

Министерство образования Республики Беларусь
Учебно-методическое объединение по экологическому образованию

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
 Республики Беларусь

 А.И. Жук

06 09 2011 г.

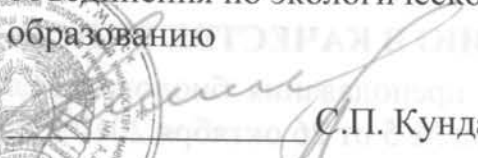
Регистрационный № ТД-Н. 032 /тип.

Биотический круговорот

Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1-33 01 01 «Биоэкология»

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
 объединения по экологическому
 образованию

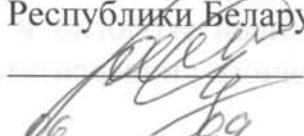
 С.П. Кундас

01 2011 г.



СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
 среднего специального образования
 Министерства образования
 Республики Беларусь

 Ю.И. Миксюк

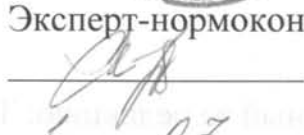
06 09 2011 г.

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

 В.И. Шупляк

01 2011 г.

Эксперт-нормоконтролер

 С.М. Артемьева

1 07 2011 г.



Минск 2011

СОСТАВИТЕЛИ:

Виталий Павлович Семенченко, заведующий лабораторией гидробиологии Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», доктор биологических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси;

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

Римма Анатольевна Желдакова, доцент кафедры микробиологии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

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

Александр Петрович Голубев, профессор кафедры биологии человека и экологии Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», доктор биологических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой общей экологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 26 октября 2010 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 1 от 03 ноября 2010 г.);

Научно-методическим советом по специальностям 1-33 01 01 «Биоэкология», 1-33 80 01 «Экология» и 1-33 01 02 «Геоэкология» Учебно-методического объединения по экологическому образованию (протокол № 5 от 03 декабря 2010 г.)

Ответственный за редакцию: Тамара Александровна Макаревич

Ответственный за выпуск: Тамара Александровна Макаревич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

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

Биотический (биогеохимический) круговорот – обмен веществом и энергией между различными элементами биосферы, обусловленный жизнедеятельностью живых организмов и носящий циклический характер – составляет основу жизни на Земле. Все элементы в экосистемах разного уровня организации связаны воедино потоками энергии и круговоротом веществ. «Бесконечный» круговорот обеспечивается наличием функционально различных групп организмов: первичных продуцентов, консументов и редуцентов. Первичные продуценты – это начальное звено и движущая сила биотического круговорота. На уровне первичной продукции идет новообразование органического вещества, сопровождающееся запасанием энергии. Консументы – управляющее звено в экосистеме, они трансформируют и перераспределяют энергию. Редуценты замыкают биотический круговорот, возвращая в окружающую среду (неживую природу) минеральные элементы, делая их доступными для включения в повторный цикл.

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

Программа курса составлена с учетом знаний студентов, полученных в рамках общепрофессиональных и специальных дисциплин («Физиология растений», «Физиология человека и животных», «Микробиология», «Альгология и микология», «Общая экология», «Гидроэкология» и др.). Интеграция этих знаний для создания целостной картины структурно-функциональной организации биосферы составляет главную задачу курса.

В соответствии с тремя функциональными блоками биотического круговорота в экосистемах, программа курса состоит из трех разделов: «Первичные продуценты», «Консументы», «Редуценты в естественных и искусственных экосистемах». Такое структурное построение курса позволяет раскрыть особенности энергетического и пластического обмена на каждом этапе биотического круговорота и показать их тесную взаимосвязь.

В результате изучения раздела **«Первичные продуценты»** студенты должны:

знать:

- место первичных продуцентов в биотическом круговороте и в системе органического мира Земли;
- функциональные типы первичных продуцентов и их вклад в суммарную продуктивность биосферы;
- основные биогеохимические функции первичных продуцентов;
- суть основных понятий в проблеме первичной продуктивности;
- методы определения первичной продукции, их достоинства и недостатки, область применения;

- мировое распределение первичной продукции экосистем основных типов;
- факторы, лимитирующие первичную продукцию в наземных и водных экосистемах;

уметь:

- разработать общую схему анализа первичной продуктивности наземных и водных экосистем;
- дать экспертную оценку продуктивности экосистем;
- выбрать адекватные методы оценки первичной продукции для различных сообществ и экосистем;
- провести сравнительный анализ первичной продуктивности различных экосистем, основываясь на энергетическом подходе к изучению продуктивности биосферы.

В результате изучения раздела **«Консументы»** студенты должны:

знать:

- место консументов в биотическом круговороте и в системе органического мира Земли;
- закономерности питания консументов;
- закономерности вторичной продукции;
- методологические основы и методы определения продукции популяций и сообществ водных и наземных животных;
- роль консументов в трансформации и перераспределении энергии в экосистемах разного типа;

уметь:

- рассчитать величину продукции различных популяций и сообществ водных и наземных животных;
- рассчитать величину рациона для популяций различных видов водных и наземных животных;
- оценить степень обеспеченности пищей популяций;
- дать научное обоснование эксплуатации ресурсов промысловых видов животных;
- разработать схему биоманипулирования для регулирования структурно-функциональных параметров экосистемы.

Изучив раздел **«Редуценты в естественных и искусственных экосистемах»**, студенты должны:

знать:

- принципы и закономерности функционирования редуцентов в экосистемах различного типа;
- способы улучшения производственных и экономических характеристик и показателей при использовании редуцентов в практических целях;
- устройство и особенности функционирования очистных сооружений различного типа;
- возможности использования показателей БПК и ХПК как основных, характеризующих разложение органического вещества;

- качественный и количественный состав микрофлоры при использовании естественных и искусственных систем утилизации промышленных отходов;

- достижения экологической биотехнологии, особенности развития биотехнологических производств в Республике Беларусь с точки зрения безопасной экологии;

уметь:

- осуществлять подбор биологических объектов для утилизации отходов различных производств;

- использовать возможности ассоциаций культур микроорганизмов в экологии и биотехнологии очистки окружающей среды;

- знать принципы определения видового и родового состава природных ценозов редуцентов;

- владеть некоторыми методами химического анализа состава загрязняющих веществ;

- проводить поиск и анализ современных литературных информационных источников по различным аспектам и проблемам функционирования редуцентного звена.

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

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

- компетентностный подход, реализуемый на лекциях, лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;

- учебно-исследовательская деятельность, реализуемые на лабораторных занятиях;

- рейтинговая и блочно-модульная система оценки знаний.

Типовым учебным планом специальности 1-33 01 01 «Биоэкология» в качестве форм итогового контроля по дисциплине рекомендованы зачеты. Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита выполненных лабораторных работ;

- защита подготовленного студентом реферата;

- проведение устных опросов;

- письменные контрольные работы;

- проведение коллоквиума;

- компьютерные тесты по отдельным разделам (темам) дисциплины.

Организация самостоятельной работы студентов по курсу предполагает размещение в сетевом доступе комплекса учебных и учебно-методических материалов (программа, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, вопросы для самоконтроля, методические и информационные материалы и др.).

Программа курса рассчитана на 120 часов, из них аудиторных 92 часа: 48 – лекционных и 44 – лабораторных занятий.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ разделов и тем	Наименование разделов и тем	Аудиторные часы		
		Всего	Лекции	Лаборатор- ные заня- тия
Раздел «Первичные продуценты»				
I.	Введение	2	2	—
II.	Типы первичных продуцентов	8	4	4
III.	Биогеохимическая роль первичных продуцентов	6	4	2
IV.	Первичная продукция	10	4	6
V.	Первичная продуктивность основ- ных экосистем земного шара	6	4	2
ИТОГО:		32	18	14
Раздел «Консументы»				
I.	Введение	1	1	—
II.	Энергетический подход в изучении консументов	4	2	2
III.	Потребление пищи консументами	11	3	8
IV.	Фитофаги и детритофаги	3	3	-
V.	Настоящие хищники	4	2	2
VI.	Вторичная продукция	2	2	—
VII.	Биоманипуляции и промысел	6	2	4
VIII.	Роль консументов в экосистемах	3	1	2
ИТОГО:		34	16	18
Раздел «Редуценты в естественных и искусственных экосистемах»				
I.	Введение	2	2	—
II.	Особенности функционирования от- дельных групп редуцентов и их практическое использование	12	4	8
III.	Биологическая (биохимическая) очистка сточных вод	4	4	—
IV.	Микробиологические процессы в биотехнологии окружающей среды	8	4	4
ИТОГО:		26	14	12
ВСЕГО:		92	48	44

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 (окислительный фотосинтез, анакислительный фотосинтез, фотосинтез бесхлорофильного типа, хемосинтез).

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

Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит бесхлорофильный фотосинтез. Бесхлорофильный фотосинтез: история открытия; характеристика процесса; происхождение; роль в биосфере. Физиологические особенности и экология архебактерий, осуществляющих бесхлорофильный 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 м² и в целом для водоема. Определение двуокиси углерода: аэродинамический метод и метод изолированных объемов. Метод радиоактивных изотопов. Расчет про-

дукции 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

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»

I. ВВЕДЕНИЕ

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

II. 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.

III. 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. Переклечение. 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.

IV. 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.

V. 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.

VI. 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 P/V коэффициенты. Соотношение скоростей продуцирования у различных видов животных. Влияние факторов среды на скорость продуцирования.

VII. 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.

VIII. 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 ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ»

I. ВВЕДЕНИЕ

Понятие о редуцентном звене экосистем. Общая характеристика (качественная и количественная) состава редуцентов. Аэробные и анаэробные стадии разложения органического вещества. Разложение органического вещества в наземных и водных экосистемах и его специфика, особенности возвращения биогенов в новые циклы поглощения. Сравнительный анализ деструкции органического вещества в наземных и водных экосистемах.

Ресурсы для деструкционной деятельности редуцентов.

II. 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. 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, их место и роль в биогеоценозе. Разложение растительного опада и древесины. Процессы образования и разложения гумуса и участие в них грибов.

Детритофаги как звено редуцентов, их функции и классификация

III. БИОЛОГИЧЕСКАЯ (БИОХИМИЧЕСКАЯ) ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Микроорганизмы в процессах очистки сточных вод.

Характеристика процессов аэробной очистки сточных вод как важнейшей отрасли экологии и биотехнологии. Классификация сточных вод и последовательные стадии очистки. 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.

IV. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В БИОТЕХНОЛОГИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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 эконш, понятие о биомаркерных и биорепортерных генах. Молекулярная экология и проблемы некультивируемого состояния клеток.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – М.: Наука, 1985.
2. *Алимов А.Ф.* Введение в продукционную гидробиологию / А.Ф. Алимов. – Л: Гидрометеиздат, 1989.

3. *Алимов А. Ф.* Элементы теории функционирования водных экосистем / А.Ф. Алимов. – СПб.: Наука, 2000.
4. *Андерсон Дж.М.* Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек / Дж.М. Андерсон. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.
5. *Бигон М.* Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2-х томах / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989.
6. *Бульон В.В.* Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах / В.В. Бульон. СПб.: Наука, 1994.
7. *Винберг Г.Г.* Первичная продукция водоёмов / Г.Г. Винберг. – Минск: Издательство АН БССР, 1960.
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. Дривса, Г. Шлегеля. – М.: Мир, 2005.
12. *Уиттекер Р.* Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М.: Прогресс, 1980.

Дополнительная:

1. *Бреховских В.Ф.* Биота в процессах массопереноса в водных объектах / В.Ф. Бреховских, В.Д. Казмирук, Г.Н. Вишневская. – М.: Наука, 2008.
2. *Вавилин В.А.* Моделирование деструкции органического вещества сообществом микроорганизмов / В.В. Вавилин, В.Б. Васильев, С.В. Рытов. – М.: Наука, 1993.
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.* Методы изучения водных микроорганизмов / С.И. Кузнецов, Г.А. Дубинина. – М.: Наука, 1989.
9. *Кузнецов С.И.* Микробиологические процессы круговорота углерода и азота в озерах / С.И. Кузнецов, А.И. Саралов, С.А. Назина. – М.: Наука, 1985.
10. *Минеева Н.М.* Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги / Н.М. Минеева. – Ярославль: Принтхаус, 2009.

11. *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.
12. *Монаков А.В.* Питание водных беспозвоночных / А.В. Монаков. – М.: Мир, 1998. – 319 с.
13. *Пианка Э.* Популяционная экология / Э. Пианка. – М.: Мир, 1981.
14. *Ризниченко Г.Ю.* Биофизическая динамика продукционных процессов / Г.Ю. Ризниченко, А.Б. Рубин. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
15. *Риклефс Р.* Основы общей экологии / Р. Риклефс. – М.: Мир, 1979.
16. *Романенко В.И.* Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах / В.И. Романенко. – М.: Наука, 1985.
17. *Телитченко М.М.* Введение в проблемы биохимической экологии./ М. М. Телитченко, С. А. Остроумов. – М.: Наука, 1990.
18. *Экологическая биотехнология.* – Л.: Химия, 1990.