час)**

Из гомогенатов тканей, полученных в ходе лабораторной работы № 1 выделяем митохондрии по методу Джонсона и Ларди, осаждая при 12000 об/мин в течении 20 мин, осаждая при этом общую фракцию митохондрий. Осадок митохондрий промываем и вновь осаждаем при тех же условиях. Общую фракцию митохондрий подвергаем трехкратному замораживанию-оттаиванию для того, чтобы разрушить мембраны митохондрий и обеспечить максимальную доступность субстрата и кофакторов к ферменту (либо можно митохондрии поместить в дистиллированную воду из расчета 1 : 4 для осмотического шока).

Во всех гомогенатах и митохондриях определяем белок методом Лоури или биуретовым методом.

В гомогенатах и митохондриальной фракции определяем скорость окисления пирувата и 2-оксоглутарата, сукцината.

### **Лабораторная работа №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОКИСЛЕНИЯ ПИРУВАТДЕГИДРОГЕНАЗНОГО КОМПЛЕКСА И 2-ОКСОГЛУТАРАТДЕГИДРОГЕНАЗНОГО КОМПЛЕКСА В ГОМОГЕНАТАХ И МИТОХОНДРИЯХ ТКАНЕЙ ЖИВОТНЫХ ФЕРРИЦИАНИДНЫМ МЕТОДОМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЛКА В ГОМОГЕНАТАХ И МИТОХОНДРИЯХ (6 час)**

Необходимые реактивы:

- 1) Калий-натрий фосфатный буфер ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) pH 7,4
- 2) Сахароза – 0,25 М

- 3)  $\text{MgSO}_4$  (сернокислый магний) – 20 мкМ
- 4) ЭДТА – 2 мкМ
- 5)  $\alpha$ -КГ (ПВ–Na, сукцинат) – 20 мкМ
- 6) АТФ – 6 мкМ
- 7) феррицианид калия ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) – 4,66 мкМ
- 8) ТХУ – 50 %

Метод основан на измерении экстинции (при 417 нм) феррицианида, добавленного в инкубационную среду, содержащую гомогенат (или митохондрии), 2-оксоглутарат (или пируват, сукцинат) и все необходимые для его окисления компоненты после осаждения белков трихлоруксусной кислотой.

Стандартную инкубационную среду на одну пробу готовим в следующем порядке и соотношениях:

– калий-натрий фосфатный буфер pH 7,4	– 7,5 мкМ – 0,5 мл
– сахароза	– 425 мкМ – 1,7 мл
– сернокислый магний ( $\text{MgSO}_4$ )	– 20 мкМ – 0,1 мл
– ЭДТА	– 2 мкМ – 0,1 мл
– $\alpha$ -КГ (или пируват, сукцинат)	– 20 мкМ – 0,1 мл
– АТФ	– 6 мкМ – 0,1 мл
– феррицианид калия ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ )	– 4,66 мкМ – 0,7 мл

Реакцию начинаем добавлением 0,4 мл суспензии тканевого гомогената (или митохондрий). Таким образом, объем инкубата составляет 3,7 мл.

Контрольные пробы содержат все перечисленные ингредиенты, за исключением субстрата, вместо которого вносим 0,1 мл физраствора.

После добавления гомогената (митохондрий) пробирки ставим в термостатируемую водяную баню при температуре 37 °С. По истечении 30 мин пробы вынимаем, останавливаем реакцию добавлением 0,3 мл трихлоруксусной кислоты (ТХУ), которая вызывает полное осаждение находящихся в пробе белков.

Осадок удаляем центрифугированием при 600 g в течении 10 мин. Надосадочную жидкость спектрофотометрируем на спектрофотометре СФ-4А при 417 нм в увиолиевых кюветах с толщиной слоя 10 мм.

Определение ферментной активности проводим в пересчете на мг белка гомогената ткани или митохондрий по формуле:

$$K_3[Fe(CN)_6] = \frac{(C_K - C_O) \times 4,05}{m} \cdot 1000,$$

где  $C_K$  – содержание феррицианида в мкМ в контрольном опыте, то есть в пробе, содержащей все ингредиенты стандартной смеси и гомогенат (митохондрии), за исключением субстрата;

$C_O$  – содержание феррицианида в мкМ в исследуемой пробе после инкубации гомогената (митохондрий) с субстратом в тех же условиях;

$m$  – содержание белка в пробе мг, определенное методом Лоури.

При пересчете ферментативной активности на мг белка в формулу вводили коэффициент 1000, поскольку активность выражали не в мкМ, а в нМ. Определение ферментативной активности в пересчете на 1 г ткани производим по формуле:

$$K_3[Fe(CN)_6] = (C_K - C_O) \cdot 25,$$

где коэффициент 25, учитывающий разведение гомогената.

Таким образом, скорость окисления 2-оксоглутарата или пирувата выражаем в нМ восстановленного феррицианида на мг белка за 30 мин. инкубации или в мкМ восстановленного феррицианида на 1 г ткани за 30 мин. инкубации.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Механизмы биоэнергетических реакций» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Тема 1. Вводная лекция: История и законы биоэнергетики	ОПК-5, ПК-9	Основные терминологии и основные законы биоэнергетики, молекулярных механизмов формирования мембранного потенциала, энергетических валют и их использования	Устный опрос	
	Тема 2. Эволюция биоэнергетических механизмов		Современные представления о биоэнергетике в системе биологических наук, эволюции и закономерностей протекания биоэнергетических процессов в живых организмах.	Устный опрос	
	Тема 3. : Хлорофилльные генераторы протонного потенциала биоэнергетики		основные закономерности, правила, понятия и терминологию	Конспект по теме	Контрольная работа
2	Тема 1. Субстраты органотрофной биоэнергетики	ОПК-5, ПК-9	Основные терминологии и основные закономерности формирования биоэнергетических субстратов	Устный опрос	
	Тема 2. Субстратное фосфорилирование		Основные терминологии и основные закономерности трансформации субстратов субстратов	Устный опрос	
	Тема 3. Брожение		Основные закономерности трансформации биоэнергетических субстратов		Реферат

3	Тема 1. Дыхательная цепь	ОПК-5, ПК-9	Основные терминологии и основные закономерности формирования	Устный опрос	
	Тема 2. Редуктазный центр		Строение и основы молекулярного функционирования центра	Устный опрос	
	Тема 3. Оксидазный центр		Строение и основы молекулярного функционирования центра	Дискуссия	Контрольная работа
4	Тема 1. Бактериородопсин	ОПК-5	Строение и основы молекулярного функционирования фоторецепторов	Устный опрос	
	Тема 2. Осмотическая работа		Молекулярные механизмы формирования потенциала действия и химическая работа	Устный опрос	
	Тема3. Механическая работа		Молекулярные механизмы формирования потенциала действия и механическая работа	Устный опрос	
	Тема4. Термогенез		Основные терминологии и основные процессы теплообразования в живых системах	Дискуссия	Контрольная работа
	Итоговая форма контроля			Зачет	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или)

опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Ашмарин И.П. Алкогольдегидрогеназа млекопитающих – объект молекулярной медицины // Успехи биологической химии. – т. 43. – 2007. – с. 3-18.
2. Биохимия / Под ред. Е.С. Северина. – 2-е изд. – М: ГЭОТАР-МЕД, 2006. – 784 с.
3. Камышников В.С. Клинические лабораторные тесты от А до Я и их диагностические профили / Спр. пособие. – М: МЕДпресс-информ, 2007. – 3-е издание. – 320 с.
4. Дерябин Д.Г. Функциональная морфология клетки / Д.Г. Дерябин. – М.: КДУ, 2008.
5. Каретин Ю.В. Самоорганизация живых систем. Краткий курс синергетики для биологов: учебник / Ю.А. Каретин. – Владивосток: Морской государственной университет – 2017. – 530 с.

### **Дополнительная литература**

1. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию / Ю.С. Ченцов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.
2. Дерябин Д.Г. Функциональная морфология клетки / Д.Г. Дерябин. – М.: КДУ, 2008.
3. Медведев С.С. Физиология растений / С.С. Медведев. – С.-Пб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2006. – 336 с.

4. Горячковский А.М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике. – Одесса: Экология. – 2006. – 608 с.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Для успешного усвоения материалов курса «Механизмы биоэнергетических реакций обучающимся рекомендуется ознакомление с материалами интернет ресурсов:

- «ХиМиК. Ru». Научно-популярный сайт о последних достижениях химии и биохимии - <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1342889>;
- «Биоэнергетика. Ру» - сайт биологического факультета МГУ по факультативному курсу биоэнергетических процессов - [http://biochem.nichost.ru/rus/education/lectures/bioenergetics](http://biochem.nichost.ru/rus/education/lectures/bioenergetics;);;
- «ПостНаука.ru» - о современной фундаментальной науке - <https://postnauka.ru>;
- «bse.sci-lib.com» - полнотекстовая Большая Советская Энциклопедия;
- «studopedia.net» - общедоступная информация для студентов разных предметных областей.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Лекции**

**Лекция** – основная активная форма аудиторных занятий, разъяснения основополагающих теоретических разделов биохимии, которая предполагает интенсивную умственную деятельность студента и особенно сложна для студентов первого курса. Лекция носит познавательный, развивающий, воспитательный и организующий характер. Конспект лекций помогает усвоить теоретический материал дисциплины. При слушании лекции надо



конспектировать ее рубрикации, терминологию, ключевые слова, определения, формулы, графические схемы. Конспект является полезным, когда он пишется самим студентом. Можно разработать собственную схему сокращения слов. Название тем, параграфов можно выделять цветными маркерами.

При домашней работе с конспектом лекций необходимо использовать основной учебник и дополнительную литературу, которые рекомендованы по данной дисциплине. Именно такая серьезная работа студента с лекционным материалом позволяет достичь ему успехов в овладении новыми знаниями.

При изложении лекционного курса по данной дисциплине в качестве форм интерактивного обучения используются: лекция-беседа и лекция-визуализация, которые строятся на базе предшествующих знаний и в смежных дисциплинах. Для иллюстрации словесной информации применяются презентации, интерактивная доска, таблицы, схемы. По ходу изложения лекционного материала ставятся проблемные и провоцирующие вопросы, включаются элементы дискуссии.

**Лекция-визуализация.** Чтение лекции сопровождается компьютерной презентацией с базовыми текстами (заголовки, формулировки, ключевые слова и термины), иллюстрациями, производится демонстрация наглядных таблиц и слайдов, что способствует лучшему восприятию излагаемого материала. Лекция – визуализации требует определенных навыков – словесное изложение материала должно сопровождаться и сочетаться с визуальной формой. Информация, изложенная в виде схем, таблиц, слайдов, позволяет формировать проблемные вопросы и способствует развитию профессионального мышления будущих специалистов.

**Лекция-беседа** – «диалог с аудиторией» – является распространенной формой интерактивного обучения и позволяет непосредственно вовлекать студентов в учебный процесс, так как создает прямой контакт преподавателя с аудиторией. Такой контакт достигается по ходу лекции, когда студентам задаются вопросы проблемного, провоцирующего или информационного

характера или когда студентам самим предлагается задавать вопросы. Вопросы предлагаются всей аудитории, и любой из студентов может предложить свой ответ, другой может его дополнить. При этом от лекции к лекции выявляются активные и пассивные студенты, преподаватель по возможности активизирует студентов, которые не участвуют в работе. Такая форма лекции позволяет вовлечь всех студентов в работу, активизировать их внимание, мышление, получить коллективный опыт, научиться формировать вопросы. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала.

**Проблемная лекция** – опирается на логику последовательно моделируемых проблемных ситуаций путем постановки проблемных вопросов или предъявления проблемных задач. Проблемные лекции обеспечивают творческое усвоение будущими специалистами принципов и закономерностей изучаемой науки, активизируют учебно-познавательную деятельность студентов, их самостоятельную аудиторную и внеаудиторную работу, усвоение знаний и применение их на практике. Для проблемного изложения отбираются важнейшие разделы курса, которые составляют основное концептуальное содержание учебной дисциплины, являются наиболее важными для будущей профессиональной деятельности и наиболее сложными для усвоения студентами. В отличие от содержания информационной лекции, которое предлагается преподавателем в виде известного, подлежащего лишь запоминанию материала, на проблемной лекции новое знание вводится как неизвестное для студентов. Полученная информация усваивается как личностное открытие еще не известного для себя знания. Это позволяет создать у студентов иллюзию "открытия" уже известного в науке. Проблемная лекция строится таким образом, что познания студента приближаются к поисковой, исследовательской деятельности: участвуют мышление студента и его личностное отношение к усваиваемому материалу.

## Практические занятия

**Семинары.** Семинар – коллективная форма рассмотрения и закрепления учебного материала. Семинары являются одним из видов практических занятий, предназначенных для углубленного изучения дисциплины, проводятся в интерактивном режиме. На занятиях по теме семинара разбираются вопросы, и затем вместе с преподавателем проводится их обсуждение, которое направлено на закрепление материала, формирование навыков вести полемику, развитие самостоятельности и критичности мышления, на способность студентов ориентироваться в больших информационных потоках, вырабатывать и отстаивать собственную позицию по проблемным вопросам учебной дисциплины.

В качестве методов интерактивного обучения на семинарах используются: развернутая беседа, диспут, пресс-конференция.

**Развернутая беседа** предполагает подготовку студентов по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы. Реферативные доклады готовятся студентами по заранее предложенной тематике.

**Диспут** в группе имеет ряд достоинств. Диспут может быть вызван преподавателем в ходе занятия или же заранее планируется им. В ходе полемики студенты формируют у себя находчивость, быстроту мыслительной реакции.

**Пресс-конференция.** Преподаватель поручает нескольким студентам подготовить краткие (тезисные) сообщения. После докладов студенты задают вопросы, на которые отвечают докладчики и другие члены экспертной группы. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия вместе с преподавателем.

Овладение знаниями по курсу «Механизмы биоэнергетических реакций» предполагает посещение лекций и семинарских занятий, проводимых под руководством преподавателя, а также активную

самостоятельную работу. Самостоятельная работа студентов (СРС) является неотъемлемой составной частью процесса подготовки специалистов. Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирование умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности. При этом студент должен понимать, что без интереса к изучаемому предмету освоить его трудно.

В ходе **лекций** преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

При изучении и проработке теоретического материала для студентов очной формы обучения необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные литературные источники;

***Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса.***

Работая с РУП, необходимо обратить внимание на следующее:

- отдельные разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, но отводятся на самостоятельное изучение по рекомендуемой учебной литературе и учебно-методическим разработкам;
- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул и др., входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины необходимо контролировать самостоятельно;
- материалы тем, отведенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входят составной частью в темы текущего и промежуточного контроля;

Следует также учитывать, что конспект лекций отражает лишь основные моменты по изучаемой теме и без проработки учебной литературы не может дать требуемый объем знаний. Особое внимание следует уделить приводимым практическим работам и соответствующим комментариям, изложенным в учебно-методических указаниях.

**Практические занятия** завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, рефератов, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине. Практические занятия проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над учебной и научной литературой. При подготовке к практическому занятию для студентов очной формы обучения необходимо:

- изучить, повторить теоретический материал по заданной теме;
- прочесть и сделать конспект дополнительного материала по заданной теме.

Подготовка **научного доклада** выступает в качестве одной из важнейших форм самостоятельной работы студентов.

Научный доклад представляет собой исследование по конкретной проблеме, изложенное перед аудиторией слушателей.

**Целью** написания доклада является:

- привитие студентам навыков библиографического поиска необходимой литературы (на бумажных носителях, в электронном виде);
- привитие студентам навыков компактного изложения мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу в письменной форме, научно грамотным языком и в хорошем стиле;
- приобретение навыка грамотного оформления ссылок на используемые источники, правильного цитирования авторского текста;

- выявление и развитие у студента интереса к определенной научной и практической проблематике с тем, чтобы исследование ее в дальнейшем продолжалось в подготовке и написании курсовых и дипломной работы и дальнейших научных трудах.

Основные **задачи** студента при написании реферата:

- с максимальной полнотой использовать литературу по выбранной теме (как рекомендуемую, так и самостоятельно подобранную) для правильного понимания авторской позиции;

- верно (без искажения смысла) передать авторскую позицию в своей работе;

- уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с тем или иным автором по данной проблеме.

Работа по подготовке доклада включает не только знакомство с литературой по избранной тематике, но и самостоятельное изучение определенных вопросов. Она требует от студента умения провести анализ изучаемых государственно-правовых явлений, способности наглядно представить итоги проделанной работы, и что очень важно – заинтересовать аудиторию результатами своего исследования. Следовательно, подготовка научного доклада требует определенных навыков.

Подготовка научного доклада включает несколько этапов работы:

1. Выбор темы научного доклада;
2. Подбор материалов;
3. Составление плана доклада. Работа над текстом;
4. Оформление материалов выступления;
5. Подготовка к выступлению.

### ***Требования к оформлению доклада***

Объем доклада может колебаться в пределах 5-15 печатных страниц; все приложения к работе не входят в ее объем. Доклад должен быть выполнен грамотно, с соблюдением культуры изложения. Обязательно

должны иметься ссылки на используемую литературу. Должна быть соблюдена последовательность написания библиографического аппарата.

### ***Критерии оценки доклада***

- актуальность темы исследования;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала; правильность и полнота использования источников;
- соответствие оформления доклада стандартам.

### ***Рекомендации по работе с научной и учебной литературой.***

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к модульным контрольным работам, тестированию, зачету. Она включает проработку лекционного материала – изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций. Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки. Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны быть выполнены также аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);

- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материалы:

- 1) Сахароза – 0,25 М
- 2) Калий-натрий фосфатный буфер ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) pH 7,4 – 1/15 М
- 3) NaOH – 1н
- 4) Сахароза – 0,25 М
- 5)  $\text{MgSO}_4$  (сернокислый магний) – 20 мкМ
- 6) ЭДТА – 2 мкМ
- 7)  $\alpha$ -КГ (ПВ–Na, сукцинат) – 20 мкМ
- 8) АТФ – 6 мкМ
- 9) феррицианид калия ( $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ) – 4,66 мкМ
- 10) ТХУ – 50 %
- 11) центрифуга
- 12) гомо гени и затор
- 13) аналитические весы
- 14) спектрофотометр
- 15) кюветы кварцевые
- 16) стеклянная лабораторная посуда

*Техническое обеспечение:*

Презентации лекций;

Тесты по разделам курса.





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
ДВФУ

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Механизмы биоэнергетических реакций»**

**Направление подготовки 06.03.01 Биология**

**Форма подготовки очная**

Владивосток  
2018

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	В течение всего курса	Проработка конспекта лекций, специальной методической литературы	0,5-2 часа	Устный опрос
2.	В течение всего курса	Подготовка к практическим занятиям	3-4 часа	Конспект, дискуссия
3.	В течение всего курса	Подготовка к выполнению лабораторной работы, оформлению отчета	1-2 часа	Письменный отчет
4.	В течение всего курса	Подготовка к коллоквиуму	5 часов	Контрольная работа
5.	В течение всего курса	Подготовка к контрольным работам	3-6 часов	Тестирование
6.	В течение всего курса	Написание реферата	15-25 часов	Реферат
7.	В конце 7 семестра	Подготовка к зачету	15-20 часов	Зачет



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
ДФУ

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Механизмы биоэнергетических реакций»  
Направление подготовки 06.03.01 Биология

**Форма подготовки очная**

Владивосток  
2018

**ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕХАНИЗМЫ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-5. Способность применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности	Знает	Основные терминологии и основные законы биоэнергетики, молекулярных механизмов формирования мембранного потенциала, энергетических валют и их использования для выполнения полезной работы
	Умеет	Применять теоретические знания в прикладных биохимических исследованиях
	Владеет	Современным представлением о методах мембранной биоэнергетики, генераторах и потребителях энергии в живых системах.
ПК-9. Способность применять достижения и методы различных областей знания и использовать междисциплинарный подход для решения научных и практических задач	Знает	Современные представления о биоэнергетике в системе биологических наук, эволюции и закономерностей протекания биоэнергетических процессов в живых организмах.
	Умеет	Применять знания при анализе энергетических систем различных таксонов организмов
	Владеет	основными методами анализа энергетических систем

№ п/п	Контролируемые части дисциплины	Коды компетенций и планируемые результаты обучения		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теоретическая часть	ОПК – 5	Знает основные терминологии и основные законы биоэнергетики, молекулярных механизмов формирования мембранного потенциала, энергетических валют и их использования для выполнения полезной работы	Дискуссия	вопросы для подготовки к зачету
			Умеет применять теоретические знания в прикладных биохимических исследованиях	Дискуссия	
			Владеет современным представлением о методах мембранной биоэнергетики, генераторах и потребителях энергии в живых системах.	Дискуссия	
		ПК-9	Знает современные представления о биоэнергетике в системе биологических наук, эволюции и закономерностей протекания биоэнергетических процессов в живых организмах.	Дискуссия	
			Умеет применять знания при анализе энергетических систем различных таксонов организмов	Дискуссия	
			Владеет основными методами анализа энергетических систем	Дискуссия	
2	Практическая часть	ОПК – 5	Знает основные терминологии и основные законы биоэнергетики, молекулярных механизмов формирования мембранного потенциала, энергетических валют и их использования для выполнения полезной работы	Практические занятия	вопросы для подготовки к зачету
			Умеет применять теоретические знания в прикладных биохимических исследованиях	Практические занятия	
			Владеет современным представлением о методах мембранной биоэнергетики, генераторах и потребителях энергии в живых системах.	Практические занятия	

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-5. Способность применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности	Знает	Основные терминологии и основные законы биоэнергетики, молекулярных механизмов формирования мембранного потенциала, энергетических валют и их использования для выполнения полезной работы	демонстрирует владение материалом лекционного курса и основной и дополнительной литературы, знание и понимание терминов	Правильное оформление лабораторных работ, способность анализа полученных результатов с учетом знаний о принципах организации знания принципов организации биологических объектов.
	Умеет	Применять теоретические знания в прикладных биохимических исследованиях	Даёт аргументированный ответ	Аргументировать свой ответ на устном опросе, в водах к лабораторным работам и итоговой аттестации
	Владеет	Современным представлением о методах	Даёт аргументированный ответ,	Выполнение лабораторных работ в

ельности		мембранной биоэнергетики, генераторах и потребителях энергии в живых системах.	предоставляет отчет о лабораторных работах	соответствии с методическими указаниями
ПК-9. Способно сть применять достижен ия и методы различны х областей знания и использов ать междисци плинарны й подход для решения научных и практичес ких задач	Знает	Современные представления о биоэнергетике в системе биологических наук, эволюции и закономерности протекания биоэнергетических процессов в живых организмах.	демонстрирует владение материалом лекционного курса и основной и дополнительной литературы, знание и понимание терминов	Правильное оформление лабораторных работ, способность анализа полученных результатов с учетом знаний о принципах организации знания принципов организации биологических объектов.
	Умеет	Применять знания при анализе энергетических систем различных таксонов организмов	Даёт аргументированный ответ	Аргументировать свой ответ на устном опросе, в водах к лабораторным работам и итоговой аттестации
	Владеет	основными методами	Способность сформулировать	Выполнение лабораторных

		анализа энергетических систем	выводы к поставленным задачам на лабораторных работах	работ в соответствии с методическими указаниями
--	--	-------------------------------------	---	--



## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Процедура оценивания результатов освоения дисциплины реализуется в соответствии с приказом ректора ДВФУ от 12.05.2015 №12-13-850 в форме:

- собеседование (УО-1) - средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Механизмы биоэнергетических реакций»**

1. Законы биоэнергетики
2. Основные биоэнергетические «валюты»
3. Запасные энергетические ресурсы и гликолиз
4. Протонные каналы и  $H^+$ -АТФаза как способ предотвратить закисление клетки
5. Бактериородопсиновый фотосинтез – первичный механизм использования света
6. Хлорофилльный фотосинтез
7. Дыхательный механизм энергообеспечения
8. Светозависимая циклическая редокс-цепь пурпурных бактерий
9. Основные компоненты редокс-цепи и принцип их действия
10. Механизм генерации разности электрохимических потенциалов  $H^+$
11. Нециклическая светозависимая редокс-цепь зеленых бактерий
12. Субстраты органотрофной биоэнергетики
13. Биоэнергетика гликолиза
14. Биоэнергетика цикла Кребса
15. Механизм субстратного фосфорилирования
16. Брожение
17. Дыхательная цепь. Принцип действия
18. Механизмы генерации разности электрохимических потенциалов  $H^+$  в дыхательной цепи
19. Цитохром с-оксидаза. Восстановление молекулярного кислорода
20. Дыхательная цепь прокариот
21. Строение дыхательной цепи прокариот (протеобактерии, кишечная палочка, азотфиксирующие бактерии)
22. Метаногенез. Электрон-транспортная цепь метаногенных архей.

23. Бактериородопсин. Принцип действия, структура, фотоцикл бактериородопсина.
24.  $H^+$ -АТФ-синтаза: строение, механизм действия.
25.  $H^+$ -АТФ-азы: типы, механизмы действия.
26. Механическая работа за счёт  $\Delta\mu_{H^+}$ : движение бактерий.
27. Структура флагеллярного мотора бактерий.
28. Механизм протонного мотора бактерий.
29. Осмотическая работа за счёт  $\Delta\mu_{H^+}$ :  $\Delta\mu_{H^+}$ -зависимые транспортные системы.
30.  $\Delta\mu_{H^+}$ -зависимые транспортные каскады.
31. Карнитин-зависимый транспорт ацилов жирных кислот.
32.  $\Delta\mu_{H^+}$ -зависимые белки переносчики.
33. Способы превращения метаболической энергии в теплоту.
34. Терморегуляторная активация свободного дыхания. Бурый жир.
35. Терморегуляторная активация свободного дыхания у растений.
36. Генераторы  $\Delta\mu_{Na^+}$