

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учебно-методическое объединение по экологическому образованию

УТВЕРЖДАЮ



Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

В.А. Богуш

2016г.

Регистрационный № ТД- Н.08.5/тип.

Биотический круговорот

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальности:
1-33 01 01 Биоэкология**

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по экологическому об-
разованию



С.А. Маскевич

2015 г.

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего
образования Министерства образования
Республики Беларусь

С.И. Романюк

3 мая 2016 г.

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»



И.В. Титович

25 апреля 2016 г.

Эксперт-нормоконтролер

А.А. Феншевич

01 04 2016 г.

Минск 2016

СОСТАВИТЕЛИ:

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

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

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

Байчоров Владимир Мухтарович, заведующий сектором мониторинга и кадастра животного мира Государственного научно-производственного объединения «Научно-производственный центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», доктор биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой общей экологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 16 октября 2015 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 11 ноября 2015 г.);

Научно-методическим советом по биоэкологии и геоэкологии Учебно-методического объединения по экологическому образованию (протокол № 3 от 01 декабря 2015 г.)

Ответственный за редакцию: Макаревич Тамара Александровна

Ответственный за выпуск: Макаревич Тамара Александровна

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Биотический круговорот» разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой степени 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 с учебной дисциплиной «Гидроэкология», а также дисциплинами компонента учреждения высшего образования «Агроэкология», «Глобальная экология».

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.

Программа рассчитана на 146 часов, из них аудиторных 84 часа (примерное распределение по видам занятий: лекции – 52 часа, лабораторные занятия – 32 часа).

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ темы	Наименование тем	Аудиторные часы		
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия
Раздел «Первичные продуценты»				
I.	Введение	2	2	–
II.	Типы первичных продуцентов	10	4	6
III.	Биогеохимическая роль первичных продуцентов	6	4	2
IV.	Первичная продукция	10	4	6
V.	Первичная продуктивность основных экосистем земного шара и факторы ее определяющие	6	4	2
Раздел «Консументы»				
VI.	Введение	1	1	–
VII.	Энергетический подход в изучении консументов	4	2	2
VIII.	Потребление пищи консументами	6	4	2
IX.	Фитофаги и детритофаги	3	3	–
X.	Настоящие хищники	2	2	–
XI.	Вторичная продукция	2	2	–
XII.	Биоманипуляции и промысел	6	2	4
XIII.	Роль консументов в экосистемах	2	2	–
Раздел «Редуценты в природных и искусственных экосистемах»				
XIV.	Введение	2	2	–
XV.	Основные пути и этапы деструкции органических остатков в природных экосистемах	10	6	4
XVI.	Особенности функционирования отдельных групп редуцентов и их практическое использование	8	6	2
XVII.	Микробиологические процессы в биотехнологии	4	2	2
ВСЕГО:		84	52	32

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

РАЗДЕЛ «ПЕРВИЧНЫЕ ПРОДУЦЕНТЫ»

I. ВВЕДЕНИЕ

Понятие биотического и биогеохимического круговоротов. Потоки 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 (оксигенный фотосинтез, аноксигенный фотосинтез, фотосинтез бесхлорофилльного типа, хемосинтез).

Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит оксигенный фотосинтез. Оксигенный фотосинтез как процесс новообразования органического вещества. Зеленые растения: видовое богатство, морфо-физиологическое разнообразие, экологические группы, вклад в новообразование органического вещества в биосфере. Цианобактерии (сине-зеленые 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 продук-

ции 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. Эдафотильные 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. P/V-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^2 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. Ос-

новные 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 пойкило-термных 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 элективности.

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

Козволюция 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. ФИТОФАГИ 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-Йенсена, 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-Йенсена, графический метод).

Скорость продуцирования, удельная продукция и P/V 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. Деградации и вспышки численности.

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

Искусственные экосистемы и роль консументов в этих экосистемах.

РАЗДЕЛ «РЕДУЦЕНТЫ В ПРИРОДНЫХ 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.

XVII. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ 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 эконич, понятие о биомаркерных и биорепортерных генах. Молекулярная экология и проблемы некультивируемого состояния клеток.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. *Алимов А.Ф.* Продукционная гидробиология / А.Ф. Алимов, В.В. Богатов, С.М. Голубков. – СПб.: Наука, 2013.
2. *Алимов А. Ф.* Элементы теории функционирования водных экосистем / А.Ф. Алимов. – СПб.: Наука, 2000.
3. *Андерсон Дж.М.* Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек / Дж.М. Андерсон. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.
4. *Бигон М.* Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2-х томах / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989.
5. *Бульон В.В.* Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах / В.В. Бульон. СПб.: Наука, 1994.
6. *Винберг Г.Г.* Первичная продукция водоёмов / Г.Г. Винберг. – Минск: Издательство АН БССР, 1960.
7. *Желдакова Р.А.* Редуценты в природных и искусственных экосистемах. – Мн., БГУ, 2001.
8. *Заварзин Г.А.* Лекции по природоведческой микробиологии / Г.А. Заварзин. – М.: Наука, 2004.
9. *Методы определения продукции водных животных / под ред. Г.Г Винберга.* – Минск: Вышэйшая школа, 1968.
10. *Одум Ю.* Экология: В 2-х томах / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986.
11. *Современная микробиология: прокариоты Т. 2 / под ред. Й. Ленгелера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля.* – М.: Мир, 2005.
12. *Уиттекер Р.* Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М.: Прогресс, 1980.

Дополнительная:

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – М.: Наука, 1985.
2. *Бреховских В.Ф.* Биота в процессах массопереноса в водных объектах / В.Ф. Бреховских, В.Д. Казмирук, Г.Н. Вишневская. – М.: Наука, 2008.
3. *Вернадский В.И.* Живое вещество и биосфера / В.И. Вернадский. М.: Наука, 1994.
4. *Гидробиологический практикум. Часть 2. Методы определения биологической продуктивности/ Под ред. В.Д. Федорова и В.И. Капкова* – М.: МГУ, 1999.
5. *Гиляров А.М.* Популяционная экология / А.М. Гиляров. – М.: Изд-во МГУ, 1990.
6. *Голубев А.П.* Основы количественной экологии: курс лекций / А.П. Голубев. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2007.
7. *Крылов П.И.* Питание хищного зоопланктона / П.И. Крылов. – М.: ВИНТИ, 1989.

8. *Кузнецов С.И.* Микробиологические процессы круговорота углерода и азота в озерах / С.И. Кузнецов, А.И. Саралов, С.А. Назина. – М.: Наука, 1985.
9. *Минеева Н.М.* Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги / Н.М. Минеева. – Ярославль: Принтхаус, 2009.
10. *Михеева Т.М.* Пико- и нанофитопланктон пресноводных экосистем / Т. М. Михеева, Ф.П. Остапеня, Р.З. Ковалевская, Е.В. Лукьянова и др. Мн.: Белгосуниверситет, 1998.
11. *Монаков А.В.* Питание водных беспозвоночных / А.В. Монаков. – М.: Мир, 1998. – 319 с.
12. *Пианка Э.* Популяционная экология / Э. Пианка. – М.: Мир, 1981.
13. *Ризниченко Г.Ю.* Биофизическая динамика продукционных процессов / Г.Ю. Ризниченко, А.Б. Рубин. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
14. *Риклефс Р.* Основы общей экологии / Р. Риклефс. – М.: Мир, 1979.
15. *Романенко В.И.* Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах / В.И. Романенко. – М.: Наука, 1985.
16. *Сазонова, И. А.* Экологическая биотехнология : учебное пособие / И. А. Сазонова .— 2012
17. *Телитченко М.М.* Введение в проблемы биохимической экологии./ М. М. Телитченко, С. А. Остроумов. – М.: Наука, 1990.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, методические указания к лабораторным занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др., список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего и итогового контроля знаний. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

В качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине рекомендован зачет. Для текущего контроля качества усвоения знаний студентами можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита заданий при выполнении студентами лабораторных работ;
- защита подготовленного студентом реферата;
- проведение коллоквиума;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса;
- компьютерное тестирование.