

Белорусский государственный университет



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик

« 30 » 06 2016 г.

Регистрационный № УД - 2427 / уч.

### **Биотический круговорот**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:  
1-33 01 01 Биоэкология**

2016 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-33 01 01-2013, типовой учебной программы **БИОТИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ**. №ТД-Н. 085/тип. 2016 г. и учебных планов УВО № Н33-010/уч. 2013 г., № Н33з-012/уч. 2013 г.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

Макаревич Тамара Александровна, доцент кафедры общей экологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент;

Василий Витальевич Гричик, заведующий кафедрой общей экологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, профессор

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой общей экологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного университета (протокол № 20 от 20 мая 2016 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 7 от 30 июня 2016 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Биотический круговорот» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой ступени по специальности 1-33 01 01 «Биоэкология».

**Цель** учебной дисциплины – сформировать у студентов целостное представление о потоках энергии и круговороте веществ в биосфере.

**Задачи** учебной дисциплины:

- изучение общих закономерностей новообразования органического вещества в экосистемах разного типа;
- оценка роли консументов в трансформации и перераспределении энергии в экосистемах разного типа;
- изучение общих принципов и закономерностей функционирования редуцентов в природных и искусственных экосистемах;
- интеграция знаний об отдельных аспектах продукционно-деструкционных процессов в биосистемах разного уровня и создание целостной картины структурно-функциональной организации биосферы.

Учебная дисциплина включает 3 раздела: «Первичные продуценты», «Консументы», «Редуценты в природных и искусственных экосистемах». Изучение учебной дисциплины «Биотический круговорот» базируется на знаниях, полученных студентами по таким учебным дисциплинам как «Общая экология», «Микробиология», «Ботаника», «Зоология» и др.

Программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным учебным дисциплинам государственного компонента учебных планов («Гидроэкология»), а также компонента учреждения высшего образования («Агроэкология», «Глобальная экология» и др.).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- место первичных продуцентов, консументов и редуцентов в биотическом круговороте и в системе органического мира Земли;
- факторы, лимитирующие первичную продукцию в наземных и водных экосистемах;
- закономерности питания консументов;
- роль консументов в трансформации и перераспределении энергии в экосистемах разного типа;
- принципы и закономерности функционирования редуцентов в экосистемах различного типа;
- качественный и количественный состав редуцентов при использовании естественных и искусственных систем утилизации промышленных отходов;

**уметь:**

- давать экспертную оценку продуктивности экосистем;
- рассчитывать величину рациона и оценивать степень обеспеченности пищей популяций различных видов водных и наземных животных;

– давать научное обоснование эксплуатации ресурсов промысловых видов животных;

– определять видовой и родовой состав редуцентов природных ценозов;

**владеть:**

– основными методами оценки продукции водных и наземных экосистем;

– основными подходами к оценке трофического статуса водных экосистем;

– методами оценки интенсивности деструкционного процесса в естественных и искусственных экосистемах.

В соответствии с образовательным стандартом по специальности 1-33 01 01 «Биоэкология» изучение учебной дисциплины «Биотический круговорот» должно обеспечить формирование у специалиста следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

ПК-1. Квалифицированно проводить научные исследования в области экологии и биологии, осуществлять анализ результатов экспериментальных исследований, формулировать из полученных результатов корректные выводы.

ПК-2. Осваивать новые модели, теории, методы исследования, разрабатывать новые методические подходы.

ПК-3. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры.

ПК-4. Готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

ПК-5. Составлять и вести документацию по научным проектам исследований.

ПК-6. Квалифицированно проводить научно-производственные исследования в области промышленной экологии, выбирать грамотные и экспериментально обоснованные методические подходы, давать рекомендации по практическому применению полученных результатов.

ПК-7. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научно-технических и других информационных источниках.

ПК-8. Организовывать работу по подготовке научных статей, заявок на изобретения и лично участвовать в ней.

ПК-9. Организовывать работу по обоснованию целесообразности выполнения научных проектов и исследований.

ПК-10. Составлять и вести документацию по научно-производственной деятельности.

В соответствии с учебным планом дневной формы получения образования программа рассчитана на 146 часов, из них аудиторных 84 часов. Распределение по видам занятий: лекции – 52 часа, лабораторные занятия – 28 часов, аудиторный контроль управляемой самостоятельной работы – 4 часа. Изучение учебной дисциплины осуществляется в 7 семестре.

В соответствии с учебным планом заочной формы получения образования программа рассчитана на 146 часов, из них аудиторных 20 часов. Распределение по видам занятий: лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 4 часа. Изучение учебной дисциплины осуществляется в 7-8 семестрах.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **РАЗДЕЛ «ПЕРВИЧНЫЕ ПРОДУЦЕНТЫ»**

#### **I. ВВЕДЕНИЕ**

Понятие биотического и биогеохимического круговоротов. Потoki энергии. Круговорот веществ. Функциональные элементы экосистемы: первичные продуценты, консументы и редуценты. Место первичных продуцентов в структуре биосферы. Роль первичных продуцентов в биотическом (биогеохимическом) круговороте. Положение в классификационных системах органического мира Земли.

#### **II. ТИПЫ ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ**

Многообразие первичных продуцентов. Основные функциональные типы первичных продуцентов, исходя из особенностей процесса новообразования органического вещества из неорганического (кислородный фотосинтез, бескислородный фотосинтез, фотосинтез бесхлорофильного типа, хемосинтез).

*Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит кислородный фотосинтез.* Кислородный фотосинтез как процесс новообразования органического вещества. Зеленые растения: видовое богатство, морфо-физиологическое разнообразие, экологические группы, вклад в новообразование органического вещества в биосфере. Цианобактерии (синезеленые водоросли): таксономический статус цианей, место в системе Бактериального и Ботанического кодексов номенклатуры организмов; биологические и экологические особенности; вклад в новообразование органического вещества в биосфере. Хлороксибактерии (прохлорофитовые водоросли): история открытия; таксономический статус; биологические и экологические особенности; вклад в суммарную первичную продукцию биосферы.

*Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит аноксигенный фотосинтез.* Аноксигенный фотосинтез и его отличие от оксигенного. Фотосинтезирующие бактерии: классификация, морфо-физиологические особенности; экология. Фотосинтезирующие пигменты фототрофных бактерий и их принципиальное отличие от пигментов зеленых растений, циано- и хлороксибактерий. Вклад аноксигенного фотосинтеза в создание суммарной первичной продукции экосистем и его роль в биогеохимическом круговороте биогенных элементов.

*Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит бесхлорофилльный фотосинтез.* Бесхлорофилльный фотосинтез: история открытия; характеристика процесса; происхождение; роль в биосфере. Физиологические особенности и экология архебактерий, осуществляющих бесхлорофилльный фотосинтез.

*Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит хемосинтез.* Хемосинтезирующие бактерии: классификация; экология. Хемосинтез как этап утилизации энергии первичной продукции и как процесс новообразования органического вещества. Роль в биогеохимическом круговороте N, H, S, Fe.

### **III. БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ**

Учение В. И. Вернадского о живом веществе. Роль первичных продуцентов в эволюции Земли. Фотосинтез как геологический фактор.

Формы воздействия первичных продуцентов на окружающую среду. Основные биогеохимические функции первичных продуцентов: газовая, окислительно-восстановительная, концентрация и выделение солей кальция, концентрация элементов из рассеянного состояния, синтез и разрушение органического вещества. Роль первичных продуцентов в миграции радионуклидов в природных средах.

Роль первичных продуцентов в почвообразовании и формировании почвенного плодородия. Эдафотрофные водоросли, их таксономический состав, морфо-физиологические адаптации к обитанию в почве. Роль водорослей в повышении почвенного плодородия: накопление органического вещества; азотфиксация; влияние на физико-химические свойства и структуру почв; влияние на микробиологическую активность почв; влияние на развитие высших растений. Практическое использование водорослей для повышения почвенного плодородия и индикации состояния почв.

### **IV. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ**

*Основные понятия и определения.* Продукционный процесс. Продуктивность. Первичная продукция и деструкция. Биомасса как итог противоположно направленных процессов продукции и деструкции. Валовая первичная продукция и чистая первичная продукция. Чистая продукция сообщества.

Продукция в момент времени и интегральная продукция. Потенциальная продукция. Новая и регенеративная первичная продукция.

Удельная продукция. Р/В-коэффициент. Время оборачиваемости биомассы. Ассимиляционные числа.

Единицы выражения продукции.

Соотношение понятий биологической и хозяйственной продуктивности.

Энергетический подход к изучению биологического продуцирования.

*Методы определения первичной продукции.* Теоретическая основа методов определения первичной продукции. Определение по урожаю. Измерение количества кислорода: метод изолированных объемов и определение по изменению содержания кислорода в свободной воде водоемов. «Метод склянок» в кислородной модификации как стандартный метод определения первичной продукции планктона в континентальных водоемах. Определение величин первичной продукции планктона (суточные, годовые, за вегетационный сезон) под 1 м<sup>2</sup> и в целом для водоема. Определение двуокиси углерода: аэродинамический метод и метод изолированных объемов. Метод радиоактивных изотопов. Расчет продукции по содержанию хлорофилла. Определение первичной продукции на основании флуоресцентного анализа. Дистанционные методы. Основные достоинства и недостатки различных методов. Области применения различных методов. Особенности определения первичной продукции в наземных и водных экосистемах.

## **V. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОСНОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗЕМНОГО ШАРА И ФАКТОРЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ**

Международная биологическая программа и ее роль в изучении продуктивности. Общая оценка продуктивности биосферы. Мировое распределение первичной продукции экосистем основных типов. Широтное изменение первичной продукции континентальных экосистем и факторы его определяющие. Широтное распределение первичной продукции в Мировом океане; определяющие факторы.

Вертикальное распределение первичной продукции в наземных и водных экосистемах.

Различия в отношении продукция/биомасса для наземных и водных сообществ. Изменение Р/В-коэффициента в ходе сукцессии.

Факторы, лимитирующие первичную продукцию в наземных сообществах: свет, температура, вода, почва, структура растительного полога, продолжительность вегетационного периода. Факторы, лимитирующие первичную продукцию в водных сообществах: биогенные элементы, освещенность, температура, выедание.

## **РАЗДЕЛ «КОНСУМЕНТЫ»**

### **VI. ВВЕДЕНИЕ**

Консументы как функциональный элемент экосистемы. Роль консументов в биотическом (биогеохимическом) круговороте. Значение консументов в жизнеобеспечении человека. Рациональная эксплуатация ресурсного потенциала консументов.

### **VII. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ КОНСУМЕНТОВ**

История вопроса. Работы Элтона, Линдемана, Одума. Пирамиды чисел, биомасс и энергий. Автохтонное и аллохтонное вещество. Определение. Их роль в экосистемах разного типа. Общая схема потока энергии. Коэффициенты эффективности. Потоки энергии для различных типов консументов. Потоки энергии для различных экосистем.

Экологическая эффективность Слободкина. Ее значение для пойкилотермных и гомотермных животных. Пределы экологической эффективности.

Энергетическая классификация экосистем. Принцип накопления в трофических цепях. Предельная длина пищевых цепей. Преимущества и недостатки энергетического подхода. Теория суперорганизма Клеменса. Подход, основанный на изучении взаимодействий.

### **VIII. ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИЩИ КОНСУМЕНТАМИ**

Типы питания. Голозойное и эндогенное питание. Хищники, пастьба, детритофаги, копрофаги, фильтраторы, седиментаторы.

Состав пищи. Белки, жиры, углеводы, минеральные вещества. Спектры питания и их ширина. Полифагия, олигофагия, монофагия и их роль в эволюции.

Качество пищи. Дифференцированное и недифференцированное питание. Пищевое предпочтение. Ранжированное и сбалансированное предпочтение. Переключение. Избирательность питания и коэффициенты селективности.

Ширина спектра питания и эволюция. Преимущество монофагии. Преимущество полифагии. Подбор сбалансированной диеты.

Коэволюция хищника и жертвы – гонка вооружений.

Неравномерное распределение пищи. Кормовые пятна (по качеству и количеству пищи). Обнаружение кормовых пятен на основе поведения. Обнаружение и реакция нахождения в пятне (задержки, поиск на ограниченной площади). Теорема о пороговой ценности пятна (время нахождения в пятне и покидание пятна). Агрегирующий эффект потребителей при наличии пятен – склонность животных скапливаться в участках с высокой плотностью жертвы.



Агрегации для растительноядных организмов. Стабилизирующее влияние частичного убежища на популяции потребителей и их жертв. Взаимная интерференция потребителей и ее стабилизирующее значение.

Взаимодействие на поведенческой основе. Коэффициент интерференции.

Теория оптимального добывания пищи. Цель – предсказание пищевой стратегии. Ширина спектра питания с точки зрения оптимального добывания пищи.

Ритмы питания (суточные, сезонные, репродуктивные)

Функциональные ответы и их типы.

Связь величин рациона с массой тела животных.

## **IX. ФИТОФАГИИ И ДЕТРИТОФАГИ**

Фитофаги – хищники с пастбищным типом питания. Влияние популяции фитофага на популяцию жертвы. Компенсационные реакции у растений в ответ на влияние фитофагов. Непропорциональное воздействие фитофагов на растения. Защитные реакции растений (колючки и шипы, выделение ядовитых веществ и др.).

Фитофаги и рост и размножение растений. Положительное влияние (распространение, опыляемость).

Фитофаги-фильтраторы. Сопряженность питания и дыхания. Планктонные ракообразные, моллюски. Стимуляция развития водорослей в присутствии потребителей. Роль фитофагов в трансформации органического вещества.

Детрит как единый комплекс, состоящий из мертвого органического вещества и ассоциированных с ним микроорганизмов. Образование детрита при гибели организмов и при сбрасывании отмерших частей. Детрит растительного и животного происхождения. Детритофагия. Детритные цепи питания.

Копрофагия. Поедание трупов животных. Консументы, специализирующиеся на поедании отдельных частей трупов.

Типы питания детритофагов в водных экосистемах (размельчители, собиратели, седиментаторы, соскребатели). Взаимодействие между детритофагами и их ресурсами.

## **X. НАСТОЯЩИЕ ХИЩНИКИ**

Понятие «настоящие хищники».

Специализированные и неспециализированные хищники. Элементы поведения хищника. Эффективность поедания жертвы. Экологический и физиологический рацион.

Модель Лотки-Вольтера. Колебательные циклы в модели. Эффект запаздывания.

Влияние хищников на продукционные процессы.

Интродукция и удаление хищников.

## **XI. ВТОРИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ**

Понятие продуктивности и продукции. История вопроса: работы Бойсен-Иенсена, Эльстера, Винберга.

Методические основы выражения и расчета продукции. Единицы выражения (калории, граммы, углерод, число особей). Продукция популяций без постоянного пополнения (общие подходы). Продукция популяций с постоянным пополнением (общие подходы). Методы расчета продукции (метод Бойсен-Иенсена, графический метод).

Скорость продуцирования, удельная продукция и Р/В коэффициенты. Соотношение скоростей продуцирования у различных видов животных. Влияние факторов среды на скорость продуцирования.

## **XII. БИОМАНИПУЛЯЦИИ И ПРОМЫСЕЛ**

Основные принципы биоманипуляции. Биоманипулирование «сверху» и «снизу». Основные механизмы.

Человек, как хищник при эксплуатации ресурсов. Концепция максимально поддерживаемого урожая (МПУ). Постоянная скорость изъятия продукции (фиксированная квота). Промысел с регулируемым промысловым усилием.

## **XIII. РОЛЬ КОНСУМЕНТОВ В ЭКОСИСТЕМАХ**

Консументы как производители продукции экосистем. Трансформирующая роль консументов и их влияние на более низкие и высокие трофические уровни.

Взаимосвязь между видовым разнообразием и продукцией консументов. Понятие «ключевых видов».

Изменения в сообществах консументов при антропогенном воздействии. Изменения в соотношениях численности и потоков энергии. Деградация и вспышки численности.

Чужеродные виды консументов и их роль в экосистемах. Инвазивные коридоры.

Искусственные экосистемы и роль консументов в этих экосистемах.

## **РАЗДЕЛ «РЕДУЦЕНТЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ»**

### **XIV. ВВЕДЕНИЕ**

Понятие о редуцентном звене экосистем. Общая характеристика (качественная и количественная) состава редуцентов. Аэробные и

анаэробные стадии разложения органического вещества. Ресурсы для деструкционной деятельности редуцентов.

## **XV. ОСНОВНЫЕ ПУТИ И ЭТАПЫ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ В ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ**

Разложение органического вещества в наземных и водных экосистемах и его специфика, особенности возвращения биогенов в новые циклы поглощения. Деструкция органического вещества через пищевые цепи консументов. Деструкция тканей живых организмов и разложение продуктов жизнедеятельности. Особенности трофических цепей детритного типа. Примеры детритных трофических цепей.

Влияние абиотических факторов на скорость разложения органического вещества. Сравнительный анализ деструкции органического вещества в наземных и водных экосистемах.

Формирование комплекса редуцентов в ходе экологической сукцессии и геохронологической эволюции экосистем.

## **XVI. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП РЕДУЦЕНТОВ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Микроорганизмы как основное звено редуцентов и их функции в биосфере. Методы изучения микрофлоры в природных и искусственных экосистемах. Основные группы микроорганизмов-редуцентов. Метод моделирования экосистем, принципы создания искусственных экосистем и возможности их использования в научных и прикладных целях.

Редуценты и вопросы экологической биотехнологии. Очистка почвы, воздушной и водной среды, создание генетически модифицированных микроорганизмов и консорциумов микроорганизмов для этих целей. Разработка методов контроля за их поведением в экосистеме.

Грибы и грибоподобные организмы, их место и роль в биогеоценозе. Основные группы грибов-редуцентов. Разложение растительного опада и древесины. Процессы образования и разложения гумуса и участие в них грибов.

Детритофаги как звено редуцентов, их функции и классификация.

## **XVI. МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БИОТЕХНОЛОГИИ**

Микроорганизмы в процессах очистки сточных вод. Характеристика процессов аэробной очистки сточных вод как важнейшей отрасли экологии и биотехнологии. Типы очистных сооружений в естественных (поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды) и искусственных (биофильтры, аэротенки) условиях. Характеристика и состав микрофлоры активного ила и биопленки. Основные группы организмов и их роль в процессах очистки. Способы утилизации активного ила.

Процессы анаэробной очистки (разложения органического вещества) и образование биогаза. Основные стадии процесса (гидролиз, кислотогенез, ацетогенез и метаногенез) разложения органического вещества в анаэробных условиях и группы микроорганизмов, их осуществляющие. Синтрофные сообщества. Образование гранулированной биомассы и ее состав. Принципы создания искусственных экосистем, их возможное использование в научных и прикладных целях.

Сравнительный анализ разложения загрязняющих веществ в аэробных и анаэробных условиях и работы соответствующих реакторов.

Биологическая обработка органических отходов, их характеристика и принципы обработки. Обработка твердых отходов: компостирование, свалки и полигоны бытовых отходов, твердофазная анаэробная ферментация.

Биоремедиация загрязненных почв и грунтов. Технология биоремедиации и возможности ее использования. Биоремедиация, биостимуляция и биоаугментация – основные направления использования биологических объектов для разложения органических веществ. Фитобиоремедиация.

Генетически модифицированные микроорганизмы (ГММ) и их интродукция в природные ценозы, анализ и методы контроля в экосистеме.

Выделение микроорганизмов из природных экониш, понятие о биомаркерных и биорепортерных генах. Молекулярная экология и проблемы некультивируемого состояния клеток.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Дневная форма получения высшего образования**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1.	Общие представления о биотическом круговороте. Место первичных продуцентов в биогеохимическом круговороте и в органическом мире Земли.	2						
2.	Типы первичных продуцентов	2						
3.	Биогеохимические функции первичных продуцентов. Первичная продукция: понятия, определения	4						
4.	Первичные продуценты водных экосистем. Методы полевых исследований				4			
5.	Методы определения первичной продукции: общие принципы, классификация методов. «Биомассный» и «кислородные методы»	4						
6.	Определение первичной продукции планктона				2			
7.	Определение количественных показателей фитопланктона на примере прудовой экосистемы				4			
8.	Ассимиляция углекислоты в водных и наземных экосистемах. Определение первичной продукции по ассимиляции CO <sub>2</sub>	2						
9.	Определение первичной продукции планктона по содержанию хлорофилла				2			
10.	Распределение первичной продукции в биосфере	2						

11.	Промежуточный зачет по темам «Методы определения первичной продукции» и «Распределение первичной продукции в биосфере»						2	тесты и задания
12.	Факторы, определяющие первичную продукцию в водных и наземных экосистемах	2						
13.	Консументы как функциональный элемент экосистемы. Роль консументов в биотическом (биогеохимическом) круговороте	2						
14.	Энергетический подход в изучении консументов	2						
15.	Потребление пищи консументами	4						
16.	Фитофаги и детритофаги	2						
17.	Настоящие хищники	2						
	Промежуточный зачет по теме «Функциональные типы консументов»						2	тесты и задания
18.	Вторичная продукция	2						
19.	Методы расчета вторичной продукции				4			
20.	Биоманипуляции и промысел	2						
21.	Биоманипуляция: принципы, подходы и методы				4			
22.	Чужеродные виды консументов и их роль в экосистемах. Инвазивные коридоры	2						
23.	Общая характеристика редуцентного звена. Основные функциональные группы редуцентов	4						
24.	Основные пути деструкции органических остатков в наземных и водных экосистемах.	2						
25.	Детритные пищевые цепи	2						
26.	Беспозвоночные животные (детритофаги) и процессы разложения органического вещества				2			
27.	Микроорганизмы как основное звено редуцентов и их функции в биосфере	2						

28.	Основные группы редуцентов в водной среде. Гетеротрофные бактерии. Детрит				2			
29.	Грибы и грибоподобные организмы, их место и роль в экосистемах. Основные группы грибов-редуцентов	2						
30.	Место и роль грибов в биоценозах. Разложение растительного опада и древесины. Типы экологических стратегий грибов				2			
31.	Редуценты и вопросы экологической биотехнологии: биологическая очистка сточных вод, обработка твердых отходов, биоремедиация загрязненных почв и грунтов	4						
32.	Биоремедиация. Основные направления биоремедиации. Общая характеристика процесса и преимущества в использовании. Основные этапы очистки почвы с использованием биоремедиации. Биоремедиация in situ и ex situ				2			

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Заочная форма получения высшего образования**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	Общие представления о биотическом круговороте. Типы первичных продуцентов и их биогеохимические функции.	2						
2	Первичная продукция. Распределение первичной продукции в биосфере. Факторы, лимитирующие первичную продукцию в водных и наземных экосистемах.	2						
3	Методы определения первичной продукции				4			
4	Консументы как функциональный элемент экосистемы. Роль консументов в биотическом (биогеохимическом) круговороте	2						
5	Энергетический подход в изучении консументов. Вторичная продукция	2						
6	Биоманипуляции и промысел. Чужеродные виды консументов и их роль в экосистемах	2						
7	Общая характеристика редуцентного звена. Основные функциональные группы редуцентов	2						
8	Основные пути деструкции органических остатков в наземных и водных экосистемах. Детритные пищевые цепи	2						
9	Редуценты и вопросы экологической биотехнологии: биологическая очистка сточных вод, обработка твердых отходов, биоремедиация загрязненных почв и грунтов	2						



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### О с н о в н а я:

1. *Израэль А.Ю.* Экология и контроль состояния природной среды / А.Ю. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984.
2. *Коробкин В.И.* Экология. Часть II. Прикладная экология / В.И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000.
3. *Красилов В.А.* Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты / В.А. Красилов. – М.: Институт охраны природы и заповедного дела, 1992.
4. *Крышев И.И.* Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России (Гл. 3. Методология анализа экологического риска) / Крышев И.И. – М.: ИздАТ, 2000.
5. *Макаревич Т.А.* Экологический мониторинг, контроль и экспертиза: учебное пособие / Т.А. Макаревич, С.П. Уточкина – Минск: БГУ, 2012.

#### Д о п о л н и т е л ь н а я:

1. *Барабошкин А.В.* Мониторинг лесов в Беларуси/ А.В. Барабошкин и др./ Под общей редакцией Н.Ю. Побирušко.: Обзорная информация. – Мн.: «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ», 2003.
2. Водный кодекс Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь, 30 апреля 2014 г. № 149-3. Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2014. № 2/2147.
3. *Войтов И.В.* Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и эколого-безопасного водоснабжения Беларуси. Глава. 8. Научные основы и принципы экологической сертификации и государственной экологической экспертизы / И.В. Войтов. Минск: Современное слово, 2000.
4. *Вронский В. А.* Прикладная экология: Учебное пособие / В.А. Вронский – Ростов-на-Дону: Феникс, 1996.
5. *Герменчук М.Г.* Использование международных стандартов для оценки экологического состояния трансграничных рек Беларуси / М.Г. Герменчук, В.П. Семенченко, Л.Л. Нагорская. – Тезисы международной научно-практической конференции «Экологические проблемы речных экосистем» – Мн., 2010.
6. Состояние окружающей среды Республики Беларусь: нац. доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси». Минск, 2010.
7. Государственная программа обеспечения функционирования и развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике

- Беларусь на 2011-2015 годы / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Минск, 2010.
8. Закон Республики Беларусь «О государственной экологической экспертизе» от 22 октября 2009 г.
  9. Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 года «Об охране окружающей среды» в редакции Закона от 17 июля 2002 года. № 126-3.
  10. *Ключенович В.И.* Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты и перспективы / В.И. Ключенович, М.Г. Герменчук, А.В. Бобко, М.А. Ересько, С.И. Кузьмин. Минск, «Бел НИЦ «Экология», 2013.
  11. Мониторинг окружающей среды предприятиями и их экологическая отчетность / Европейская экономическая комиссия ООН. – Нью-Йорк и Женева, 2007.
  12. Мониторинг природной среды дистанционными и геодезическими методами / Под. ред. А. А. Ковалева и В. Н. Губина. Минск: ин-т геологических наук АН Беларуси, 1996. 156 с.
  13. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2013/ под ред. М.А. Ересько. [Электронный ресурс] – Минск, «Бел НИЦ «Экология», 2014.
  14. *Остапеня А.П.* Концепция оптимизации Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / А.П. Остапеня, В.В. Винокуров, Т.И. Макарова и др. / под общей редакцией С.П. Уточкиной. – Минск: «Логвинов», 2003.
  15. Пособие по проведению экологического аудита в Республике Беларусь. Минск: ТИМ «На ростанях», 1995. 78 с.
  16. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14 июля 2003 г. № 949 «О национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь».
  17. Регулирование качества поверхностных вод в Молдове. Управленческие аспекты реформы / Организация экономического сотрудничества и развития. – Париж, 2007.
  18. *Романенко В.Д.* Методологические предпосылки для установления и использования экологических нормативов качества поверхностных вод / В.Д. Романенко, В.Н. Жукинский, О.П. Окснюк. – Гидробиологический журнал, Т. 35, N 3. 1999.
  19. Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных рек / Рабочая группа Европейской экономической комиссии ООН по мониторингу и оценке. – Хельсинки, 2001.
  20. Руководящие принципы по мониторингу и оценке трансграничных подземных вод / Целевая группа ЕЭК ООН по мониторингу и оценке. – Хельсинки, 2000.
  21. *Семенченко В.П.* Принципы и системы биоиндикации текущих вод / В.П. Семенченко. – Мн.: Издательство «Орех», 2004.
  22. *Семенченко В.П.* Экологическое качество поверхностных вод / В.П. Семенченко, В.И. Разлуцкий. Минск: Беларус. навука, 2010.

23. Состояние природной среды Беларуси: Ежегодный экологический бюллетень 2014 г. / под общей ред. академика НАН Беларуси В.Ф. Логинова. – Мн., 2015.
24. Стадницкий Г.В. Экология (Гл. 3. Промышленное производство и его воздействие на окружающую среду. Гл. 4. Контроль и управление качеством окружающей среды) / Г.В. Стадницкий, А.И. Родионов. – М.: Высшая школа, 1988.
25. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях / UNEP/CHEMICALS. – 2001.
26. Экология. Учебное пособие / под ред. С. А. Боголюбова. М.: Знание, 1997.
27. Экологические показатели и основанные на них оценочные доклады. Восточная Европа, Кавказ и Центральная Азия / Организация Объединенных Наций. – Нью-Йорк и Женева, 2007.
28. Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy 2000/60/EC
29. [www.minpriroda.by/ru](http://www.minpriroda.by/ru) – сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды

### **ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

1. Промежуточный зачет по темам «Методы определения первичной продукции» и «Распределение первичной продукции в биосфере»
2. Промежуточный зачет по теме «Функциональные типы консументов»

### **ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ**

В качестве формы итогового контроля по дисциплине используется зачет. Для оценки профессиональных компетенций студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- устные и письменные опросы на лабораторных занятиях;
- выполнение заданий в тестовой форме;
- защита подготовленного студентом реферата.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ Дневная форма получения высшего образования**

1. Первичные продуценты водных экосистем. Методы полевых исследований – 4 часа
2. Определение первичной продукции планктона – 2 часа
3. Определение количественных показателей фитопланктона на примере прудовой экосистемы – 4 часа

4. Определение первичной продукции планктона по содержанию хлорофилла – 2 часа
5. Методы расчета вторичной продукции – 4 часа
6. Биоманипуляция: принципы, подходы и методы – 4 часа
7. Беспозвоночные животные (детритофаги) и процессы разложения органического вещества – 2 часа
8. Основные группы редуцентов в водной среде. Гетеротрофные бактерии. Детрит – 2 часа
9. Место и роль грибов в биоценозах. Разложение растительного опада и древесины. Типы экологических стратегий грибов – 2 часа
10. Биоремедиация. Основные направления биоремедиации. Общая характеристика процесса и преимущества в использовании. Основные этапы очистки почвы с использованием биоремедиации. Биоремедиация *in situ* и *ex situ* – 2 часа

### **Заочная форма получения высшего образования**

1. Методы определения первичной продукции – 4 часа

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, курс лекций, мультимедийные презентации, методические указания к семинарским занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) <sup>1</sup>
Глобальная экология	Общей экологии и МПБ	нет	Утвердить согласование протокол № 20 от 20 мая 2016 г.
Гидроэкология	Общей экологии и МПБ	нет	Утвердить согласование протокол № 20 от 20 мая 2016 г.
Агроэкология	Общей экологии и МПБ	нет	Утвердить согласование протокол № 20 от 20 мая 2016 г.

---

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО  
на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (название кафедры) (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)