

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



«Утверждаю»  
Проректор  
по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 10 » 11 2014 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«БИОЭНЕРГЕТИКА»

Направление подготовки – 06.03.01 «Биология»

Профиль подготовки - «Общая биология»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения — очная

| Семестр | Трудоем-<br>кость<br>зач.ед., час | Лекций,<br>час | Практич.<br>занятий,<br>час | Лаборат.<br>работ,<br>час | СРС,<br>час | Форма<br>промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|---------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|---|
| 5       | 2(72)                             | 36             | -                           | -                         | 36          | зачет   |
| Итого   | 2(72)                             | 36             | -                           | -                         | 36          | зачет   |

Владимир, 2014г.

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью курса «Биоэнергетика» является обеспечение учащихся основами знаний и современными представлениями о молекулярных основах превращения энергии в живых системах, механизмах формирования трансмембранных электрических потенциалов, принципах взаимодействия объектов биологической природы с внешними информационными полями различной природы: электрическим, магнитным, гравитационным, об основных энергозапасующих и энергозатратных процессах и реакциях, протекающих внутри клеток и связанных с жизненно важными функциями организма.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Биоэнергетика» входит в базовый блок 1 программы бакалавриата в её вариативную часть, дисциплина по выбору (код Б1.В.ДВ.В). Курс находится на стыке естественнонаучных дисциплин, связанных с изучением морфологии и биофизики живых систем, их функционирования. Данная дисциплина является предшествующей для следующих курсов: биофизика, биохимия и молекулярная биология, введение в биотехнологию, мембранология, биология размножения и развития и др.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате изучения дисциплины «Биоэнергетика» студент должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **1) Знать:**

- знать и применять принципы структурной и функциональной организации биологических объектов и владением механизмов гомеостатической регуляции; владением основными физиологическими методами анализа и оценки состояния живых систем (ОПК-4);

- способностью применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов (ОПК-5).

### **2) Уметь:**

- способностью применять современные представления об основах биотехнологических и биомедицинских производств, генной инженерии, нанобиотехнологии, молекулярного моделирования (ОПК-11).

### **3) Владеть:**

- способностью использовать знание основ и принципов биоэтики в профессиональной и социальной деятельности (ОПК-12);

- способностью применять современные методы обработки, анализа, и синтеза производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно- технических проектов и отчетов (ПК-4).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

| № п/п | Раздел дисциплины (тема)   | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |              |             |                    |     |       | Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %) | Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|--|---------|-----------------|--|--------------|-------------|--------------------|-----|-------|---|---|
|       |  |         |                 | Лекции   | Практ.занят. | Лаб. работы | Контрольные работы | СРС | КП/КР |   |   |
| 1     | Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки. | 5       | 1               | 2  |              |             |                    | 4   |       | -   |   |
| 2     | Законы термодинамики в биологических системах                                | 5       | 2               | 2  |              |             |                    | 4   |       | 2/100%  |   |
| 3     | Биоэлектричество. Биоэлектрические потенциалы.                               | 5       | 3               | 2  |              |             |                    | 4   |       | 2/100%  |   |
| 4     | Эндогенные электромагнитные  | 5       | 4               | 2  |              |             |                    |     |       | 2/100%  |   |

|    |  |   |    |   |  |  |   |  |        |                     |  |
|----|--|---|----|---|--|--|---|--|--------|---------------------|--|
|    | поля человеческого организма.  |   |    |   |  |  |   |  |        |                     |  |
| 5  | Структура и функции клеточных мембран. История изучения строения мембран.                  | 5 | 5  | 2 |  |  | 4 |  | 2/100% |                     |  |
| 6  | Принципы устойчивого динамического неравновесия биологических систем                       | 5 | 6  | 2 |  |  | 4 |  | -      | Рейтинг-контроль №1 |  |
| 7  | Генерация потенциала на мембране клеток.   | 5 | 7  | 2 |  |  | 4 |  | 2/100% |                     |  |
| 8  | Внутренняя энергия системы. Формы передачи энергии в живых системах.                       | 5 | 8  | 2 |  |  | 4 |  | -      |                     |  |
| 9  | Превращения энергии в живой клетке. Основные принципы биоэнергетики.                       | 5 | 9  | 2 |  |  | 4 |  | -      |                     |  |
| 10 | Митохондрии. Физико-химическая активность митохондрий                                      | 5 | 10 | 2 |  |  | 4 |  | 2/100% |                     |  |
| 11 | Разнообразие путей превращения энергии в живых клетках                                     | 5 | 11 | 2 |  |  | 4 |  |        | Рейтинг-контроль №2 |  |
| 12 | Изометрические вирионы вирусов животных – природные наноаккумуляторы электрической энергии | 5 | 12 | 2 |  |  | 4 |  | 2/100% |                     |  |
| 13 | Физико-химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ.               | 5 | 13 | 2 |  |  | 4 |  | -      |                     |  |

|    |  |   |    |    |  |  |    |  |        |                     |
|----|--|---|----|----|--|--|----|--|--------|---------------------|
| 14 | Биоэлектричество в классическом и современном понимании.   | 5 | 14 | 2  |  |  | 4  |  | 2/100% |                     |
| 15 | Законы биоэнергетики (по В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики | 5 | 15 | 2  |  |  | 4  |  | 2/100% |                     |
| 16 | Влияние факторов внешней среды на жизнедеятельность микроорганизмов                                | 5 | 16 | 2  |  |  | 4  |  | 2/100% |                     |
| 17 | Виды энергий. Окислительно-восстановительные реакции   | 5 | 17 | 2  |  |  | 4  |  | 2/100% |                     |
| 18 | Общие механизмы повреждения клеток   | 5 | 18 | 2  |  |  | 4  |  | -      | Рейтинг-контроль №3 |
|    | Всего  |   |    | 36 |  |  | 72 |  | 22/61% | Зачет               |

### СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки.** Биоэнергетика – научная дисциплина, исследующая процессы в клетках, тканях, особях, экосистемах и т.д. Биоэнергетика – это дисциплина, изучающая процессы энергетических трансформаций в процессе существования биологических организмов и функционирования биосферы в целом; отрасль знания о едином информационном поле, о его взаимодействии с биологическими объектами всех уровней сложности.

**Законы термодинамики в биологических системах.** Термодинамика является разделом физики, в котором изучают энергию, её передачу из одного места в другое и преобразование из одной формы в другую. Термодинамика основана на наиболее общих принципах, которые являются универсальными и базируются на опытных данных многих наук.

Одним из основных специфических свойств живых существ является их

способность превращать и хранить энергию в различных формах. Все биологические объекты для поддержания жизни требуют поступления энергии. Все биологические процессы связаны с передачей энергии. Растения способны получаемую ими энергию солнца накапливать в процессе фотосинтеза в форме энергии химических связей органических веществ. Животные используют энергию химических связей органических веществ, получаемых с пищей. Все процессы превращения энергии в растениях и животных происходят в пределах ограничений термодинамических принципов. Основные принципы термодинамики универсальны для живой и неживой природы.

Термодинамика использует понятие системы. Любая совокупность изучаемых объектов может быть названа *термодинамической системой*. Примерами систем могут служить клетка, сердце, организм, биосфера и т.п.

Существует три вида термодинамических систем в зависимости от их взаимодействия с окружающей средой:

*Изолированные системы* не обмениваются с внешней средой ни энергией, ни веществом. Таких систем в реальных условиях не существует, но понятие изолированной системы используют для понимания главных термодинамических принципов.

*Закрытые системы* обмениваются со средой энергией, но не веществом. Примером такой системы может служить закрытый термос с налитым в него чаем.

*Открытые системы* обмениваются с внешней средой как энергией, так и веществом. Все живые существа относятся к открытым термодинамическим системам.

**Биоэлектричество. Биоэлектрические потенциалы.** Биоэлектричество - электрические явления и процессы, возникающие в живых тканях организма. Биоэлектричество, естественные электрические процессы в живых организмах, лежащие в основе многих физиологических и поведенческих реакций. К проблемам биоэлектричества относят также все эффекты, возникающие в организме на различных его уровнях при воздействии электричества от внешних источников. Исследование биоэлектричества имеет большое значение для понимания физико-химич. и физиологич. процессов в живых системах и применяется в клинике с диагностической целью (электрокардиография, электроэнцефалография, электромиография и др.).

**Биоэлектрические потенциалы** - биоэлектрические явления, электрические потенциалы, возникающие в тканях и отдельных клетках человека, животных и растений, важнейшие компоненты процессов возбуждения и торможения.

**Биопотенциал** - разность потенциалов между двумя точками живой ткани,

отражающая ее биоэлектрическую активность; Б. служат источником информации о состоянии и функционировании различных органов.

Возникновение в живых клетках электрических потенциалов и биотоков связано с физико-химическими свойствами клеточных мембран и компонентов цитоплазмы. Между наружной поверхностью клеточной мембраны и внутренним содержимым клетки существует всегда разность потенциалов, которая создается различной концентрации ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  внутри и вне клетки и различной проницаемости для них клеточной мембраны. Эта разность потенциалов называется «током покоя», или мембранным потенциалом, и составляет в среднем 60—90 мВ.

**Эндогенные электромагнитные поля человеческого организма.** Электрическая энергия - величайшее открытие человечества, без которого цивилизации в ее сегодняшнем виде не существовало бы. Этот вид энергии широко используется человечеством, но у палки есть два конца... Электромагнитное поле (электромагнитное излучение) всегда возникает при движении свободных электронов в проводнике, поэтому передача электрической энергии сопровождается интенсивным электромагнитным излучением.

В определенных случаях электромагнитное излучение имеет более пагубное влияние на живой организм, чем радиационное излучение. Дело в том, что радиационный фон был на нашей планете всегда и в определенные времена (а кое-где и сейчас) его уровень был выше чем в Чернобыльской зоне отчуждения. Уровень же электромагнитного поля земли с каждым годом только увеличивается, что связано с человеческой деятельностью.

Отрицательное воздействие электромагнитных полей на человека и на те, или иные компоненты экосистем прямо пропорционально мощности поля и времени облучения. Неблагоприятное воздействие электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП, проявляется уже при напряженности поля, равной 1 кВ/м. У человека нарушается работа эндокринной системы, обменные процессы, функции головного и спинного мозга и др.

**Структура и функции клеточных мембран.** Все живые организмы на Земле состоят из клеток, а каждая клетка окружена защитной оболочкой – мембраной. Однако функции мембраны не ограничиваются защитой органоидов и отделением одной клетки от другой. Клеточная мембрана представляет собой сложнейший механизм, напрямую участвующий в размножении, регенерации, питании, дыхании и многих других важных функциях клетки.

Термин «клеточная мембрана» используется уже около ста лет. Само слово «мембрана» в переводе с латыни означает «пленка». Но в случае в клеточной

мембраной правильнее будет говорить и совокупности двух пленок, соединенных между собой определенным образом, причем, разные стороны этих пленок обладают разными свойствами.

Клеточная мембрана (цитолемма, плазмалемма) – это трехслойная липопротеиновая (жиро-белковая) оболочка, отделяющая каждую клетку от соседних клеток и окружающей среды, и осуществляющая управляемый обмен между клетками и окружающей средой.

Решающее значение в этом определении имеет не то, что клеточная оболочка отделяет одну клетку от другой, а то, что она обеспечивает её взаимодействие другими клетками и окружающей средой. Мембрана – весьма активная, постоянно работающая структура клетки, на которую природой возложено множество функций. Из нашей статьи вы узнаете все о составе, строении, свойствах и функциях клеточной мембраны, а также о той опасности, которую представляют для здоровья человека нарушения в работе клеточных мембран.

#### **Принципы устойчивого динамического неравновесия биологических систем.**

Эрвином Бауэром в основу разработанной им теории биологии был положен принцип: «Для живых систем характерно именно то, что они за счет своей свободной энергии производят работу против ожидаемого равновесия».

Здесь под ожидаемым равновесием понимается равновесие, которое должно наступить относительно окружающей среды в соответствии с законами термодинамики, то есть равновесие, к которому стремится неживая природа.

Как следует из этого труда, по мнению Э.Бауэра живыми системами совершается непрерывная работа, направленная против равновесия, причем они совершают эту работу за счет своей свободной энергии. Именно поэтому для обеспечения жизнеспособности живых систем «...исключается возможность не только устойчивого, но и неустойчивого равновесия. Если бы мы приняли существование неустойчивого равновесия, то это противоречило бы ... самим фактическим данным, из которых был выведен этот принцип (принцип устойчивого неравновесия). ...неустойчивое равновесие означало бы, что изменения в системе могут вызываться лишь при помощи легких нарушений, т.е. изменений в окружающей среде, далее, что каждое такое незначительное изменение в окружающей среде вызывает изменение в состоянии структуры системы и наконец-то любое малейшее изменение внешней среды ведет к состоянию устойчивого равновесия, т.е., что система теряет свою работоспособность.



**Генерация потенциала на мембране клеток.** Емкость мембраны и работа метаболических ионных насосов приводят к накоплению потенциальной электрической энергии на клеточной мембране в форме потенциала покоя. Эта энергия может освобождаться в виде специфических электрических сигналов (потенциала действия), характерных для возбудимых тканей. Под потенциалом действия понимают быстрое колебание потенциала покоя, сопровождающееся, как правило, перезарядкой мембраны. Нескончаемый поток энергии в клетке, поток энергии от одной клетки к другой или от одного организма к другому и составляет сущность жизни. Живые клетки обладают сложными и эффективными системами для превращения одного вида энергии в другой. Превращения энергии происходят главным образом в двух структурах — в хлоропластах, имеющих у зеленых растений, и в митохондриях, имеющих в клетках, как растений, так и животных. Изучением превращений энергии в живых организмах занимается биоэнергетика. Человек черпает энергию из различных источников: первый источник энергии дается нам в наследство и вырабатывает потенциальную энергию; второй источник – сжигание кислорода; третий – сжигание продуктов питания.

**Превращения энергии в живой клетке.** Нескончаемый поток энергии в клетке, поток энергии от одной клетки к другой или от одного организма к другому и составляет сущность жизни. Живые клетки обладают сложными и эффективными системами для превращения одного вида энергии в другой. Превращения энергии происходят главным образом в двух структурах — в хлоропластах, имеющих у зеленых растений, и в митохондриях, имеющих в клетках, как растений, так и животных. Изучением превращений энергии в живых организмах занимается биоэнергетика. Человек черпает энергию из различных источников: первый источник энергии дается нам в наследство и вырабатывает потенциальную энергию; второй источник – сжигание кислорода; третий – сжигание продуктов питания.

**Митохондрии. Физико-химическая активность митохондрий.** Митохондрии это особые органеллы клетки размером 1-2 мкм, обычно сферической или цилиндрической формы. Они образованы двумя мембранами: гладкой внешней и внутренней, образующей складки, или кристы, заполненные студнеобразной массой белкового характера (матриксом). На мембранах расположены различные ферменты. Особенно интересна внутренняя мембрана, на которой находятся ферменты дыхательной цепи и ферменты, обуславливающие синтез АТФ.

**Изометрические вирионы вирусов животных – природные наноаккумуляторы электрической энергии.** Молекулярный массив живых систем на 90% состоит из полярных молекул белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов и воды, представляющих собой связанные электрические заряды – диполи. При сочетании указанных выше элементов в надмолекулярные структуры сохраняется и нарастает их электрическая анизотропия или асимметрия. На молекулярном уровне асимметрия в структуре биологических молекул проявляется в разделении зарядов и распределении различных полярных групп. Дипольный момент, определенный для макромолекул белка, нуклеиновых кислот, бактериофагов, составляет от десятков до сотен тысяч, а бактерий – порядка миллиона Дебаев. Для сравнения следует отметить, что такая полярная молекула, как молекула воды, имеет дипольный момент 1,85 D.

Открытие естественной электрической поляризации живых систем является не только одним из фундаментальных свойств их организации, но, главным образом, указывает на то, что наряду с морфологической структурой в живых системах существует электрическая, проявляющаяся при их взаимодействии макроскопическими электрическими полями и токами. Сенсационным открытием явилось обнаружение у бактерий электропроводных пилей (нанопроволок), через которые бактерии передают электроны на другие клетки. Открытие «нанопроволок» объясняет существование и функционирование ассоциаций микроорганизмов в виде биопленок.

В области нанобиоэнергетики с использованием вирусов бактерий учеными из Национальной лаборатории в Беркли (США) разработан способ выработки электроэнергии с использованием пьезоэлектрических свойств бактериофага M13, размеры которого 880 нм в длину и диаметр 6,6 нм. Генератор вырабатывает ток, достаточный для работы небольшого жидкокристаллического дисплея.

**Физико-химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ.** Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) — нуклеотид играет исключительно важную роль в обмене энергии и веществ в организмах в первую очередь соединение известно как универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах. Эмпирическая формула АТФ:  $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$ . Молекулярная масса 507,19 а. е. м. Систематическое наименование АТФ, относится к так называемым макроэргическим соединениям, то есть к химическим соединениям, содержащим связи, при гидролизе которых происходит освобождение значительного количества энергии. Гидролиз фосфоэфирных связей молекулы АТФ, сопровождаемый отщеплением 1 или 2 остатков фосфорной кислоты, приводит к выделению от 40 до 60 кДж/моль.  $АТФ + H_2O \rightarrow АДФ + H_3PO_4 + \text{энергия}$   $АТФ + H_2O \rightarrow АМФ + H_4P_2O_7 +$

энергия. Высвобожденная энергия используется в разнообразных процессах, протекающих с затратой энергии.

**Законы биоэнергетики (по В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики.** Любая живая клетка обеспечивает свои энергетические потребности за счет внешних ресурсов. Как ресурсы, так и потребности отличаются большим разнообразием. Ресурсами могут служить свет (для зеленых растений и некоторых бактерий) и многочисленные питательные вещества, расщепляющиеся в клетке до менее энергетически ценных конечных продуктов. Что касается потребностей, то они складываются из различных энергоемких процессов, необходимых для совершения отдельных видов полезной работы клетки и организма. Даже у простейших живых существ, каковыми являются бактерии, таких процессов насчитывается несколько десятков. Поэтому неудивительно, что живая клетка располагает особой "энергетической валютой", играющей роль посредника между процессами запасания энергии и ее траты. Долгое время считалось, что единственным типом такой "валюты" служат так называемые высокоэнергетические химические соединения, а среди них прежде всего аденозинтрифосфат (АТФ). Однако последние работы биоэнергетиков опровергли эту догму. Оказалось, что клетка располагает не одним, а тремя типами "энергетической валюты". Наряду с АТФ такую роль выполняют протонный и натриевый потенциалы на биологических мембранах.

**Влияние факторов внешней среды на жизнедеятельность микроорганизмов.** К числу физических факторов, оказывающих воздействие на микроорганизмы, относятся температура, влажность среды, концентрация растворенных веществ в среде, свет, электромагнитные волны и ультразвук.

Температура один из важнейших факторов внешней среды. Все микроорганизмы могут развиваться только в определенных пределах температуры. Наиболее благоприятная для микроорганизмов температура называется оптимальной. Она находится между крайними температурными уровнями – температурным минимумом (низшей температурой) и температурным максимумом (высшей температурой), при которых еще возможно развитие микроорганизмов.

Жизнедеятельность микроорганизмов протекает в средах, представляющих собой более или менее концентрированные растворы веществ. Одни из микроорганизмов обитают в пресной воде, где концентрация растворенных веществ незначительна и, следовательно, невелико осмотическое давление (обычно десятые доли атмосферы). Другие же микробы, наоборот, живут в условиях высоких концентраций веществ и

значительного осмотического давления, достигающего иногда десятков и сотен атмосфер.

Свет необходим для жизни только тем микробам, которые используют световую энергию для обмена веществ. Многим плесневым грибкам также требуется свет, поскольку при его постоянном отсутствии не происходит образования спор, хотя мицелий развивается нормально. Прямой солнечный свет губителен для микроорганизмов, а рассеянный свет подавляет их развитие.

**Виды энергий. Окислительно-восстановительные реакции.** Понятие «энергия» определяется как мера различных форм движения материи и как мера перехода движения материи из одной формы в другую. Соответственно, виды и типы энергии различают по формам движения материи. Человечек имеет дело с различными видами энергии. По сути, весь технологический процесс есть преобразование одних видов энергии в другие. В процессе прохождения технологического тракта энергия многократно преобразуется из одного вида в другой, что ведет к уменьшению ее полезного количества из-за потерь и рассеяния в окружающей среде.

Сегодня человечество знакомо со следующими видами и типами энергии:

- Механическая
- Электрическая
- Химическая
- Тепловая
- Световая (Лучистая)
- Ядерная (Атомная)
- Термоядерная (Термоядерного синтеза)

Кроме того, нам известны и другие виды энергии, названия которых имеют не физический, а описательный смысл, такие как ветровая энергия, или геотермальная энергия. В подобных случаях физическая форма характера энергии подменяется названием ее источника. Поэтому правильно говорить скорее о механической энергии ветра, энергии потока ветра, или тепловой энергии геотермальных источников.

**Общие механизмы повреждения клеток.** На уровне клетки повреждающие факторы “включают” несколько патогенетических звеньев. К их числу относят: расстройство процессов энергетического обеспечения клеток; повреждение мембран и ферментных систем; дисбаланс ионов и жидкости; нарушение генетической программы и/или ее реализации; расстройство механизмов регуляции функции клеток.

Нарушение энергетического обеспечения процессов, протекающих в клетках, часто является инициальным и ведущим механизмом их альтерации. Энергоснабжение может расстраиваться на этапах синтеза АТФ, транспорта, а также утилизации его энергии.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| Технология  | Сущность  |
|---|---|
| <b>Технология объяснительно иллюстративного обучения</b>            |   |
| Технология формирования приемов учебной работы                      | Данная технология основана на формировании и просвещении студентов-биологов с организацией их репродуктивной деятельности. Основная цель — это выработка как общенаучных (организационных, интеллектуальных, информационных и др.), так и специальных (предметных) умений. Как правило — это усвоение и воспроизведение готовой учебной информации с использованием средств наглядности (схемы, таблицы, презентации и др.) |
| <b>Технологии личностно-ориентированного (адаптивного) обучения</b> |   |
| Технология дифференцированного обучения                             | Смысл дифференцированного обучения состоит в том, чтобы принимая во внимание индивидуальные особенности каждого отдельного студента (уровень подготовки, развития, особенность мышления, познавательный интерес к предмету), определить для него наиболее целесообразный и эффективный вид деятельности, формы работы и типы заданий.   |
| Технология обучения   | Сущность модульной технологии заключается в самостоятельном со стороны студента или с помощью преподавателя достижении конкретных целей учебно-познавательной деятельности в процессе со специально разработанным модулем или функциональным блоком, включающим в себя содержание и способы овладения этим содержанием  |
| Технология формирования учебной деятельности                        | Учебная деятельность рассматривается как особая форма учебной активности студентов, направленная на приобретение знаний с помощью решения разработанной преподавателем системы учебных задач и тестов как формы контроля знаний.  |

|   |  |
|---|--|
| Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) | Представляют собой совокупность технологий, обеспечивающих фиксацию информации, её обработку и информационные обмены (передачу, распространение, раскрытие). К ИКТ относят компьютеры, программное обеспечение и средства электронной связи. |
|---|--|

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Программа дисциплины «Биоэнергетика» опирается на традиционные формы обучения и состоит из курса лекций. В ходе изучения дисциплины обращать внимание студентов на общие закономерности строения и функции энергетики биоструктур, микро- и nanoорганизмов. Привлекать знания студентов по таким предметам, как физика, химия, биотехнологии, молекулярная биология. Перед началом изучения соответствующей темы при необходимости повторять основы выше названных дисциплин.

Источники информации. Каталоги. Библиография. Патенты. Межбиблиотечный абонемент (МБА). Электронные базы данных. Правила поиска научной информации и её использование.

Промежуточная аттестация - зачет

Рейтинг-контроль — текущий контроль

### **Вопросы к зачету**

1. Откуда берется свободная энергия в биологических системах и как с ее помощью совершается работа?
2. Типы химической связи. Энергия активации образования и разрыва слабых химических связей
3. Уровни взаимосвязи между катаболизмом и анаболизмом Общие черты и разница анаболизма и катаболизма
4. Свободная энергия живых систем и её свойства
5. Основные этапы распада углеводов, белков и жиров
6. Механизмы регуляции метаболизма
7. Внутренняя энергия системы. Формы передачи энергии в живых системах
8. Протонный и натриевый потенциалы
9. Разнообразие путей превращения энергии в живых клетках

10. Роль АТФ в клеточной энергетике. Строение молекулы АТФ
11. Три закона биоэнергетики по В.П. Скулачеву.
12. Первый закон биоэнергетики
13. Второй закон биоэнергетики
14. Третий закон биоэнергетики
15. Основные «статьи расходов» АТФ в клетке
16. Макроэргические соединения. Структура и представители. Низкоэнергетические фосфат-органические соединения
17. Отличия энергетики растительной клетки от энергетики животной клетки
18. Этапы энергетического обмена
19. Способы образования АТФ в клетках
20. Митохондрии: строение и функции
21. Классификация ферментов
22. Перенос электронов по дыхательной цепи и окислительное фосфорилирование
23. Ингибиторы, блокирующие перенос электронов в дыхательной цепи.
24. Гидравлическая модель дыхательной цепи
25. Хемисмотическая теория Питера Митчелла.
26. Высвечивание энергии окислительно-восстановительных реакций в виде биолюминесцентного излучения
27. Общие представления об АФК .
28. Антиоксидантная защита клеток.

### **Вопросы к рейтинг-контролям знаний студентов**

#### **Рейтинг-контроль №1**

- Биоэнергетика - как научная дисциплина
- История развития науки биоэнергетики.
- Специфика живого вещества. Основные функции живого вещества.
- Основные виды энергий.
- Представление о жизни с позиций биоэнергетики Свободная энергия живых систем и её свойства
- Отличия энергетики растительной клетки от энергетики животной клетки
- Биологическое окисление как основной источник энергии
- Основные этапы преобразования энергии в живом организме
- Анаболизм и катаболизм – взаимосвязанные процессы обмена веществ и энергии
- Что такое нутриенты?
-

### • Рейтинг-контроль №2

- Формы передачи энергии в живых системах (лучистая, химическая и др.)
- Строение и функции клеточной мембраны.
- Пассивный и активный транспорт через липидный бислой. Осмос. Простая и облегченная диффузия.
- Характеристика основных органелл клетки эукариот.
- Митохондрии: структура и функции.
- Митохондрия: энергетическая станция клетки.
- Митохондрии и теория кальциевого накопления.
- Природные и техногенные электромагнитные поля.
- Положительное и отрицательное влияние природных электромагнитных воздействия на человека.
- Электрофизические свойства цитоплазматической мембраны.
- Протонный и натриевый потенциалы.
- Собственные электрические поля организма человека.
- 

### • Рейтинг- контроль №3

- Митохондрии и теория кальциевого накопления.
- Жизнь в электрическом поле.
- Законы биоэнергетики по В.П. Скулачеву.
- Ионы Скулачев и проблема старения.
- Виды связей в макромолекулах.
- Биоэлектрические явления в клетке и живом организме.
- Силы Ван-дер-Ваальса — роль в межмолекулярных взаимодействиях. Биоэлектрическая диагностика.
- Биологический электрогенез (биоэлектрогенез).
- Биоэлектричество в классическом понимании.
- Биоэлектричество в современном понимании.
- Водородная связь в макромолекулах и в воде.

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов**

1. Законы термодинамики в биологических системах..
2. Энтропия биологических систем Поток биологической энергии.
3. Метаболизм: понятие и функции.
4. Макроскопический аспект метаболизма.
5. Автотрофы и гетеротрофы. Аэробы и анаэробы.
6. Метаболические пути: линейные и циклические. Катаболические и анаболические пути и их взаимосвязь.



7. Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки.
8. Превращения энергии в живой клетке. Основные принципы биоэнергетики.
9. Архитектура митохондрий. Распределение и локализация митохондрий в клетке. Химическая активность митохондрий.
10. Дыхательная цепь. Компоненты дыхательной цепи митохондрий. Последовательность функционирования переносчиков электронов и протонов.
11. Окислительное фосфорилирование. Регуляция дыхания, разобщение и обменные реакции.
12. Хемиосмотический механизм запасания энергии дыхания.
13. Химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ. Высокоэнергетические и низкоэнергетические фосфаты.
14. АТФ-синтаза. Структура и механизмы функционирования.
15. Протонный потенциал как источник энергии для образования теплоты.
16. Молекулярные основы биологической подвижности. Креатинфосфатный путь транспорта энергии в мышечных клетках.
17. Энергетический обмен в кардиомиоцитах. Нарушения энергообразования в клетках сердечной мышцы: причины и следствия.
18. Специфические методы мембранной биоэнергетики.
19. Законы биоэнергетики (В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики. Генерация потенциала на мембране.
20. Структура биологических мембран, их роль в митохондриях, хлоропластах, хроматофорах.
21. История изучения строения мембран.
22. Типы мембран в клетке и их функции. Современные представления о структуре и географии мембранных доменов.
23. Общие представления о биологических мембранах. Молекулярная и мембранная биология. Функция мембран. Современные проблемы мембранологии.
24. Теория строения мембран. Матриксная функция мембран. Гетерогенность мембран. Компоненты биологических мембран: липиды, белки, углеводороды, вода.
25. Мембранный транспорт. Перенос вещества через мембрану. Избирательная проницаемость мембран. Равновесие по разные стороны мембраны.
26. Мембранные системы транспорта: Na/K-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл).
27. Натриевый потенциал, натрий-транспортирующая дыхательная цепь, натрий-транспортирующая АТФаза.
28. Методы регистрации трансмембранной разности протонного потенциала.

29. Утилизация натриевого потенциала для осмотической, химической и механической работы.

30. Дыхательный контроль. Соотношение АДФ/Р и Р/О.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература:**

1. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / редакторы К. Уилсон и Дж. Уолкер. - М.: БИНОМ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321261.html>

2. Физическая химия дисперсных систем [Электронный ресурс]: учебник для студентов/ Ершов Ю.А. - М.:ГЭОТАР-Медиа, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970424285.html>

3. Нанобиотехнологии [Электронный ресурс] / под ред. А.Б. Рубина. - М. : БИНОМ, 2013. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322916.html>

### **б) дополнительная литература:**

1. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов / Н.М. Аль-Ани. - СПб. : Политехника, 2013.

2. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях [учеб. пособие / С.М. Аполлонский, Т.В. Каляда, Б.Е. Синдаловский. - СПб. : Политехника, 2012.

3. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация : [научное издание] : пер. с англ. / К. Александр [и др.] ; под ред. М. Н. Прусада, К. С. Саджвана, Р. Найду .— Москва : Физматлит, 2009 .— 815 с.

4. Практикум по молекулярной биологии [Электронный ресурс] / А. С. Коницев, И. Л. Цветков, А. П. Попов и др. - М. : КолосС, 2012.

5. Электронная микроскопия нанобактерий и других представителей микро- и наномира : [монография] / А. П. Пономарёв .— Владимир : ИП Журавлёва, 2011 .— 180 с.

### **в) периодические издания:**

1. Библиотека биолога: <http://lib.e-science.ru/book/?c=4>

2. Скулачев В.П. Биохимия мембран. Книга 6. Биоэнергетика: Мембранные преобразователи энергии: <http://freebooks4study.com/referat3683-down.html>

3. Природа: <http://ras.ru/publishing/nature.aspx>

4. Успехи современной биологии: <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7753>

5. Элементы. Сайт новостей фундаментальной науки: <http://elementy.ru/news>

**г) интернет ресурсы:**

1. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

2. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

3. [www.znaniium.com](http://www.znaniium.com)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Лекционная часть каждого занятия сопровождается демонстрацией иллюстративного материала из Интернет-ресурсов, литературных источников, рисунков, помогающие восприятию материала по рассматриваемому вопросу, а также использование других и электронных научных библиотек для поиска необходимой литературы, например <http://www.sambal.co.uk/biology.html>;

<http://en.wikipedia.org/wiki/Bioenergetics>; <http://www.molbiol.ru>; <http://www.biotechnolog.ru>;

Лекционный курс читается в классической аудитории (ауд. 133-1), оснащенной мультимедийными средствами (персональный компьютер, диапроектор). Презентации, наглядные пособия и др.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.03.01 – «Биология» и профилю подготовки «Биоэнергетика»

Рабочую программу составил: докт. биол. наук, профессор Пономарев А.П.

Рецензент \_\_\_\_\_ МАНИН Борис Леонидович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник «Федеральный центр охраны здоровья животных».

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры биологии и экологии протокол №6/1 от «10» ноября 2014 года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Трифонова Т.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 06.03.01 - «Биология» протокол №2/1 от «10» ноября 2014 г.

Председатель учебно-методической комиссии \_\_\_\_\_ Трифонова Т.А.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор

по учебно-методической работе

\_\_\_\_\_ **А.А. Панфилов**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«БИОЭНЕРГЕТИКА»

Направление подготовки – 06.03.01 «Биология»

Профиль подготовки - «Общая биология»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения — очная

| Семестр | Трудоем-<br>кость<br>зач.ед., час | Лекций,<br>час | Практич.<br>занятий,<br>час | Лаборат.<br>работ,<br>час | СРС,<br>час | Форма<br>промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|---------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|---|
| 5       | 3(108)                            | 36             | -                           | -                         | 36          | зачет   |
| Итого   | 3(108)                            | 36             | -                           | -                         | 36          | зачет   |

Владимир, 2014г.

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью курса «Биоэнергетика» является обеспечение учащихся основами знаний и современными представлениями о молекулярных основах превращения энергии в живых системах, механизмах формирования трансмембранных электрических потенциалов, принципах взаимодействия объектов биологической природы с внешними информационными полями различной природы: электрическим, магнитным, гравитационным, об основных энергозапасующих и энергозатратных процессах и реакциях, протекающих внутри клеток и связанных с жизненно важными функциями организма.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Биоэнергетика» входит в базовый блок 1 программы бакалавриата в её вариативную часть, дисциплина по выбору (код Б1.В.ДВ.В). Курс находится на стыке естественнонаучных дисциплин, связанных с изучением морфологии и биофизики живых систем, их функционирования. Данная дисциплина является предшествующей для следующих курсов: биофизика, биохимия и молекулярная биология, введение в биотехнологию, мембранология, биология размножения и развития и др.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате изучения дисциплины «Биоэнергетика» студент должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **1) Знать:**

- знать и применять принципы структурной и функциональной организации биологических объектов и владением механизмов гомеостатической регуляции; владением основными физиологическими методами анализа и оценки состояния живых систем (ОПК-4);

- способностью применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов (ОПК-5).

### **2) Уметь:**

- способностью применять современные представления об основах биотехнологических и биомедицинских производств, генной инженерии, нанобиотехнологии, молекулярного моделирования (ОПК-11).

### **3) Владеть:**

- способностью использовать знание основ и принципов биоэтики в профессиональной и социальной деятельности (ОПК-12);

- способностью применять современные методы обработки, анализа, и синтеза производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно- технических проектов и отчетов (ПК-4).

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

| № п/п | Раздел дисциплины (тема)   | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |              |             |                    |     |       | Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %) | Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|--|---------|-----------------|--|--------------|-------------|--------------------|-----|-------|---|---|
|       |  |         |                 | Лекции   | Практ.занят. | Лаб. работы | Контрольные работы | СРС | КП/КР |   |   |
| 1     | Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки. | 5       | 1               | 2  |              |             |                    | 2   |       | -   |   |
| 2     | Законы термодинамики в биологических системах                                | 5       | 2               | 2  |              |             |                    | 2   |       | 2/100%  |   |
| 3     | Биоэлектричество. Биоэлектрические потенциалы.                               | 5       | 3               | 2  |              |             |                    | 2   |       | 2/100%  |   |
| 4     | Эндогенные электромагнитные  | 5       | 4               | 2  |              |             |                    | 2   |       | 2/100%  |   |

|    |  |   |    |   |  |  |   |  |        |                     |  |
|----|--|---|----|---|--|--|---|--|--------|---------------------|--|
|    | поля человеческого организма.  |   |    |   |  |  |   |  |        |                     |  |
| 5  | Структура и функции клеточных мембран. История изучения строения мембран.                  | 5 | 5  | 2 |  |  | 2 |  | 2/100% |                     |  |
| 6  | Принципы устойчивого динамического неравновесия биологических систем                       | 5 | 6  | 2 |  |  | 2 |  | -      | Рейтинг-контроль №1 |  |
| 7  | Генерация потенциала на мембране клеток.   | 5 | 7  | 2 |  |  | 2 |  | 2/100% |                     |  |
| 8  | Внутренняя энергия системы. Формы передачи энергии в живых системах.                       | 5 | 8  | 2 |  |  | 2 |  | -      |                     |  |
| 9  | Превращения энергии в живой клетке. Основные принципы биоэнергетики.                       | 5 | 9  | 2 |  |  | 2 |  | -      |                     |  |
| 10 | Митохондрии. Физико-химическая активность митохондрий                                      | 5 | 10 | 2 |  |  | 2 |  | 2/100% |                     |  |
| 11 | Разнообразие путей превращения энергии в живых клетках                                     | 5 | 11 | 2 |  |  | 2 |  |        | Рейтинг-контроль №2 |  |
| 12 | Изометрические вирионы вирусов животных – природные наноаккумуляторы электрической энергии | 5 | 12 | 2 |  |  | 2 |  | 2/100% |                     |  |
| 13 | Физико-химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ.               | 5 | 13 | 2 |  |  | 2 |  | -      |                     |  |



|    |  |   |    |    |  |  |  |    |  |        |                     |
|----|--|---|----|----|--|--|--|----|--|--------|---------------------|
| 14 | Биоэлектричество в классическом современном понимании.   | 5 | 14 | 2  |  |  |  | 2  |  | 2/100% |                     |
| 15 | Законы биоэнергетики (по В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики | 5 | 15 | 2  |  |  |  | 2  |  | 2/100% |                     |
| 16 | Влияние факторов внешней среды на жизнедеятельность микроорганизмов                                | 5 | 16 | 2  |  |  |  | 2  |  | 2/100% |                     |
| 17 | Виды энергий. Окислительно-восстановительные реакции   | 5 | 17 | 2  |  |  |  | 2  |  | 2/100% |                     |
| 18 | Общие механизмы повреждения клеток   | 5 | 18 | 2  |  |  |  | 2  |  | -      | Рейтинг-контроль №3 |
|    | Всего  |   |    | 36 |  |  |  | 36 |  | 22/61% | Зачет               |

### СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки.** Биоэнергетика – научная дисциплина, исследующая процессы в клетках, тканях, особях, экосистемах и т.д. Биоэнергетика – это дисциплина, изучающая процессы энергетических трансформаций в процессе существования биологических организмов и функционирования биосферы в целом; отрасль знания о едином информационном поле, о его взаимодействии с биологическими объектами всех уровней сложности.

**Законы термодинамики в биологических системах.** Термодинамика является разделом физики, в котором изучают энергию, её передачу из одного места в другое и преобразование из одной формы в другую. Термодинамика основана на наиболее общих принципах, которые являются универсальными и базируются на опытных данных многих наук.

Одним из основных специфических свойств живых существ является их

способность превращать и хранить энергию в различных формах. Все биологические объекты для поддержания жизни требуют поступления энергии. Все биологические процессы связаны с передачей энергии. Растения способны получаемую ими энергию солнца накапливать в процессе фотосинтеза в форме энергии химических связей органических веществ. Животные используют энергию химических связей органических веществ, получаемых с пищей. Все процессы превращения энергии в растениях и животных происходят в пределах ограничений термодинамических принципов. Основные принципы термодинамики универсальны для живой и неживой природы.

Термодинамика использует понятие системы. Любая совокупность изучаемых объектов может быть названа *термодинамической системой*. Примерами систем могут служить клетка, сердце, организм, биосфера и т.п.

Существует три вида термодинамических систем в зависимости от их взаимодействия с окружающей средой:

*Изолированные системы* не обмениваются с внешней средой ни энергией, ни веществом. Таких систем в реальных условиях не существует, но понятие изолированной системы используют для понимания главных термодинамических принципов.

*Закрытые системы* обмениваются со средой энергией, но не веществом. Примером такой системы может служить закрытый термос с налитым в него чаем.

*Открытые системы* обмениваются с внешней средой как энергией, так и веществом. Все живые существа относятся к открытым термодинамическим системам.

**Биоэлектричество. Биоэлектрические потенциалы.** Биоэлектричество - электрические явления и процессы, возникающие в живых тканях организма. Биоэлектричество, естественные электрические процессы в живых организмах, лежащие в основе многих физиологических и поведенческих реакций. К проблемам биоэлектричества относят также все эффекты, возникающие в организме на различных его уровнях при воздействии электричества от внешних источников. Исследование биоэлектричества имеет большое значение для понимания физико-химич. и физиологич. процессов в живых системах и применяется в клинике с диагностической целью (электрокардиография, электроэнцефалография, электромиография и др.).

**Биоэлектрические потенциалы** - биоэлектрические явления, электрические потенциалы, возникающие в тканях и отдельных клетках человека, животных и растений, важнейшие компоненты процессов возбуждения и торможения.

**Биопотенциал** - разность потенциалов между двумя точками живой ткани,

отражающая ее биоэлектрическую активность; Б. служат источником информации о состоянии и функционировании различных органов.

Возникновение в живых клетках электрических потенциалов и биотоков связано с физико-химическими свойствами клеточных мембран и компонентов цитоплазмы. Между наружной поверхностью клеточной мембраны и внутренним содержимым клетки существует всегда разность потенциалов, которая создается различной концентрации ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  внутри и вне клетки и различной проницаемости для них клеточной мембраны. Эта разность потенциалов называется «током покоя», или мембранным потенциалом, и составляет в среднем 60—90 мВ.

**Эндогенные электромагнитные поля человеческого организма.** Электрическая энергия - величайшее открытие человечества, без которого цивилизации в ее сегодняшнем виде не существовало бы. Этот вид энергии широко используется человечеством, но у палки есть два конца... Электромагнитное поле (электромагнитное излучение) всегда возникает при движении свободных электронов в проводнике, поэтому передача электрической энергии сопровождается интенсивным электромагнитным излучением.

В определенных случаях электромагнитное излучение имеет более пагубное влияние на живой организм, чем радиационное излучение. Дело в том, что радиационный фон был на нашей планете всегда и в определенные времена (а кое-где и сейчас) его уровень был выше чем в Чернобыльской зоне отчуждения. Уровень же электромагнитного поля земли с каждым годом только увеличивается, что связано с человеческой деятельностью.

Отрицательное воздействие электромагнитных полей на человека и на те, или иные компоненты экосистем прямо пропорционально мощности поля и времени облучения. Неблагоприятное воздействие электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП, проявляется уже при напряженности поля, равной 1 кВ/м. У человека нарушается работа эндокринной системы, обменные процессы, функции головного и спинного мозга и др.

**Структура и функции клеточных мембран.** Все живые организмы на Земле состоят из клеток, а каждая клетка окружена защитной оболочкой – мембраной. Однако функции мембраны не ограничиваются защитой органоидов и отделением одной клетки от другой. Клеточная мембрана представляет собой сложнейший механизм, напрямую участвующий в размножении, регенерации, питании, дыхании и многих других важных функциях клетки.

Термин «клеточная мембрана» используется уже около ста лет. Само слово «мембрана» в переводе с латыни означает «пленка». Но в случае в клеточной

мембраной правильнее будет говорить и совокупности двух пленок, соединенных между собой определенным образом, причем, разные стороны этих пленок обладают разными свойствами.

Клеточная мембрана (цитолемма, плазмалемма) – это трехслойная липопротеиновая (жиро-белковая) оболочка, отделяющая каждую клетку от соседних клеток и окружающей среды, и осуществляющая управляемый обмен между клетками и окружающей средой.

Решающее значение в этом определении имеет не то, что клеточная оболочка отделяет одну клетку от другой, а то, что она обеспечивает её взаимодействие другими клетками и окружающей средой. Мембрана – весьма активная, постоянно работающая структура клетки, на которую природой возложено множество функций. Из нашей статьи вы узнаете все о составе, строении, свойствах и функциях клеточной мембраны, а также о той опасности, которую представляют для здоровья человека нарушения в работе клеточных мембран.

#### **Принципы устойчивого динамического неравновесия биологических систем.**

Эрвином Бауэром в основу разработанной им теории биологии был положен принцип: «Для живых систем характерно именно то, что они за счет своей свободной энергии производят работу против ожидаемого равновесия».

Здесь под ожидаемым равновесием понимается равновесие, которое должно наступить относительно окружающей среды в соответствии с законами термодинамики, то есть равновесие, к которому стремится неживая природа.

Как следует из этого труда, по мнению Э.Бауэра живыми системами совершается непрерывная работа, направленная против равновесия, причем они совершают эту работу за счет своей свободной энергии. Именно поэтому для обеспечения жизнеспособности живых систем «...исключается возможность не только устойчивого, но и неустойчивого равновесия. Если бы мы приняли существование неустойчивого равновесия, то это противоречило бы ... самим фактическим данным, из которых был выведен этот принцип (принцип устойчивого неравновесия). ...неустойчивое равновесие означало бы, что изменения в системе могут вызываться лишь при помощи легких нарушений, т.е. изменений в окружающей среде, далее, что каждое такое незначительное изменение в окружающей среде вызывает изменение в состоянии структуры системы и наконец-то любое малейшее изменение внешней среды ведет к состоянию устойчивого равновесия, т.е., что система теряет свою работоспособность.

**Генерация потенциала на мембране клеток.** Емкость мембраны и работа метаболических ионных насосов приводят к накоплению потенциальной электрической энергии на клеточной мембране в форме потенциала покоя. Эта энергия может освобождаться в виде специфических электрических сигналов (потенциала действия), характерных для возбудимых тканей. Под потенциалом действия понимают быстрое колебание потенциала покоя, сопровождающееся, как правило, перезарядкой мембраны. Нескончаемый поток энергии в клетке, поток энергии от одной клетки к другой или от одного организма к другому и составляет сущность жизни. Живые клетки обладают сложными и эффективными системами для превращения одного вида энергии в другой. Превращения энергии происходят главным образом в двух структурах — в хлоропластах, имеющих у зеленых растений, и в митохондриях, имеющих в клетках, как растений, так и животных. Изучением превращений энергии в живых организмах занимается биоэнергетика. Человек черпает энергию из различных источников: первый источник энергии дается нам в наследство и вырабатывает потенциальную энергию; второй источник – сжигание кислорода; третий – сжигание продуктов питания.

**Превращения энергии в живой клетке.** Нескончаемый поток энергии в клетке, поток энергии от одной клетки к другой или от одного организма к другому и составляет сущность жизни. Живые клетки обладают сложными и эффективными системами для превращения одного вида энергии в другой. Превращения энергии происходят главным образом в двух структурах — в хлоропластах, имеющих у зеленых растений, и в митохондриях, имеющих в клетках, как растений, так и животных. Изучением превращений энергии в живых организмах занимается биоэнергетика. Человек черпает энергию из различных источников: первый источник энергии дается нам в наследство и вырабатывает потенциальную энергию; второй источник – сжигание кислорода; третий – сжигание продуктов питания.

**Митохондрии. Физико-химическая активность митохондрий.** Митохондрии это особые органеллы клетки размером 1-2 мкм, обычно сферической или цилиндрической формы. Они образованы двумя мембранами: гладкой внешней и внутренней, образующей складки, или кристы, заполненные студнеобразной массой белкового характера (матриксом). На мембранах расположены различные ферменты. Особенно интересна внутренняя мембрана, на которой находятся ферменты дыхательной цепи и ферменты, обуславливающие синтез АТФ.

**Изометрические вирионы вирусов животных – природные наноаккумуляторы электрической энергии.** Молекулярный массив живых систем на 90% состоит из полярных молекул белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов и воды, представляющих собой связанные электрические заряды – диполи. При сочетании указанных выше элементов в надмолекулярные структуры сохраняется и нарастает их электрическая анизотропия или асимметрия. На молекулярном уровне асимметрия в структуре биологических молекул проявляется в разделении зарядов и распределении различных полярных групп. Дипольный момент, определенный для макромолекул белка, нуклеиновых кислот, бактериофагов, составляет от десятков до сотен тысяч, а бактерий – порядка миллиона Дебаев. Для сравнения следует отметить, что такая полярная молекула, как молекула воды, имеет дипольный момент 1,85 D.

Открытие естественной электрической поляризации живых систем является не только одним из фундаментальных свойств их организации, но, главным образом, указывает на то, что наряду с морфологической структурой в живых системах существует электрическая, проявляющаяся при их взаимодействии макроскопическими электрическими полями и токами. Сенсационным открытием явилось обнаружение у бактерий электропроводных пилей (нанопроволок), через которые бактерии передают электроны на другие клетки. Открытие «нанопроволок» объясняет существование и функционирование ассоциаций микроорганизмов в виде биопленок.

В области нанобиоэнергетики с использованием вирусов бактерий учеными из Национальной лаборатории в Беркли (США) разработан способ выработки электроэнергии с использованием пьезоэлектрических свойств бактериофага M13, размеры которого 880 нм в длину и диаметр 6,6 нм. Генератор вырабатывает ток, достаточный для работы небольшого жидкокристаллического дисплея.

**Физико-химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ.** Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) — нуклеотид играет исключительно важную роль в обмене энергии и веществ в организмах в первую очередь соединение известно как универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах. Эмпирическая формула АТФ:  $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$ . Молекулярная масса 507,19 а. е. м. Систематическое наименование АТФ, относится к так называемым макроэргическим соединениям, то есть к химическим соединениям, содержащим связи, при гидролизе которых происходит освобождение значительного количества энергии. Гидролиз фосфоэфирных связей молекулы АТФ, сопровождаемый отщеплением 1 или 2 остатков фосфорной кислоты, приводит к выделению от 40 до 60 кДж/моль.  $АТФ + H_2O \rightarrow АДФ + H_3PO_4 + \text{энергия}$   $АТФ + H_2O \rightarrow АМФ + H_4P_2O_7 +$

энергия. Высвобожденная энергия используется в разнообразных процессах, протекающих с затратой энергии.

**Законы биоэнергетики (по В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики.** Любая живая клетка обеспечивает свои энергетические потребности за счет внешних ресурсов. Как ресурсы, так и потребности отличаются большим разнообразием. Ресурсами могут служить свет (для зеленых растений и некоторых бактерий) и многочисленные питательные вещества, расщепляющиеся в клетке до менее энергетически ценных конечных продуктов. Что касается потребностей, то они складываются из различных энергоемких процессов, необходимых для совершения отдельных видов полезной работы клетки и организма. Даже у простейших живых существ, каковыми являются бактерии, таких процессов насчитывается несколько десятков. Поэтому неудивительно, что живая клетка располагает особой "энергетической валютой", играющей роль посредника между процессами запасания энергии и ее траты. Долгое время считалось, что единственным типом такой "валюты" служат так называемые высокоэнергетические химические соединения, а среди них прежде всего аденозинтрифосфат (АТФ). Однако последние работы биоэнергетиков опровергли эту догму. Оказалось, что клетка располагает не одним, а тремя типами "энергетической валюты". Наряду с АТФ такую роль выполняют протонный и натриевый потенциалы на биологических мембранах.

**Влияние факторов внешней среды на жизнедеятельность микроорганизмов.** К числу физических факторов, оказывающих воздействие на микроорганизмы, относятся температура, влажность среды, концентрация растворенных веществ в среде, свет, электромагнитные волны и ультразвук.

Температура один из важнейших факторов внешней среды. Все микроорганизмы могут развиваться только в определенных пределах температуры. Наиболее благоприятная для микроорганизмов температура называется оптимальной. Она находится между крайними температурными уровнями – температурным минимумом (низшей температурой) и температурным максимумом (высшей температурой), при которых еще возможно развитие микроорганизмов.

Жизнедеятельность микроорганизмов протекает в средах, представляющих собой более или менее концентрированные растворы веществ. Одни из микроорганизмов обитают в пресной воде, где концентрация растворенных веществ незначительна и, следовательно, невелико осмотическое давление (обычно десятые доли атмосферы). Другие же микробы, наоборот, живут в условиях высоких концентраций веществ и

значительного осмотического давления, достигающего иногда десятков и сотен атмосфер.

Свет необходим для жизни только тем микробам, которые используют световую энергию для обмена веществ. Многим плесневым грибкам также требуется свет, поскольку при его постоянном отсутствии не происходит образования спор, хотя мицелий развивается нормально. Прямой солнечный свет губителен для микроорганизмов, а рассеянный свет подавляет их развитие.

**Виды энергий. Окислительно-восстановительные реакции.** Понятие «энергия» определяется как мера различных форм движения материи и как мера перехода движения материи из одной формы в другую. Соответственно, виды и типы энергии различают по формам движения материи. Человечек имеет дело с различными видами энергии. По сути, весь технологический процесс есть преобразование одних видов энергии в другие. В процессе прохождения технологического тракта энергия многократно преобразуется из одного вида в другой, что ведет к уменьшению ее полезного количества из-за потерь и рассеяния в окружающей среде.

Сегодня человечество знакомо со следующими видами и типами энергии:

- Механическая
- Электрическая
- Химическая
- Тепловая
- Световая (Лучистая)
- Ядерная (Атомная)
- Термоядерная (Термоядерного синтеза)

Кроме того, нам известны и другие виды энергии, названия которых имеют не физический, а описательный смысл, такие как ветровая энергия, или геотермальная энергия. В подобных случаях физическая форма характера энергии подменяется названием ее источника. Поэтому правильно говорить скорее о механической энергии ветра, энергии потока ветра, или тепловой энергии геотермальных источников.

**Общие механизмы повреждения клеток.** На уровне клетки повреждающие факторы “включают” несколько патогенетических звеньев. К их числу относят: расстройство процессов энергетического обеспечения клеток; повреждение мембран и ферментных систем; дисбаланс ионов и жидкости; нарушение генетической программы и/или ее реализации; расстройство механизмов регуляции функции клеток.



Нарушение энергетического обеспечения процессов, протекающих в клетках, часто является инициальным и ведущим механизмом их альтерации. Энергоснабжение может расстраиваться на этапах синтеза АТФ, транспорта, а также утилизации его энергии.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| Технология  | Сущность  |
|---|---|
| <b>Технология объяснительно иллюстративного обучения</b>            |   |
| Технология формирования приемов учебной работы                      | Данная технология основана на формировании и просвещении студентов-биологов с организацией их репродуктивной деятельности. Основная цель — это выработка как общенаучных (организационных, интеллектуальных, информационных и др.), так и специальных (предметных) умений. Как правило — это усвоение и воспроизведение готовой учебной информации с использованием средств наглядности (схемы, таблицы, презентации и др.) |
| <b>Технологии личностно-ориентированного (адаптивного) обучения</b> |   |
| Технология дифференцированного обучения                             | Смысл дифференцированного обучения состоит в том, чтобы принимая во внимание индивидуальные особенности каждого отдельного студента (уровень подготовки, развития, особенность мышления, познавательный интерес к предмету), определить для него наиболее целесообразный и эффективный вид деятельности, формы работы и типы заданий.   |
| Технология обучения   | Сущность модульной технологии заключается в самостоятельном со стороны студента или с помощью преподавателя достижении конкретных целей учебно-познавательной деятельности в процессе со специально разработанным модулем или функциональным блоком, включающим в себя содержание и способы овладения этим содержанием  |
| Технология формирования учебной деятельности                        | Учебная деятельность рассматривается как особая форма учебной активности студентов, направленная на приобретение знаний с помощью решения разработанной преподавателем системы учебных задач и тестов как формы контроля знаний.  |

|   |  |
|---|--|
| Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) | Представляют собой совокупность технологий, обеспечивающих фиксацию информации, её обработку и информационные обмены (передачу, распространение, раскрытие). К ИКТ относят компьютеры, программное обеспечение и средства электронной связи. |
|---|--|

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Программа дисциплины «Биоэнергетика» опирается на традиционные формы обучения и состоит из курса лекций. В ходе изучения дисциплины обращать внимание студентов на общие закономерности строения и функции энергетики биоструктур, микро- и nanoорганизмов. Привлекать знания студентов по таким предметам, как физика, химия, биотехнологии, молекулярная биология. Перед началом изучения соответствующей темы при необходимости повторять основы выше названных дисциплин.

Источники информации. Каталоги. Библиография. Патенты. Межбиблиотечный абонемент (МБА). Электронные базы данных. Правила поиска научной информации и её использование.

Промежуточная аттестация - зачет

Рейтинг-контроль — текущий контроль

### **Вопросы к зачету**

1. Откуда берется свободная энергия в биологических системах и как с ее помощью совершается работа?
2. Типы химической связи. Энергия активации образования и разрыва слабых химических связей
3. Уровни взаимосвязи между катаболизмом и анаболизмом Общие черты и разница анаболизма и катаболизма
4. Свободная энергия живых систем и её свойства
5. Основные этапы распада углеводов, белков и жиров
6. Механизмы регуляции метаболизма
7. Внутренняя энергия системы. Формы передачи энергии в живых системах
8. Протонный и натриевый потенциалы
9. Разнообразие путей превращения энергии в живых клетках

10. Роль АТФ в клеточной энергетике. Строение молекулы АТФ
11. Три закона биоэнергетики по В.П. Скулачеву.
12. Первый закон биоэнергетики
13. Второй закон биоэнергетики
14. Третий закон биоэнергетики
15. Основные «статьи расходов» АТФ в клетке
16. Макроэргические соединения. Структура и представители. Низкоэнергетические фосфат-органические соединения
17. Отличия энергетики растительной клетки от энергетики животной клетки
18. Этапы энергетического обмена
19. Способы образования АТФ в клетках
20. Митохондрии: строение и функции
21. Классификация ферментов
22. Перенос электронов по дыхательной цепи и окислительное фосфорилирование
23. Ингибиторы, блокирующие перенос электронов в дыхательной цепи.
24. Гидравлическая модель дыхательной цепи
25. Хемисмотическая теория Питера Митчелла.
26. Высвечивание энергии окислительно-восстановительных реакций в виде биолюминесцентного излучения
27. Общие представления об АФК .
28. Антиоксидантная защита клеток.

### **Вопросы к рейтинг-контролям знаний студентов**

#### **Рейтинг-контроль №1**

- Биоэнергетика - как научная дисциплина
- История развития науки биоэнергетики.
- Специфика живого вещества. Основные функции живого вещества.
- Основные виды энергий.
- Представление о жизни с позиций биоэнергетики Свободная энергия живых систем и её свойства
- Отличия энергетики растительной клетки от энергетики животной клетки
- Биологическое окисление как основной источник энергии
- Основные этапы преобразования энергии в живом организме
- Анаболизм и катаболизм – взаимосвязанные процессы обмена веществ и энергии
- Что такое нутриенты?
-

### • Рейтинг-контроль №2

- Формы передачи энергии в живых системах (лучистая, химическая и др.)
- Строение и функции клеточной мембраны.
- Пассивный и активный транспорт через липидный бислой. Осмос. Простая и облегченная диффузия.
- Характеристика основных органелл клетки эукариот.
- Митохондрии: структура и функции.
- Митохондрия: энергетическая станция клетки.
- Митохондрии и теория кальциевого накопления.
- Природные и техногенные электромагнитные поля.
- Положительное и отрицательное влияние природных электромагнитных воздействия на человека.
- Электрофизические свойства цитоплазматической мембраны.
- Протонный и натриевый потенциалы.
- Собственные электрические поля организма человека.
- 

### • Рейтинг- контроль №3

- Митохондрии и теория кальциевого накопления.
- Жизнь в электрическом поле.
- Законы биоэнергетики по В.П. Скулачеву.
- Ионы Скулачев и проблема старения.
- Виды связей в макромолекулах.
- Биоэлектрические явления в клетке и живом организме.
- Силы Ван-дер-Ваальса — роль в межмолекулярных взаимодействиях. Биоэлектрическая диагностика.
- Биологический электрогенез (биоэлектрогенез).
- Биоэлектричество в классическом понимании.
- Биоэлектричество в современном понимании.
- Водородная связь в макромолекулах и в воде.

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов**

1. Законы термодинамики в биологических системах..
2. Энтропия биологических систем Поток биологической энергии.
3. Метаболизм: понятие и функции.
4. Макроскопический аспект метаболизма.
5. Автотрофы и гетеротрофы. Аэробы и анаэробы.
6. Метаболические пути: линейные и циклические. Катаболические и анаболические пути и их взаимосвязь.

7. Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки.
8. Превращения энергии в живой клетке. Основные принципы биоэнергетики.
9. Архитектура митохондрий. Распределение и локализация митохондрий в клетке. Химическая активность митохондрий.
10. Дыхательная цепь. Компоненты дыхательной цепи митохондрий. Последовательность функционирования переносчиков электронов и протонов.
11. Окислительное фосфорилирование. Регуляция дыхания, разобщение и обменные реакции.
12. Хемиосмотический механизм запасания энергии дыхания.
13. Химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ. Высокоэнергетические и низкоэнергетические фосфаты.
14. АТФ-синтаза. Структура и механизмы функционирования.
15. Протонный потенциал как источник энергии для образования теплоты.
16. Молекулярные основы биологической подвижности. Креатинфосфатный путь транспорта энергии в мышечных клетках.
17. Энергетический обмен в кардиомиоцитах. Нарушения энергообразования в клетках сердечной мышцы: причины и следствия.
18. Специфические методы мембранной биоэнергетики.
19. Законы биоэнергетики (В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики. Генерация потенциала на мембране.
20. Структура биологических мембран, их роль в митохондриях, хлоропластах, хроматофорах.
21. История изучения строения мембран.
22. Типы мембран в клетке и их функции. Современные представления о структуре и географии мембранных доменов.
23. Общие представления о биологических мембранах. Молекулярная и мембранная биология. Функция мембран. Современные проблемы мембранологии.
24. Теория строения мембран. Матриксная функция мембран. Гетерогенность мембран. Компоненты биологических мембран: липиды, белки, углеводороды, вода.
25. Мембранный транспорт. Перенос вещества через мембрану. Избирательная проницаемость мембран. Равновесие по разные стороны мембраны.
26. Мембранные системы транспорта: Na/K-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл).
27. Натриевый потенциал, натрий-транспортирующая дыхательная цепь, натрий-транспортирующая АТФаза.
28. Методы регистрации трансмембранной разности протонного потенциала.

29. Утилизация натриевого потенциала для осмотической, химической и механической работы.

30. Дыхательный контроль. Соотношение АДФ/Р и Р/О.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература:**

1. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / редакторы К. Уилсон и Дж. Уолкер. - М.: БИНОМ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321261.html>

2. Физическая химия дисперсных систем [Электронный ресурс]: учебник для студентов/ Ершов Ю.А. - М.:ГЭОТАР-Медиа, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970424285.html>

3. Нанобиотехнологии [Электронный ресурс] / под ред. А.Б. Рубина. - М. : БИНОМ, 2013. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322916.html>

### **б) дополнительная литература:**

1. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов / Н.М. Аль-Ани. - СПб. : Политехника, 2013.

2. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях [учеб. пособие / С.М. Аполлонский, Т.В. Каляда, Б.Е. Синдаловский. - СПб. : Политехника, 2012.

3. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация : [научное издание] : пер. с англ. / К. Александр [и др.] ; под ред. М. Н. Прасада, К. С. Саджвана, Р. Найду .— Москва : Физматлит, 2009 .— 815 с.

4. Практикум по молекулярной биологии [Электронный ресурс] / А. С. Коницев, И. Л. Цветков, А. П. Попов и др. - М. : КолосС, 2012.

5. Электронная микроскопия нанобактерий и других представителей микро- и наномира : [монография] / А. П. Пономарёв .— Владимир : ИП Журавлёва, 2011 .— 180 с.

### **в) периодические издания:**

1. Библиотека биолога: <http://lib.e-science.ru/book/?c=4>

2. Скулачев В.П. Биохимия мембран. Книга 6. Биоэнергетика: Мембранные преобразователи энергии: <http://freebooks4study.com/referat3683-down.html>

3. Природа: <http://ras.ru/publishing/nature.aspx>

4. Успехи современной биологии: <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7753>

5. Элементы. Сайт новостей фундаментальной науки: <http://elementy.ru/news>

**г) интернет ресурсы:**

1. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

2. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

3. [www.znaniium.com](http://www.znaniium.com)

**8. МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ  
(МОДУЛЯ)**

Лекционная часть каждого занятия сопровождается демонстрацией иллюстративного материала из Интернет-ресурсов, литературных источников, рисунков, помогающие восприятию материала по рассматриваемому вопросу, а также использование других и электронных научных библиотек для поиска необходимой литературы, например <http://www.sambal.co.uk/biology.html>;

<http://en.wikipedia.org/wiki/Bioenergetics>; <http://www.molbiol.ru>; <http://www.biotechnolog.ru>;

Лекционный курс читается в классической аудитории (ауд. 133-1), оснащенной мультимедийными средствами (персональный компьютер, диапроектор). Презентации, наглядные пособия и др.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.03.01 – «Биология» и профилю подготовки «Биоэнергетика»

Рабочую программу составил: докт. биол. наук, профессор Пономарев А.П.

*А.П. Пономарев*

Рецензент *Б.М. Манин* МАНИН Борис Леонидович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник «Федеральный центр охраны здоровья животных».

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры биологии и экологии протокол № 6/2 от «10» ноября 2014 года..

Заведующий кафедрой *Т.А. Трифонова* Трифонова Т.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 06.03.01 - «Биология» протокол № 8/2 от «10» ноября 2014 г.

Председатель учебно-методической комиссии *Т.А. Трифонова* Трифонова Т.А.

#### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 2015-16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 28 от «20» апреля 2015 г.

Зав. кафедрой биологии и экологии *Т.А. Трифонова* Трифонова Т.А.

Рабочая программа одобрена на 2016-17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 20 от «25» апреля 2016 г.



Зав. кафедрой биологии и экологии \_\_\_\_\_  Трифонова Т.А.

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой биологии и экологии \_\_\_\_\_ Трифонова Т.А.