

Министерство образования Республики Беларусь
Учебно-методическое объединение по естественнонаучному образованию



Заместитель Министра образования
Республики Беларусь

А.И. Жук

01 2013 г.

Регистрационный № ТД-Г. 454/тип.

Биоэнергетика

Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности:
1-31 01 02 Биохимия

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию

А.Л. Толстик

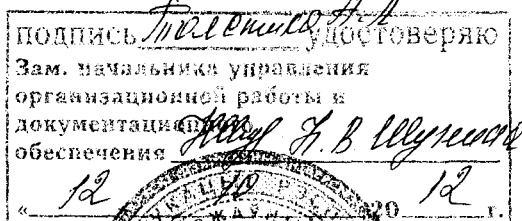
12 10 2012 г.

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и среднего специального образования Министерства образования Республики Беларусь

С.И. Романюк

10 01 2013 г.



12 10 2012 г.

Проректор по учебной и воспитательной работе Государственного учреждения образования «Республиканский институт высшей школы»

В.И. Шупляк

13 12 2012 г.

Эксперт-нормоконтролер

13 12 2012 г.

Минск 2013

СОСТАВИТЕЛЬ:

Оксана Игоревна Губич, доцент кафедры биохимии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра биотехнологии и биоэкологии Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»;

Екатерина Ивановна Слобожанина, заведующий лабораторией медицинской биофизики Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси», доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой биохимии Белорусского государственного университета (протокол № 8 от 12 сентября 2012 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 1 от 27 сентября 2012 г.);

Научно-методическим советом по биологии, биохимии и микробиологии Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию (протокол № 15 от 12 октября 2012 г.)

Ответственный за редакцию: Оксана Игоревна Губич

Ответственный за выпуск: Оксана Игоревна Губич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по дисциплине «Биоэнергетика» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой ступени по специальности 1-31 01 02 «Биохимия».

Биоэнергетика является одной из важнейших дисциплин в системе подготовки высококвалифицированных специалистов-биохимиков, поскольку дает информацию об источниках энергообеспечения процессов жизнедеятельности, регуляции энергетических процессов, взаимопревращении различных видов энергии в живом организме.

Современная биоэнергетика тесно связана с биохимией, биофизикой, микробиологией, ксенобиологией, мембранологией, физиологией, космической биологией. Изучение данной дисциплины позволяет расширить научный кругозор студентов-биохимиков, способствует получению знаний и практических навыков, необходимых для самостоятельного проведения исследований на современном научно-методическом уровне.

Курс «Биоэнергетика» состоит из 4 частей: «Энергетические источники жизни», «Пути образования энергии в клетке», «Основные пути использования энергии в организме животных и человека», «Интеграция и регуляция энергетических процессов». В первом разделе приводятся данные о структуре и биологической роли различных макроэргических соединений, рассматривается понятие «биологическое окисление», обсуждаются его виды и их локализация в клетке. Вторая часть курса посвящена рассмотрению основных биохимических путей образования макроэргических соединений в аэробных и анаэробных условиях у организмов различных систематических групп. В третьем разделе рассматриваются основные процессы, протекающие в организме с затратой энергии. Четвертый раздел посвящен механизмам регуляции и координации процессов энергетического обмена в обычных и в различных экстремальных условиях.

Особое внимание в программе уделяется рассмотрению альтернативных функций клеточного дыхания, роли активных форм кислорода в явлениях запрограммированной гибели митохондрий, клеток и органов.

Программа курса составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным дисциплинам химического и биологического профиля («Органическая химия», «Структурная биохимия», «Метаболическая биохимия», «Физиология человека и животных», «Физиология растений», «Биофизика» и др.).

Цель курса – сформировать у студентов целостную систему знаний об основных путях, механизмах регуляции и взаимосвязи энергетических процессов в клетке.

Задачи курса:

- сформировать у студентов знания об основных энергетических источниках жизни, путях образования и использования энергии в организме животных и человека;

- сформировать у студентов навыки определения важнейших макроэргов в биологическом материале, изучения важнейших ферментов катаболизма и процесса окислительного фосфорилирования в дыхательной цепи митохондрий с использованием современных лабораторных методов.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- источники энергетического обеспечения метаболизма в живых системах;

- разнообразие путей превращения энергии в живых клетках;

- основные понятия, термины и законы биоэнергетики;

уметь:

- использовать знания о способах преобразования энергии в живых системах для выяснения функционального назначения процессов энергообеспечения в живом организме;

- использовать методы биоэнергетики в исследовательской практике.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения, реализуемые на лекционных и лабораторных занятиях;

- компетентностный подход, реализуемый на лекциях, лабораторных занятиях и при организации самостоятельной работы студентов;

- учебно-исследовательская деятельность, реализуемая на лабораторных занятиях;

- рейтинговая система оценки знаний.

При чтении лекционного курса необходимо применять наглядные материалы в виде таблиц, схем и мелового рисунка, а также технические средства обучения для демонстрации слайдов и презентаций.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Теоретические положения лекционного курса развиваются и закрепляются на лабораторных занятиях, при выполнении которых студенты приобретают навыки количественного и качественного определения содержания важнейших макроэргов в биологическом материале, знакомятся с современными методами изучения важнейших ферментов катаболизма и исследования процесса окислительного фосфорилирования в дыхательной цепи митохондрий. Лабораторные занятия должны быть обеспечены лабораторными животными, реактивами, лабораторным оборудованием, демонстрационными таблицами.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового компьютерного контроля по темам и разделам курса. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование накопительной рейтинговой системы.

Программа рассчитана на 96 часов, в том числе 46 аудиторных часов: 26 – лекционных и 20 – лабораторных занятий.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ разделов и тем	Наименование разделов и тем	Аудиторные часы		
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия
	Введение	2	2	-
I.	Энергетические источники жизни	6	2	4
II.	Пути образования энергии в клетке	20	10	10
III.	Основные пути использования энергии в организме животных и человека	12	6	6
IV.	Интеграция и регуляция энергетических процессов	6	6	-
ИТОГО:		46	26	20

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Общее представление об обмене энергии в живой клетке. Биоэнергетика как наука: важнейшие задачи, проблемы и достижения. Краткая история развития биоэнергетики (работы В.И. Палладина, А.Н. Баха, В.П. Скулачева, В.А. Энгельгардта и др.). Биоэнергетика в Республике Беларусь.

I. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ЖИЗНИ

Энергетический минимум жизни. Понятие о биологическом окислении, виды биологического окисления. Источники углерода и энергии в биологических системах.

Природа макроэргических связей. Многообразие форм накопления энергии в клетках. Структура и биологическая функция макроэргов: нуклеозидтрифосфатов, фосфогенов, сверхмакроэргов, образующихся в ходе обмена углеводов, высокополимерных полифосфатов растений. Внутриклеточная локализация процессов энергетического обмена. Универсальная роль биологических мембран в энергообеспечении животных, растительных и бактериальных клеток.

II. ПУТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В КЛЕТКЕ

Гликолиз: химизм, баланс энергии, биологическая роль. Молекулярные механизмы аккумуляции энергии в реакциях субстратного фосфорилирования гликолиза: окисление глицеральдегид-3-фосфата, енолазная реакция гликолиза. Энергетическая значимость пентозофосфатного пути окисления углеводов.

Фосфорокластические реакции: биологическая роль, примеры реакций разрыва C-C, C-S и C-N связей у микроорганизмов.

Накопление энергии при окислительном декарбоксилировании кетокислот (пировиноградной, α -оксоглутаровой).

Аэробное окисление органических веществ. Разнообразие субстратов, окисляемых различными типами клеток. Взаимосвязь различных путей превращения дыхательного субстрата.

Цикл Кребса - амфиболический путь. Генерирование высокоэнергетической фосфатной связи из сукцинил-КоА. Анаэробные реакции цикла трикарбоновых кислот: ферментативное карбоксилирование пирувата, фосфоенолпирувата, глиоксалатный путь. Энергообразующие функции цикла трикарбоновых кислот, баланс энергии цикла Кребса. Регуляция функционирования цикла Кребса.

Митохондрии, как преобразователи энергии. Химический состав и структура митохондрий. Ультраструктура митохондриальной мембраны. Транспортные системы митохондрий.

Реакции переноса электронов. Понятие об окислительно-восстановительных потенциалах. Дыхательная цепь транспорта электронов. Общая характеристика компонентов дыхательной цепи (никотинамидадениндинуклеотид, флавиннуклеотиды, белки, содержащие негеминовое железо, кофермент Q, цитохромы b, c, c_1 , a, a_3). Последовательность расположения переносчиков электронов в редокс-цепи митохондрий. Окислительно-восстановительные потенциалы переносчиков и изменение свободной энергии в дыхательной цепи. Кислород как терминальный акцептор электронов. Локализация пунктов сопряжения в дыхательной цепи.

Фракционирование и реконструкция комплексов дыхательной цепи: комплекс I - НАДН-дегидрогеназа. Комплекс II (сукцинатдегидрогеназа, электронпереносающий флавопротеин). Убихинон и комплекс III (b, c_1 -комплекс). Цитохром c и комплекс IV (цитохромоксидаза).

Характеристика состояний митохондрий. Эффективность окислительного фосфорилирования (коэффициент P/O, АДФ/O, дыхательный контроль).

Сопряжение работы дыхательной цепи с процессом синтеза АТФ. Теории сопряжения: химические и конформационные гипотезы, хемиосмотическая теория сопряжения. Генераторы мембранного потенциала внутренней мембраны митохондрий, механизм действия. Структура H^+ -АТФазы. Функционирование F_0 и F_1 .

Разобшающие агенты и ингибиторы процессов окислительного фосфорилирования. Жирные кислоты как разобшители окислительного фосфорилирования.

Альтернативные пути транспорта электронов (ядерная фракция, пероксисомы, микросомы).

III. ОСНОВНЫЕ ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

Альтернативные функции клеточного дыхания. Рассеивание энергии дыхания при терморегуляции, дыхание как механизм образования полезных соединений, дыхание как механизм обезвреживания ксенобиотиков и эндогенных токсинов, дыхание как механизм ускоряющий эволюцию.

Мембранный транспорт. Типы переноса веществ через биологические мембраны. Энергетическое обеспечение процессов мембранного транспорта. Перенос через мембраны неорганических соединений.

Мышечное сокращение. Механизм мышечного сокращения. Энергетика мышечного сокращения.

Промежуточные компоненты энергетического метаболизма - исходные продукты для биосинтетических процессов. Этапы синтеза белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, протекающие с затратой энергии.

IV. ИНТЕГРАЦИЯ И РЕГУЛЯЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Взаимосвязь различных типов энергетического обмена. Молекулярные механизмы, лежащие в основе эффекта Пастера. Регуляция потоков восстановительных эквивалентов между цитозолем и митохондриями. Участие челночных систем в окислении немитохондриального НАДН.

Активные формы кислорода и оксидативная модификация макромолекул: польза, вред и защита. Причины и последствия «митохондриальных» заболеваний. Роль активных форм кислорода в индукции митоптоза, апоптоза и органоптоза. Нефосфорилирующее дыхание как механизм, предотвращающий образование активных форм кислорода.

Метаболическая специализация органов. Адаптация энергетического обмена к кратковременному и продолжительному голоданию и интенсивным мышечным нагрузкам.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Дэвид, Дж. Биоэнергетика / Дж. Дэвид. М.: Мир, 1985.
2. Ленинджер, А. Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир, 1985.
3. Камкин, А.Г., Киселева И.С. Физиология и молекулярная биология мембран клеток / А.Г. Камкин, И.С. Киселева. М.: Академия, 2008.
4. Кучеренко, Н.Е., Войницкий, В.М. Биоэнергетика / Н.Е. Кучеренко, В.М. Войницкий. М.: Высшая школа, 1985.
5. Скулачев, В.П. Энергетика биологических мембран / В.П. Скулачев. М.: Наука, 1989.
6. Скулачев, В.П. Биоэнергетика. Мембранные преобразователи энергии / В.П. Скулачев. М.: Высшая школа, 1989.
7. Скулачев, В.П., Богачев, А.В., Каспаринский Ф.О. Мембранная биоэнергетика / В.П. Скулачев, А.В. Богачев, Ф.О. Каспаринский. М.: Изд-во МГУ, 2010.

Дополнительная:

1. Албертс, Б., Брей, Д., Льюис, Дж. Молекулярная биология клетки / Б. Албертс, Д. Брей, Дж. Льюис. М.: Мир, 1987.
2. Болдырев, А.А. Введение в мембранологию / А.А. Болдырев. М.: Высшая школа, 1990.
3. Геннис, Р. Биомембраны: молекулярные структуры и функции / Р. Геннис. М.: Мир, 1997.
4. Ершов, Ю.А. Общая биохимия и спорт / Ю.А. Ершов. М.: Изд-во МГУ, 2010.
5. Замай, Т.Н., Титова, Н.М., Елсукова Е.И. Спортивная биохимия/ Т.Н. Замай, Н.М. Титова, Е.И. Елсукова, А.В. Еремеев. Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
6. Кагава, Я. Биомембраны / Я. Кагаева. М.: Наука, 1985.
7. Кретович, В.Л. Очерки по истории биохимии в СССР / В.Л. Кретович. М.: Наука, 1984.
8. Мари, Р. Биохимия человека / Р. Мари. М.: Мир, 1993.
9. Чухрай, Е.С. Молекула, жизнь, организм / Е.С. Чухрай. М.: Наука, 1981.
10. Эккерт, Р., Рэндэлл, Д. Физиология животных / Р. Эккерт, Д. Рэндэл. М.: Мир, 1991.
11. Яковлев, Н.Н. Химия движения / Н.Н. Яковлев. М.: Наука, 1983.
12. www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed - Лучшие обзорные статьи по биохимии в журнале "Annual Review of Biochemistry".

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Баллы	Показатели оценки
1	2
1 (один)	Отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа
2 (два)	Фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта; знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
3 (три)	Недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
4 (четыре)	Достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач; умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку; работа под руководством преподавателя на лабораторных занятиях, допустимый уровень исполнения заданий
5 (пять)	Достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно принимать типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий

1	2
6 (шесть)	Достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий
7 (семь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
8 (восемь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины (в том числе техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий

1	2
9 (девять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; систематическая, активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
10 (десять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по изучаемой учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин; творческая самостоятельная работа на лабораторных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Типовым учебным планом специальности 1-31 01 02 «Биохимия» в качестве формы итогового контроля по дисциплине рекомендован экзамен. Оценка учебных достижений студента осуществляется на экзамене и производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;

- защита подготовленного студентом реферата;
- проведение коллоквиума;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса;
- компьютерное тестирование.