

АГЕНТСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АДМИНИСТРАЦИИ
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЗАОЧНАЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ ШКОЛА при КрасГУ

БИОФИЗИКА

Дополнительная образовательная программа

Возраст детей 10 класс (15-16 лет)

Срок реализации – 1 год

Авторы программы: д-р биол. наук В.А.Кратасюк,
канд. педаг. наук О.А.Осипенко,
д-р физ.-мат. наук С.И.Барцев,
канд. биол. наук Е.В.Ветрова,
канд. биол. наук В.В.Межевикин,
канд. биол. наук И.Е.Суковатая,
канд. биол. наук Т.А.Зотина,
канд. биол. наук И.В.Свидерская,
канд. биол. наук Е.С.Задереев,
аспирант А.А.Самойлова

Красноярск 2006

Составители: В.А.Кратасюк, О.А.Осипенко, С.И.Барцев, Е.В.Ветрова, В.В.Межевикин, И.Е.Суковатая, Т.А.Зотина, И.В.Свидерская, Е.С.Задереев, А.А.Самойлова

Физика: Дополнительная образовательная программа. 10 класс. Биофизика / сост.: В.А.Кратасюк, О.А.Осипенко, С.И.Барцев, Е.В.Ветрова, В.В.Межевикин, И.Е.Суковатая, Т.А.Зотина, И.В.Свидерская, Е.С.Задереев, А.А.Самойлова; КрасГУ, Красноярск. – 2006. – 18 с.

ISBN 5-7638-0708-1

Печатается по решению Дирекции Краевого государственного учреждения дополнительного образования «Заочная естественно-научная школа» при Красноярском государственном университете

ISBN 5-7638-0708-1

© Красноярский
государственный
университет, 2006

Аннотация

В курсе «Биофизика» рассматриваются самые современные направления развития биофизики и ее взаимодействия с физическими и биологическими науками. «Горячими» проблемами биофизики являются механизмы и модели функционирования биологических систем на молекулярно-клеточном, организменном и надорганизменном уровнях. Обсуждаются с биофизической точки зрения проблемы происхождения жизни из неживой материи, эволюции живых систем, сути мышления и его происхождения.

Пояснительная записка

Учебный курс предназначен для дополнительного образования учащихся 10 классов, интересующихся современными проблемами науки и готовящихся к обучению в вузе на специальностях физического, биологического и химического профиля.

Содержание курса выходит за рамки школьной программы и может быть использовано для проведения факультативных занятий для углубленной подготовки.

Цели курса: Основная цель курса – ознакомить школьников с современными физическими подходами в исследовании живых организмов, сформировать интерес, а значит и мотивацию для изучения дисциплин естественнонаучного профиля. Курс должен обеспечить обучение, воспитание и развитие школьников в естественнонаучных областях.

Основные задачи курса:

1. Формирование у школьников знаний о закономерностях протекания в живых организмах физических и физико-химических процессов на разных уровнях организации – от субмолекулярного и молекулярного до клетки и целого организма.

2. Формирование понимания взаимосвязи физических и биологических процессов в живых системах

3. Ознакомление с основными физическими методами исследования биологических объектов.

4. Развитие профильной подготовки школьников для поступления на естественнонаучные факультеты университетов, прежде всего, в отдаленных и сельских школах за счет предоставления образовательных услуг по современным направлениям науки, дополнительным к традиционным учебным программам.

5. Создание потенциала содержания дистанционной образовательной среды в области биофизики, биотехнологии и других современных научных направлений.

подавляющее большинство современных методов исследования живых систем основано на применении физических законов или явлений. Биофизика объективным образом демонстрирует непрерывность в изучении природы, показывая тесную взаимосвязь физических, химических и биологических закономерностей. Биофизика – важнейший элемент общебиологического образования, способствующий формированию научного мышления и объективному пониманию жизненных явлений и процессов нарушения жизнедеятельности организмов.

Курс спланирован как междисциплинарное описание явлений и закономерностей, протекающих в живых организмах на разных уровнях его организации и имеющих биофизический характер. Методологическая идея состоит, в основном, в изложении «горячих» проблем биофизики (и в этом смысле курс служит избранными главами биофизики), связанных между собой единой логикой естественно-научного мышления. Это позволяет авторам курса сохранить корректность в изложении сложных проблем современной науки и одновременно представить материал на научно-популярном уровне,

базирующемся на знаниях, полученных учащимися по основным предметам школьной программы. Курс дает представление об основных разделах биофизики, но при этом не дублирует вузовские курсы по биофизике, более того, является платформой для лучшего понимания предметов «Физика», «Химия» и «Биология» основной школьной программы.

Помимо традиционных заданий курс «Биофизика» содержит задачи, стимулирующие становление исследовательских навыков (задачи с формулировкой существующих нерешенных проблем современной биофизики, межпредметные задания, задачи с «избыточными» или «недостаточными» данными и др.).

При составлении курса были использованы следующие научно-методические подходы: соответствие современным деятельностным формам и методам организации процесса обучения, ориентация на компетентностный подход и современные цели обучения, соответствие современным научным представлениям в области биофизики, соответствие возрастным и психологическим особенностям учащихся, обеспечение преемственности содержания образования, обеспечение межпредметных связей, обеспечение оптимизации учебного процесса, обеспечение возможностей использования разных форм обучения, включая очные, заочные, дистанционные, проведение консультаций, экскурсий, экспериментальной работы и т.п.

По содержанию программа курса «Биофизика» соответствует углубленным программам по общеобразовательным предметам, дополняющим традиционные учебные программы по физике, химии, биологии, математике и естествознанию.

Знания, умения и навыки при обучении по курсу «Биофизика»:

В ходе освоения курса «Биофизика» учащиеся приобретут знания о физических законах и явлениях, ходе и характере различных биологических процессов на уровне как сложных систем (организменном и популяционном), так и отдельных органов, клеток, мембран и т.д. вплоть до поведения электронных структур биологических молекул с использованием физических законов и явлений.

По окончании курса учащиеся приобретут дополнительные навыки:

- способность к самостоятельному обучению,
- коммуникабельность, умение работать в коллективе,
- способность самостоятельно мыслить и действовать,
- способность решать нетрадиционные («нешкольные») задачи, используя приобретенные предметные, интеллектуальные и общие знания.
- коммуникативные компетенции, необходимые для ученых-исследователей: умение понять проблему, работать с научной литературой и учебниками, формулировать гипотезу, планировать исследования, проводить эксперимент, отбирать и анализировать информацию, представлять результаты исследования в виде отчетов, докладов на семинарах и конференциях, в том числе с использованием мультимедийных презентаций, организовывать и участвовать в научных дискуссиях.

Учебный курс «Биофизика» состоит из 5 модулей:

- Проблемы динамики устойчивого развития биосферы.
- Биофизика фотобиологических процессов.
- Биофизика белка и биокинетика.
- Радиационная биофизика.
- Биофизика наземных и водных экосистем.

Каждый модуль состоит из развернутой программы модуля, учебно-методической (теоретической) части, материалов для семинарских занятий, контрольных вопросов и заданий

для самостоятельной работы, эталонных ответов и решений для самоконтроля, списка литературы.

Объем учебного курса – 160 часов, из них 100 часов – самостоятельная работа с учебно-методическим пособием, 40 часов – контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения, 10 часов – ответы и решения для самоконтроля, 10 часов – интерактивные семинарские занятия.

Предлагаемый курс не имеет аналогов в России и за рубежом, так как основан на результатах исследований, полученных в Красноярском госуниверситете на кафедре биофизики, Институте биофизики СО РАН, Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.

Учебно-тематический план

Объем учебного курса – 160 часов, из них 100 часов - самостоятельная работа с учебно-методическим пособием, 40 часов – контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения, 10 часов – ответы и решения для самоконтроля, 10 часов – интерактивные семинарские занятия.

Модуль 1. ДИНАМИКА БИОСФЕРЫ И КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Объем модуля – 28 часов, из них 18 часов - самостоятельная работа с учебно-методическим пособием, 6 часов – контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения, 2 часа – ответы и решения для самоконтроля, 2 часа – интерактивные семинарские занятия.

- 1.1. Введение. Устойчивое развитие и биосфера.
- 1.2. Биосфера и ее экспериментальные модели.
- 1.3. Свойства компонентов биосферы - экосистем.
- 1.4. Сила и знание в управлении экосистемами.
- 1.5. Экосистемы и антропогенное воздействие.
- 1.6. Оптимальное природопользование как необходимый компонент устойчивого развития.
- 1.7. Долгосрочные прогнозы динамики биосферы.
- 1.8. Стратегическая игра человечества и ее возможные исходы.
- 1.9. Контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения

Модуль 2. БИОФИЗИКА ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Объем модуля – 22 часа, из них 14 часов - самостоятельная работа с учебно-методическим пособием, 4 часов – контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения, 2 часа – ответы и решения для самоконтроля, 2 часа – интерактивные семинарские занятия.

- 2.1. Введение.
- 2.2. Фотосинтез как основной фотоэнергетический процесс на Земле.
- 2.3. Фоторегуляторные системы.
- 2.4. Биолюминесценция.
- 2.5. Фотодинамическое действие света.
- 2.6. Контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения

Модуль 3. БИОФИЗИКА БЕЛКА И БИОКИНЕТИКА

Объем модуля – 34 часов, из них 22 часов - самостоятельная работа с учебно-методическим пособием, 8 часов – контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения, 2 часа – ответы и решения для самоконтроля, 2 часа – интерактивные семинарские занятия.

- 3.1. Введение. Белки как составная часть клеточной автокаталитической системы воспроизводства клеточного материала и самой клетки.
- 3.2. Химическая природа и структурная организация белков.
- 3.3. Химическая природа нуклеиновых кислот и генетическая информация.
- 3.4. Биосинтез ДНК как информационного компонента внутриклеточной автокаталитической системы.
- 3.5. Биосинтез белка как реализация генетической информации.
- 3.6. Формирование пространственной структуры белков.
- 3.7. Физические основы функционирования белков.
- 3.8. Ферментативная кинетика.
- 3.9. Антитела как уникальный специфический класс белков.
- 3.10. Заключение. Возникновение живых клеток как результат химической эволюции.
- 3.11. Контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения

Модуль 4. РАДИАЦИОННАЯ БИОФИЗИКА

Объем модуля – 30 часов, из них 18 часов - самостоятельная работа с учебно-методическим пособием, 8 часов – контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения, 2 часа – ответы и решения для самоконтроля, 2 часа – интерактивные семинарские занятия.

- 4.1. Предмет радиационной биофизики.
- 4.2. Первичные процессы поглощения энергии ионизирующих излучений.
- 4.3. Косвенное действие ионизирующих излучений.
- 4.4. Радиочувствительность (радиоустойчивость) биологических объектов и ее модификация.
- 4.5. Радиационная инактивация макромолекул и ее последствия.
- 4.6. Лучевые поражения клеток.
- 4.7. Радиационные эффекты в области малых доз.
- 4.8. Дозиметрия.
- 4.9. Действие излучения на ткани и органы организма.
- 4.10. Источники радиационных воздействий на человека.
- 4.11. Контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения

Модуль 5. БИОФИЗИКА НАЗЕМНЫХ И ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Объем модуля – 46 часов, из них 32 часов - самостоятельная работа с учебно-методическим пособием, 8 часов – контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения, 2 часа – ответы и решения для самоконтроля, 4 часа – интерактивные семинарские занятия.

5.1. Биофизика наземных экосистем.

- 5.1.1. Общая характеристика наземных экосистем.
- 5.1.2. Основные типы растительных формаций земного шара.
- 5.1.3. Рост, популяционная динамика компонентов наземных экосистем.
- 5.1.4. Бореальные леса как пример наземных экосистем.
- 5.1.5. Контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения

5.2. Биофизика водных экосистем.

- 5.2.1. Введение в биофизику водных экосистем.
- 5.2.2. Основы водной экологии.
- 5.2.3. Проникновение света сквозь водную толщу.
- 5.2.4. Стратификация водных экосистем (температура и соленость).
- 5.2.5. Растворенные газы (кислород и углекислый газ) и рН воды.
- 5.2.6. Биогенные элементы (фосфор и азот).
- 5.2.7. Биологические звенья и основы функционирования водных экосистем.
- 5.2.8. Математическое моделирование и управление состоянием водных экосистем.
- 5.2.9. Моделирование популяционной динамики гидробионтов.
- 5.2.10. Динамические модели водных экосистем.
- 5.2.11. Контрольные вопросы и задания для самостоятельного решения

Содержание образовательной программы

Модуль 1. Динамика биосферы и концепция устойчивого развития человечества

Тема 1. Введение. Устойчивое развитие и биосфера

Отношения «человек-биосфера» в исторической перспективе, в наши дни и в прогнозируемом будущем. Возможна ли гармония человека и природы? Корни глобальных экологических или биосферных проблем современности. Научные задачи, решение которых необходимо для обеспечения устойчивого развития человечества. Задачи устойчивого развития, которые выходят за рамки естественных наук.

Тема 2. Биосфера и ее экспериментальные модели

Общее представление о моделях и моделировании. Понятие замкнутости биосферы и учение Вернадского. Малые прототипы (модели) биосферы – Биологические Системы ЖизнеОбеспечения (БСЖО) для космических экспедиций. Экспериментальные системы «Биос-3», «Биосфера-2», CEEF CELSS. Значение замкнутости потоков веществ для длительного существования БСЖО. Нарушение замкнутости потоков веществ в земной биосфере. Расчет баланса биосферных потоков углерода.

Тема 3. Свойства компонентов биосферы - экосистем

Вид, популяция, сообщество, экосистема. Условия устойчивого существования популяции на примере простых дискретных математических моделей. Динамические режимы, в которых может находиться популяция. Задача прогноза динамики как необходимое условие эффективного и разумного управления. Ноосфера как разумно управляемая биосфера. Факторы, препятствующие получению точного прогноза.

Тема 4. Сила и знание в управлении экосистемами

Вспышки численности фитофагов как пример ситуаций, требующих разумного управляющего воздействия. Простейшие модели вспышек численности фитофагов. Необходимость точного (в нужное время и с нужной интенсивностью) воздействия для гашения вспышек численности в простейшей модели «фитофаг-энтомофаг».

Тема 5. Экосистемы и антропогенное воздействие

Неизбежность антропогенного давления на экосистемы и биосферу в целом при современном уровне развития цивилизации. Необходимость определения пределов эластичности экосистем в ответ на возмущающее воздействие. Сложности определения границ эластичности на примере простейшей дискретной модели системы «загрязнитель – биота». Устройство и свойства модели. Вычислительный эксперимент в определении границ эластичности популяции. Общее заключение по проблеме прогноза устойчивости экосистем.

Тема 6. Оптимальное природопользование как необходимый компонент устойчивого развития

Представление об оптимальности, условия, при которых возникает необходимость обращаться к методам оптимизации. Оптимизационные задачи жизнеобеспечения на наглядных примерах космических БСЖО. Необходимость использования интегральных критериев оптимизации. Биосфера как большая система жизнеобеспечения космического корабля по имени Земля. Оптимальное природопользование регионами как подход к решению эколого-экономических задач.

Тема 7. Долгосрочные прогнозы динамики биосферы

Необходимость моделирования биосферы для решения задач устойчивого развития. Примеры распределенных моделей биосферы, их достоинства и недостатки. Альтернативный подход, основанный на минимальных моделях биосферы. Минимальная модель связи глобального

цикла углерода в атмосфере и парникового эффекта. Прогнозы глобального потепления при различных значениях параметров биосферы.

Тема 8. Стратегическая игра человечества и ее возможные исходы

Таблица платежей человечества при различных вариантах развития событий. Очевидные выводы и неочевидные причины их игнорирования. Технологическая мощь человечества как вызов его разуму. Образ победы в стратегической игре человечества с биосферой.

Модуль 2. Биофизика фотобиологических процессов

Тема 1. Введение

Общая характеристика фотобиологических реакций и их типы. Основные характеристики. Основные стадии фотобиологического процесса и их характеристики. Типы фотохимических реакций.

Тема 2. Фотосинтез как основной фотоэнергетический процесс на Земле

Эволюция фотосинтетической системы. Строение и функции фотосинтезирующих пигментов. Организация фотосинтетического аппарата бактерий, водорослей, растений. Световые и темновые стадии фотосинтеза.

Тема 3. Фоторегуляторные системы

Особенности передачи внешних сигналов у одноклеточных и многоклеточных организмов. Основные типы фоторецепторов. Стадии фоторегуляторных процессов. Фитохром как основной фоторецептор регуляции у растений, его основные свойства. Фотоморфогенез. Фотопериодизм. Фототропизм. Фототаксис.

Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина. Устройство глаза членистоногих. Механизм фоторецепции глаза млекопитающих. Зрительные пигменты. Механизм и регуляция зрительной фоторецепции.

Тема 4. Биолюминесценция

Биолюминесценция и биолюминесцентные организмы. Механизмы трансформации энергии биохимических реакций в свет. Флуоресцентные белки. Биолюминесценция моря. Биофизические характеристики свечения и методы их измерения. Применение биолюминесцентных методов (биофизика, экология, медицина).

Тема 5. Фотодинамическое действие света

Влияние УФ-излучения на живые организмы (действие на белки, нуклеиновые кислоты, мембраны). Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Фотобиологические реакции в коже. Эритема. Пигментация кожи (загар), канцерогенез. Фотосенсибилизация, механизмы и применение. Основы фотодинамической терапии.

Модуль 3. Биофизика белка и биокинетика

Тема 1. Введение. Белки как составная часть клеточной автокаталитической системы воспроизводства клеточного материала и самой клетки

Клеточные химические процессы (клеточный метаболизм) – основа жизни. Катализаторы и автокатализаторы – химические конструкции, резко увеличивающие скорость протекания химических реакций. Белок, ДНК и РНК как единая внутриклеточная автокаталитическая система. Механизмы координации внутриклеточных процессов. Биологические функции белков как компонентов внутриклеточной автокаталитической системы. Другие функции белков.

Тема 2. Химическая природа и структурная организация белков

Химическая природа белков. Аминокислоты как мономеры, формирующие первичную структуру белка. Элементарные взаимодействия внутри белков и белков с окружением. Структурная организация белков. Модификация белков после их синтеза. Денатурация и ренатурация белков.

Тема 3. Химическая природа нуклеиновых кислот и генетическая информация

Первичная структура нуклеиновых кислот. ДНК и РНК. Нуклеотиды как мономеры, формирующие первичную структуру нуклеиновых кислот. Уровни структурной организации нуклеиновых кислот. Основные типы клеточной РНК. Генетическая информация. Понятие гена. Генетическая информация как информация о первичной структуре белков и ряда молекул РНК. Основные формы хранения генетической информации в структуре ДНК и РНК.

Тема 4. Биосинтез ДНК как информационного компонента внутриклеточной автокаталитической системы

Репликация ДНК. Основные механизмы синтеза ДНК. ДНК-полимеразы и другие белки, участвующие в синтезе ДНК. Репарация ДНК и белки. Основные механизмы сохранения и репарации генетической информации в клетке. Сохранение и передача генетической информации в ряду поколений.

Тема 5. Биосинтез белка как реализация генетической информации

Реализация генетической информации. Общая схема реализации генетической информации. Транскрипция и трансляция. Генетический код. РНК-полимеразы – инструменты синтеза РНК как слепка ДНК. Процессинг – процесс образования информационных и служебных РНК. Транспортная РНК - трансляционный посредник. Рибосомы как фабрики белкового синтеза.

Тема 6. Формирование пространственной структуры белков

Принцип самоорганизации пространственной структуры. Парадокс Левинталя. Роль шаперонов в формировании пространственной структуры белков. Прионы. Классическое представление о структуре белков. Вторичная структура белка. Третичная и четвертичная структуры. Современные представления о структурной организации белков. Предсказание и дизайн белковых структур.

Тема 7. Физические основы функционирования белков

Функция белка и его структура. Элементарные функции. Механизмы функционирования некоторых типов белков. Ферменты. Каталитические и субстрат-связывающие центры. Кофакторы. Механизм ферментативного катализа. Теория переходного состояния в ферментативном катализе. Специфичность катализа. Механизм «ключ-замок». Механизм индуцированного соответствия. Другие механизмы специфичности. Создание теории ферментативного катализа. Структура и функционирование некоторых уникальных белков.

Тема 8. Ферментативная кинетика

Роль ферментативной кинетики в изучении ферментов. Законы термодинамики и ферментативная кинетика. Механизмы химических реакций. Понятие механизма ферментативного катализа. Фермент-субстратный комплекс. Кинетика Михаэлиса-Ментен. Методы стационарной и нестационарной кинетики. Ингибирование и активирование ферментативных реакций.

Тема 9. Антитела как уникальный специфический класс белков

Иммунная система. Структура антител. Синтез антител. Иммуноанализ.

Тема 10. Заключение. Возникновение живых клеток как результат химической эволюции

Возникновение живых клеток и белков как результат предбиологической химической эволюции. Рибозимы. Метод молекулярной селекции. Основные концепции химической

эволюции. Возникновение ДНК и белков.

Модуль 4. Радиационная биофизика

Тема 1. Предмет радиационной биофизики

Цели и задачи; экскурс в историю предмета; связь с другими областями знаний. Радиобиология, парадокс радиобиологии, современные направления.

Тема 2. Первичные процессы поглощения энергии ионизирующих излучений

Типы ионизирующих излучений, их взаимодействие с веществом (механизмы поглощения энергии). Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений, линейная передача энергии. Основные физические величины радиобиологии и единицы их измерения.

Тема 3. Косвенное действие ионизирующих излучений

Непрямое действие излучения. Радиолиз воды и его продукты. Инактивация макромолекул в растворах. Зависимость «доза-эффект» при прямом и косвенном действии излучения.

Тема 4. Радиочувствительность (радиоустойчивость) биологических объектов и ее модификация

Критерии радиочувствительности. Кислородный эффект, обратный кислородный эффект, механизм радиомодифицирующего действия кислорода. Химические радиопротекторы. Механизмы противолучевой защиты.

Тема 5. Радиационная инактивация макромолекул и ее последствия

Повреждения белков, перекисное окисление липидов, радиационные повреждения ДНК и их репарации; последствия для клетки.

Тема 6. Лучевые поражения клеток

Стадии лучевого поражения клетки. Радиобиологические реакции клеток. Задержка прохождения клеточного цикла. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток. Механизмы радиационной гибели клеток (апоптоз и некроз). Генетическая нестабильность. Радиационные эффекты, регистрируемые на уровне клетки: обзор современных методов биологической дозиметрии.

Тема 7. Радиационные эффекты в области малых доз

Старая и современная парадигмы. Значение естественного радиационного фона для биоты. Зависимость «доза-эффект» в области малых доз: гиперрадиочувствительность и радиационный гормезис. Адаптивный ответ. «Эффект свидетеля».

Тема 8. Дозиметрия

Основные методы дозиметрии (ионизационный, калориметрический, химический, люминесцентный, сцинтилляционный, твердотельный, трековый, ЭПР-дозиметрия, биологические методы) и их применения на практике. Методы ретроспективной дозиметрии человека и их возможности.

Тема 9. Действие излучения на ткани и органы организма

Радиационная чувствительность тканей и органов, радиационные синдромы (действие ионизирующего излучения на систему кроветворения, пищеварения и центральную нервную систему). Прямые и опосредованные эффекты облучения. Распределение и миграция радионуклидов в организме человека.

Тема 10. Источники радиационных воздействий на человека

Естественный радиационный фон Земли, антропогенный радиационный фон. Основные радионуклиды радиационного фона и их взаимодействие с организмом человека и животных. Использование радиоактивных изотопов человеком.

Модуль 5. Биофизика наземных и водных экосистем.

Часть 1. Биофизика наземных экосистем

Тема 1. Общая характеристика наземных экосистем

Основные компоненты, особенности организации, отличия от экосистем водных. Роль высших растений. Деревья и травы. Распределение биомассы по компонентам наземных экосистем. Детритные пищевые цепи. Почва и происходящие в ней процессы трансформации вещества. Роль животных, бактерий и грибов. Трофические уровни. Методы изучения наземных экосистем – наблюдения, эксперименты, математическое моделирование.

Тема 2. Основные типы растительных формаций земного шара

Размещение растительных формаций в зависимости от климатических условий. Потоки вещества и энергии в основных биомах. Цикл углерода. Характеристики продукции в наземных экосистемах разного типа: влажные тропические леса, тропические саванны и бореальные степи, пустыни, листопадные и хвойные леса умеренной зоны, хвойные бореальные леса (тайга), болота, тундра.

Тема 3. Рост, популяционная динамика компонентов наземных экосистем

Математические модели динамики популяций: экспоненциальный рост, ограниченный рост. Взаимодействие популяций: конкуренция, «хищник-жертва», кооперация, аменсализм, комменсализм, «паразит-хозяин». Моделирование взаимодействий различных типов. Динамика популяции человека.

Тема 4. Бореальные леса как пример наземных экосистем

Особенности функционирования, взаимодействий, поддержания устойчивости. Основные трансформационные процессы критических явлений (пожары, вспышки массового размножения насекомых, ветровалы). Восстановление в бореальных лесах. Глобальные эффекты в экосистемах бореальных лесов.

Часть 2. Биофизика водных экосистем

Тема 1. Введение в биофизику водных экосистем

Вода и ее место в жизни человека. Понятие водной экосистемы. История исследований водных экосистем. Основные понятия системного подхода, используемые при исследовании водных экосистем.

Тема 2. Основы водной экологии

Физико-химические условия среды обитания и ограничения, накладываемые ими, на функционирование водных экосистем. Основные свойства воды (теплоемкость, поверхностное натяжение, способность быть растворителем, зависимость плотности воды от температуры) и их причины.

Тема 3. Проникновение света сквозь водную толщу

Краткая информация о солнечной радиации, достигающей поверхности воды. Судьба света в толще воды (отражение, преломление, прохождение и ослабление). Почему вода в разных озерах имеет разную прозрачность и разный цвет?

Тема 4. Стратификация водных экосистем (температура и соленость)

Зависимость плотности воды от температуры. Температурный цикл стратифицированного водоема. Основные режимы перемешивания. Роль солености в стратификации водоемов. Почему река Енисей перестала замерзать зимой в Сибири после строительства Красноярской ГЭС?

Тема 5. Растворенные газы (кислород и углекислый газ) и pH воды

От чего зависит растворимость газов в воде? Концентрация кислорода в водных экосистемах: роль диффузии, фотосинтеза и окислительно-восстановительных реакций. Типичные

вертикальные распределения кислорода в водной толще. Сезонный цикл кислорода в водоеме. Углекислый газ как основной источник углерода для фотосинтеза в водных экосистемах. Цикл углекислого газа в водоемах. Основные формы углерода (органического и неорганического). Основная информация о рН воды (реакции и определения). Буферная система (изменение и контроль щелочности).

Тема 6. Биогенные элементы (фосфор и азот)

Что такое биогенные элементы? Закон минимума Либиха. Фосфор как основной лимитирующий элемент в водных экосистемах. Цикл фосфора. Основные формы фосфора в воде. Источники фосфора. Фосфор и качество воды. Азот и его роль в водных экосистемах. Основные формы. Цикл азота. Источники азота. Вертикальное распределение азота в водных экосистемах. Токсичные формы азота.

Тема 7. Биологические звенья и основы функционирования водных экосистем

Фитопланктон (микроводоросли). Определение планктона. Основные группы микроводорослей и их особенности. Плавуемость микроводорослей и факторы, оказывающие на нее влияние. Зависимость скорости роста от температуры и освещенности. Взаимодействие факторов, влияющих на рост микроводорослей: общая модель сезонного развития водорослей в водоеме. Парадокс планктона. Первичная продукция. Основные методы ее измерения. Общие закономерности продуктивности.

Разложение органического вещества в водных экосистемах. Роль микроорганизмов в процессе разложения вещества. Основные этапы разложения вещества. Методы оценки разложения органического вещества.

Зоопланктон. Основные представители зоопланктона (простейшие, коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные). Особенности жизненного цикла. Питание зоопланктона. Экология зоопланктона. Вертикальные распределения и миграции. Основные механизмы формирования вертикального распределения. Покоящиеся стадии в жизненном цикле зоопланктона и их роль в функционировании водной экосистемы.

Рыбы. Основные факторы, влияющие на разнообразие рыб в водоеме. Жизненный цикл. Рост и размножение рыб. Как определить возраст рыбы, почему это трудно сделать?

Трофическая сеть. Понятие трофической сети. Основные способы ее регуляции. Гипотеза трофического каскада. Биоманипуляция.

Тема 8. Математическое моделирование и управление состоянием водных экосистем

Роль моделирования в вопросах исследования водных экосистем. Основные подходы к математическому моделированию экосистем (редукционный, холистический, детерменистский, стохастический, эмпирический). Основные этапы разработки математической модели (постановка цели, выбор переменных и параметров, калибровка и верификация, анализ на чувствительность). Основные типы моделей водных экосистем.

Тема 9. Моделирование популяционной динамики гидробионтов

Дискретные и непрерывные модели (общее представление). Основные непрерывные модели (модель Мальтуса, логистическое уравнение). Использование популяционных моделей для анализа сосуществования видов. Модели баланса. Основные проблемы моделей популяционной динамики. Основные тенденции в популяционном моделировании.

Тема 10. Динамические модели водных экосистем

Основные термины и понятия в области динамических моделей водных экосистем, конечная цель прогноза, выбор вектора состояния, выбор уравнений модели, использование результатов кинетического подхода. Другие подходы к моделированию водных экосистем: имитационные, структурные модели, модели с использованием целевых функций, эволюционирующие модели. Примеры прогноза и управления состоянием водных экосистем на основе матмоделей.

Методическое обеспечение

Дополнительная образовательная программа по курсу «Биофизика» является заочной. Методическое обеспечение курса включает рекомендации для учителя, учащегося, администратора по использованию материалов данной программы, развернутую программу курса по пяти модулям, учебно-методическую (теоретическую) часть, материалы для семинарских занятий, контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы, эталонные ответы и решения для самоконтроля, список литературы.

Вопросы для итогового контроля

1. Какие научные задачи необходимо решить для обеспечения устойчивого развития человечества?
2. Какие задачи устойчивого развития, выходят за рамки естественных наук?
3. Почему высокая замкнутость потоков веществ является ключевым свойством биосферы?
4. Почему нельзя получить точный прогноз динамики биосферы?
5. На чем основана аналогия между биосферой и БСЖО космического корабля?
6. Привести таблицу платежей человечества при различных вариантах развития глобального кризиса.
7. Растолковать смысл следующих терминов: *биосфера, концепция устойчивого развития человечества, экосистема, антропогенное воздействие, природопользование.*
8. Растолковать смысл следующих терминов: *фотосинтез, фоторегуляторные системы, биолюминесценция, фотодинамическое действие света*
9. Какие белки называются глобулярными, фибриллярными и мембранными? Приведите примеры.
10. Перечислите основные функции белков.
11. Какова роль шаперонов в формировании пространственной структуры белков?
12. Что такое фермент-субстратный комплекс?
13. Перечислите типы ингибирования и активирования ферментативных реакций.
14. От чего зависит радиочувствительность биологических объектов,
15. Перечислите основные объекты радиационного поражения в клетке,
16. Каковы последствия (на уровне клетки) радиационного поражения липидов, белков, ДНК?
17. Пояснить вид зависимости “доза-эффект” в области малых доз,
18. Какие методы применяются для ретроспективной дозиметрии человека,
19. Растолковать смысл следующих терминов: *ионизирующее излучение, радиационный парадокс; радиочувствительность, малые дозы; радиационный гормезис;*
20. Укажите соотношение биомассы животных и растений на суше и в океане.

21. Какой биом суши характеризуется наибольшим запасом органического вещества на единицу площади?
22. Напишите уравнения экспоненциального и ограниченного роста.
23. Какие леса имеют наибольшую продуктивность на единицу площади: бореальные умеренной зоны или тропические?
24. Растолковать смысл следующих терминов: *наземные экосистемы, растительные формации, популяционная динамика компонентов наземных экосистем, бореальные леса*
25. При какой температуре вода имеет наибольшую плотность и какое это имеет значение для функционирования водных экосистем?
26. Какой биогенный элемент наиболее часто лимитирует развитие водных экосистем и почему?
27. Схематически изобразите трофическую сеть водной экосистемы цветущей цианобактериями до и после биоманипуляции.
28. Назовите основные отличия между дискретными и непрерывными моделями популяционной динамики.
29. Растолковать смысл следующих терминов: *водные экосистемы, стратификация водных экосистем, биогенные элементы, биологические звенья, математическое моделирование, популяционная динамика гидробионтов.*

Список литературы

1. Shugart, H.H. Terrestrial ecosystems in changing environments, Cambridge University Press, 1998. – 537 p.
2. Барсуков О.А., Барсуков К.А. Радиационная экология. М.: Научный мир, 2003. – 253 с.
3. Барцев С.И., Дегерменджи А.Г., Ерохин Д.В. Глобальные обобщенные модели динамики углекислого газа. // Очерки экологической биофизики. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – С.453-466.
4. Барцев С.И., Межевикин В.В., Охонин В.А., Сарангова А.Б. Устойчивое развитие как разработка и реализация методологии глобального замыкания и управления развитием земных регионов. // Очерки экологической биофизики. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – С.439-453.
5. Беляева Н.Е., Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Информационная система «Динамические модели в биологии». Электронный ресурс: [<http://dmb.biophys.msu.ru/models>]
6. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 1, 2. М.: Мир, 1989.
7. Бохински Р. Современные воззрения в биохимии. М.: Мир, 1987. – 544 с. (Robert C.Bohinski. Modern concepts in biochemistry. Fourth edition. Allan and Bacon, Inc, Boston, 1983).
8. Владимиров Ю.А., Потапенко А.Я. Физико-химические основы фотобиологических процессов. М.: Высш. шк., 1989.
9. Гаузе Г.Ф. Борьба за существование. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.

10. Гительзон И.И., Родичева Э.К., Медведева С.Е., Примакова Г.А., Барцев С.И., Кратасюк Г.А., Петушков В.Н., Межевикин В.В., Высоцкий Е.С., Заворуев В.В., Кратасюк В.А. Светящиеся бактерии. Новосибирск: Наука, 1984. – 280 с.
11. Гладышев М.И. Основы экологической биофизики водных систем. Новосибирск: Наука, 1999. – 112 с.
12. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. М.: Мир, 1986. Т. 1-2.
13. Келети Т. Основы ферментативной кинетики. М.: Мир, 1990. – 350 с.
14. Конев С.В., Волотовский И.Д.. Фотобиология. Минск: Изд-во БГУ, 1979.
15. Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1986.
16. Крапивин В.Ф., Свирежев Ю.М., Тарко А.М. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов. М.: Наука, 1982. – 272 с.
17. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 442 с.
18. Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С. Основы радиационной биофизики. М.: Изд-во МГУ, 1982. - 304 с.
19. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 304 с.
20. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975.
21. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981.
22. Пивоваров Ю.П., Михалев В.П. Радиационная экология: учебное пособие для высших учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2004 г. – 240 с.
23. Радиация. Дозы, эффекты, риск. М.: Мир, 1988. - 79 с.
24. Резникова Ж.И. Популяции и виды на весах войны и мира. М.: Логос, 2001.
25. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
26. Спиринов А.С. Молекулярная биология. Структура рибосомы и биосинтез белка. М.: Высш. шк., 1986. – 303 с.
27. Страшкраба М., Гнаук А. Пресноводные экосистемы. Математическое моделирование: перевод с английского. М.: Мир, 1989.-376с.
28. Финкельштейн А.В., Птицын О.Б. Физика белка. Курс лекций с цветными и стереоскопическими иллюстрациями. 2-е издание. М.: Книжный дом «Университет», 2002. –376 с.
29. Хлебопрос Р.Г., Фет А.И. Природа и общество: модели катастроф. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999. – 344 с.
30. Шульц Г.Е., Ширмер Р.Х. Принципы структурной организации белков. М.: Мир, 1982. (G.E.Schulz, R.H.Schirmer. Principles of protein structure. Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin, 1979).
31. Экологическая биофизика: Учебное пособие: В 3 т. / Под ред. И.И. Гительзона и Н.С. Печуркина. Т. 2. Биофизика наземных и водных экосистем. М.: Логос, 2002. - 360 с.
32. Экологическая биофизика: Учебное пособие: В 3 т. / Под ред. И.И.Гительзона, Н.С.Печуркина. Т.3. Экология и биофизика: время интеграции. М.: Логос, 2002. – 304 с.
33. Ядерная энциклопедия. - М.: Благотвор. фонд Ярошинской, 1996. - 656 с.
34. Ярмоненко С.П., Вайсон А.А. Радиобиология человека и животных: учебное пособие. М.: Высш. шк., 2004. – 549 с.

Физика: Биофизика.
Дополнительная образовательная программа.
10 класс.

Составители: Валентина Александровна Кратасюк,
Ольга Анатольевна Осипенко,
Сергей Игоревич Барцев,
Елена Владимировна Ветрова,
Владислав Валентинович Межевикин,
Ирина Егоровна Суковатая,
Татьяна Анатольевна Зотина,
Ирина Викторовна Свидерская,
Егор Сергеевич Задереев,
Алиса Александровна Самойлова

Редактор О.Ф. Александрова
Корректурa авторов

Подписано в печать 25.12.2006
Бумага газетная.
Усл. печ. л. 0,3

Формат 60x84 /16.
Печать ризоргафическая.

Тиражируется на электронных носителях

Заказ

Дата выхода

Адрес в Internet: www.lan.krasu.ru/studies/editions

Отдел информационных ресурсов управления и информации КрасГУ
660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79, ауд. 22-05, e-mail: info@lan.krasu.ru

Издательский центр Красноярского государственного университета
660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79, e-mail: rio@lan.krasu.ru