

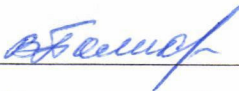
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Биологический факультет

Кафедра общей экологии и методики преподавания биологии

СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической
комиссии биологического факультета
Поликсенова В.Д.


«10» ноября 2015 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан
биологического факультета
Лысак В.В.


«10» ноября 2015 г.

Регистрационный номер № УД-422



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

БИОТИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ

для специальности
1-33 01 01 Биоэкология

Составители: канд. биол. наук, доцент Макаревич Т.А.
докт. биол. наук, доцент Гричик В.В.

Рассмотрено и утверждено
на заседании
Научно-методического совета БГУ

«11» ноября 2015 г.

протокол № 2

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

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

Ю.Г. Гигиняк, ведущий научный сотрудник Государственного научно-производственного объединения «Научно-производственный центр НАН Беларуси по биоресурсам», кандидат биологических наук, доцент

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	5
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	13
3. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	14
Структура рейтинговой системы	14
Вопросы и задания для самоконтроля	14
Тесты для самоконтроля	16
Темы рефератов	24
Вопросы для подготовки к экзамену	25
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	27
Учебно-программные материалы	27
Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов	28

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методический комплекс (УМК) по учебной дисциплине «Биотический круговорот» создан в соответствии с требованиями Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования и предназначен для студентов специальности 1-33 01 01 Биоэкология. Содержание разделов УМК соответствует образовательным стандартам высшего образования данных специальностей. Главная цель УМК – оказание методической помощи студентам в систематизации учебного материала в процессе подготовки к итоговой аттестации по курсу «Биотический круговорот».

Структура УМК включает:

1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

1.1. Теоретический раздел (учебное издание для теоретического изучения дисциплины в объеме, установленном типовым учебным планом по специальности).

1.2. Практический раздел (материалы для проведения лабораторных занятий по дисциплине в соответствии с учебным планом).

2. Контроль самостоятельной работы студентов (материалы текущей и итоговой аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к экзамену, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др.).

3. Вспомогательный раздел.

3.1. Учебно-программные материалы (типовая учебная программа, учебная программа для студентов дневной и заочной форм получения образования).

3.2. Информационно-аналитические материалы (список рекомендуемой литературы, перечень электронных образовательных ресурсов и их адреса и др.).

Работа с УМК должна включать на первом этапе ознакомление с тематическим планом дисциплины, представленным в типовой учебной программе. С помощью рабочего варианта учебной программы по дисциплине можно получить информацию о тематике лекций и лабораторных занятий, перечнях рассматриваемых вопросов и рекомендуемой для их изучения литературы. Для подготовки к лабораторным занятиям и промежуточным зачетам необходимо, в первую очередь, использовать материалы, представленные в разделе учебно-методическое обеспечение дисциплины, а также материалы для текущего контроля самостоятельной работы. В ходе подготовки к итоговой аттестации рекомендуется ознакомиться с требованиями к компетенциям по дисциплине, изложенными в типовой учебной программе, структурой рейтинговой системы, а также перечнем вопросов к экзамену. Для написания рефератов могут быть использованы информационно-аналитические материалы, указанные в соответствующем разделе УМК.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Учебный материал дисциплины «Биотический круговорот» скомпонован по трем разделам – «Первичные продуценты», «Консументы» и «Редуценты в естественных и искусственных экосистемах», что соответствует функциональным блокам биотического круговорота.

ПЕРВИЧНЫЕ ПРОДУЦЕНТЫ.

Тема: Место первичных продуцентов в биосфере. Основные типы первичных продуцентов.

Вопросы:

1. Место и функциональная роль первичных продуцентов в биотическом круговороте
2. Место первичных продуцентов в системе органического мира Земли
3. Основные типы первичных продуцентов:
 - 3.1. Процесс новообразования органического вещества – кислородный фотосинтез
 - 3.2. Процесс новообразования органического вещества – анакислородный фотосинтез
 - 3.3. Процесс новообразования органического вещества – бесхлорофилльный фотосинтез
 - 3.4. Процесс новообразования органического вещества – хемосинтез

Тема: Биогеохимическая роль первичных продуцентов

Вопросы:

1. Роль первичных продуцентов в эволюции Земли
2. Основные биогеохимические функции первичных продуцентов
3. Роль первичных продуцентов в почвообразовании и формировании почвенного плодородия

Тема: Первичная продукция: понятия, определения

Вопросы:

1. Понятия и определения
2. Единицы измерения продукционных показателей

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ: ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основное предназначение первичных продуцентов в биосфере – первичное продуцирование органического вещества, т.е. новообразование его из неорганического с использованием энергии Солнца (фотосинтез) или, в виде исключения, тепловой энергии Земного ядра (хемосинтез).

Одной из важных проблем исследования первичной продукции является проблема терминологии. Этот вопрос неоднократно обсуждался на нескольких международных симпозиумах (1966–68 гг.). Опубликовано достаточно большое количество работ, посвященных уточнению терминологии по первичной продукции, а также согласованию терминов, принятых в отечественной литературе с международными. Несмотря на эти усилия унифицировать терминологию так и не удалось. До настоящего времени как в справочной, так и в научной литера-

туре существует терминологическая пестрота, а зачастую и неправильное употребление терминов и понятий. Все это усложняет исследование и без того сложной проблемы.

Остановимся на понятиях, которые являются ключевыми в проблеме первичной продуктивности.

Продукционный процесс – совокупность процессов создания и трансформации живого вещества, усвоения и прохождения энергии через биологические системы и экосистемы разных уровней организации.

Продуктивность (productivity):

1. Термин «продуктивность» относится к продукционному процессу в целом и понимается как способность живых организмов создавать, консервировать и трансформировать органическое вещество
2. Термин «продуктивность» применяется как синоним термина «продукция»
3. Продуктивность (= плодородие) рассматривается как свойство биосферы или ее структурной части обуславливать тот или иной характер и темп воспроизводства органического вещества в живых организмах
4. «Продуктивность» рассматривается не только как общебиологическое, но и экономическое понятие и трактуется как часть продукции, которую изымает человек из природной популяции без нарушения ее нормального функционирования

Вот далеко не полный перечень вариантов трактовки термина «продуктивность». Следует считаться с установившейся практикой употребления термина «продуктивность» во многих различных смыслах. Надо только, чтобы в каждом отдельном случае было ясно, какое значение придается этому термину.

Первичная продуктивность (основная) – понимается в очерченных выше смыслах, но ограничивает первый этап продукционного процесса, т.е. относится только к этапу новообразования органического вещества первичными продуцентами.

Первичная продукция (primary production) – *скорость* образования органического вещества автотрофными организмами, отнесенная к единице площади или объема среды обитания.

Ключевое слово в определении продукции **скорость**. Т.е., говоря о первичной продукции, мы всегда имеем в виду, *сколько органического вещества синтезировано, за какой промежуток времени и в каком объеме, или на какой площади*. Продукция – это динамический показатель, и в этом ее принципиальное отличие от биомассы, которая является статическим показателем. Об этом мы еще поговорим позже.

Интегральная продукция: количество продукции за некоторый период времени $(t_1, t_2) \rightarrow P(t_1, t_2)$

(М.Б. Иванова, А.А. Умнов в сборнике «Общие основы изучения экосистем», 1979 г.).

Много неясности возникает из-за того, что недостаточно четко разграничивается два разных смысла, которые придают понятию «продукция»:

1. продукция в момент времени t :

$$P'(t) = dW/dt,$$

т.е., мгновенная скорость образования органического вещества

(физический смысл мгновенной скорости – скорость в момент времени в данной точке).

2. количество продукции за некоторый период, т.е. интегральная продукция:

$$P(t_1, t_2) = \int P'(t)$$

Интегральная продукция выражается в тех же единицах, что и биомасса, но обязательно уточняется, за какой промежуток времени она создана.

Первичная продукция составляет материальную и энергетическую основу всех последующих этапов продукционного процесса. Только на этом этапе идет новообразование органического вещества и увеличение общего запаса энергии в системе. Этап вторичной продукции, т.е. продукции гетеротрофных организмов, сводится к трансформации органического вещества, синтезированного автотрофами, и частичному рассеиванию энергии.

Биотический круговорот складывается из двух взаимозависимых. Но противоположных сторон – продукции, т.е. создания, и деструкции, т.е. разрушения.

Деструкция – *скорость* минерализации органического вещества в процессе биологического метаболизма, сопровождающейся потреблением кислорода и рассеиванием энергии.

Одновременно с образованием органического вещества на первом трофическом уровне здесь же происходит и частичное его разрушение, поскольку первичным продуцентам также необходима энергия на поддержание собственного метаболизма – на их дыхание. (Фитопланктон – дыхание составляет 15–20 % валовой ПП; травянистые растения – 40–50 % валовой ПП; древесная растительность – 70–80 %). Отсюда понятие первичной продукции распадается на несколько.

Валовая первичная продукция (gross primary production) – скорость образования при фотосинтезе органических веществ

(Синонимы: *общая первичная продукция; общий или истинный фотосинтез; общая ассимиляция*)

Т.е., валовая первичная продукция включает все органическое вещество, синтезируемое в процессе фотосинтеза (или хемосинтеза – следует помнить, что фотосинтез не единственный автотрофный процесс синтеза органического вещества, хотя в сравнении с фотосинтезом роль хемосинтеза ничтожна), включая и ту его часть, которая расходуется на дыхание фотосинтезирующих организмов.

Величина валовой ПП является исходной при всех последующих исследованиях экологических систем. Она показывает размеры вводимой в систему энергии, скорость ее поглощения.

Чистая первичная продукция (net primary production) – скорость накопления органического вещества первичными продуцентами сверх

использованного ими на дыхание за период измерения, т.е. это разность между валовой первичной продукцией автотрофных организмов и их тратами на обмен.

(Синонимы: *эффективная первичная продукция; видимый или наблюдаемый фотосинтез; чистая ассимиляция*).

Чистая первичная продукция представляет собой фактическую скорость наращивания биомассы автотрофов, доступной для потребления гетеротрофными организмами.

Чистая продукция сообщества (net production of community) – скорость накопления органического вещества в сообществе, т.е. разность между валовой первичной продукцией и деструкцией всех компонентов сообщества, и автотрофов и гетеротрофов.

Величина чистой продукции сообщества дает представление о результирующем значении процессов образования и деструкции (биотического баланса) органических веществ в сообществе в целом.

(Идеальная схема возможных соотношений элементов биотического баланса планктона по: Г.Г. Винберг «Первичная продукция планктона», стр. 54.).

Удельная продукция – это *интенсивность* новообразования органического вещества первичными продуцентами, т.е. удельная продукция отражает количество органического вещества, синтезированного за единицу времени единицей массы автотрофных организмов

(Синонимы: *интенсивность продукции; интенсивность фотосинтеза*)

Для отражения интенсивности продукционного процесса в гидроэкологии широко используют Р/В-коэффициент.

Р/В-коэффициент – отношение чистой первичной продукции к величине биомассы первичных продуцентов. Единица выражения – t^{-1} , однако в русской литературе чаще трактуется как безразмерная величина, но обязательно указывают промежуток времени, для которого рассчитан Р/В-коэффициент (например, суточный Р/В, Р/В за вегетационный сезон или за год).

Р/В-коэффициент, как правило применяется для характеристики интенсивности продукционного процесса водорослей, характеризующихся короткими жизненными циклами. Физический смысл Р/В: какая часть биомассы отражается в единицу времени. Например, суточный Р/В = 1. Это значит, что биомасса полностью возобновляется за сутки, или др. словами, суточный прирост биомассы равняется величине биомассы. Это значит, что каждая водорослевая клетка делится за сутки 1 раз. Суточный Р/В-коэффициент = 2, значит прирост биомассы больше исходной биомассы в 2 раза, т.е. каждая клетка делится 2 раза за сутки. Суточный Р/В-коэффициент = 0,5 – половина биомассы возобновляется за сутки, прирост биомассы составляет половину исходной биомассы. И так далее.

В зарубежной литературе продукционные возможности водорослей оценивают чаще по величине обратной Р/В-коэффициенту – времени оборачиваемости биомассы.

Время оборачиваемости биомассы (turnover time) – показывает сколько времени необходимо для возобновления биомассы или для одного деления клетки

τ – выражается в сутках. Физический смысл: сколько времени необходимо для возобновления биомассы или др. словами, для одного деления клетки.

Широко используют для оценки интенсивности продукционного процесса так называемое ассимиляционное число.

Ассимиляционное число (АЧ, САЧ) – отношение валовой первичной продукции к количеству хлорофилла-а.

Ассимиляционное число принято выражать в мг С или O_2 (в данном случае это эквиваленты органического вещества) за сутки (САЧ – суточное ассимиляционное число) или за час (АЧ). Величины, отнесенные к суткам (САЧ), зависят от продолжительности дня и представляют экологический интерес, в то время как отнесенные к часу (АЧ), имеют преимущественно физиологический смысл. Ассимиляционные числа точнее, чем Р/В отражают интенсивность продукционного процесса, поскольку именно хлорофилл отвечает за фотосинтез, а содержание хлорофилла в биомассе ПП существенно варьирует. Поэтому АЧ менее вариабельны, чем Р/В. Величины АЧ, встречаемые в пресных водах умеренных широт на глубине максимального фотосинтеза укладываются в большинстве своем в пределы 1–10 мг С/ мг хл.-а за час. В среднем АЧ в летний период близки к 2 мг С/мг хл.-а за час. Зависит АЧ от трофического статуса водоема и от физиологического состояния водорослей.

Очень важно четко представлять разницу в понятиях интенсивности продукционного процесса и скорости. Например, при одинаковой скорости образования органического вещества интенсивность процесса может существенно различаться. Это наглядно иллюстрируют результаты исследования продукционных характеристик молодого и старого перифитона (таблица).

В данном случае срабатывает эффект биомассы – биомасса старого перифитона во много раз превышает биомассу молодого, что обеспечивает при более низкой интенсивности более высокую скорость.

Потенциальная продукция – максимально возможная продукция системы.

Регенеративная ПП – синтез органического вещества обеспечивается за счет рециклинга биогенных элементов внутри экосистемы.

Новая ПП – синтез органического вещества обеспечивается за счет привноса биогенных элементов извне.

Биомасса – суммарная масса организмов в популяции, сообществе или экосистеме в момент наблюдения, выраженная в показателях массы (или эквивалентных энергетических единицах) на единицу площади или объема местообитания.

К биомассе относится все растение целиком, даже если некоторые его части мертвы. Это необходимо учитывать особенно при рассмотрении лесных сообществ, где особенно велика доля мертвой биомассы (клетки коры, древесины). Мертвая биомасса – некрома или мортма – прекращает быть биомассой, когда отчленяется от растительного организма и становится гумусом, лесной подстилкой, торфом. В гидроэкологии – мертвая биомасса – это детрит.

Остановимся на соотношении понятий биологической и хозяйственной продуктивности, которые нельзя смешивать.

Таблица – Продукционные характеристики «молодого» и «старого» перифитона (Макаревич, 1995)

A, R и P – соответственно, валовая первичная продукция, дыхание и чистая продукция перифитонного сообщества в г С/м² в сутки; A_w и R_w – удельная продукция и удельное дыхание в г С/г сухого вещества перифитона в сутки; t – время оборота общей массы перифитона, сутки; АЧ – ассимиляционное число, мг С/мг хлорофилла-а за час

«Возраст» перифитона, сутки	A	R	P	A _w	R _w	t	АЧ
30	0,032	0,11	0,021	0,026	0,001	20,0	0,8
170	0,132	0,61	0,070	0,004	0,004	142,9	0,3

Хозяйственная продуктивность – часть биологической продуктивности, используемая в хозяйстве.

Определенным понятиям и конкретным величинам биологической продуктивности соответствуют аналогичные понятия и конкретные величины хозяйственной. В различных областях (сельское хозяйство, лесоводство и др.) существует своя специфика категорий и понятий. Мы этого вопроса касаться не будем. Отметим лишь, что по абсолютным размерам категории хозяйственной продуктивности меньше (в исключительных случаях равны) соответствующих категорий биологической продуктивности за счет ограничений, налагаемых традицией использования биологического сырья и технологией перерабатывающей промышленности. По мере развития технологии, а также и изменения традиций в сферу потребления вовлекаются все новые компоненты биомассы. Это приводит, с одной стороны, к непостоянству величин и понятий. С другой стороны интенсификация потребления влечет за собой необходимость искусственного повышения продукционных возможностей природных систем, или хотя бы поддержания их на прежнем уровне.

И, наконец, еще один важный аспект рассматриваемой проблемы. При исследовании продукционного процесса в экосистемах нельзя забывать различия в поведении вещества и энергии. Вещество циркулирует в системе, энергия – нет. Азот, фосфор, углерод, вода и другие вещества, входящие в состав живого, циркулируют через систему изменчивым и сложным образом. Энергия же, однажды использованная каким-либо организмом, превращается в тепло и утрачивается для системы. Цикла энергии не существует. Энергия может накапливаться, сберегаться (т.е. преобразовываться в более эффективные формы) и передаваться из одной части системы в другую, но она не может быть снова пущена в дело, как вода и минеральные вещества. Живые замкнутые термодинамические системы невозможны.

Этим законом продиктован энергетический подход к изучению процесса биологического продуцирования. Основоположником и активным пропагандистом этого принципа был Г.Г. Винберг. Его работы по энергетическому балансу озер Белое и Святое в Косино, первая из которых опубликована в 1934 г., по сути дела провозгласили энергетический принцип исследования экосистем.

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Продукция выражается в весовых единицах массы синтезированного за единицу времени вещества, или единицах заключенной в нем энергии и относится к единице площади или объема среды обитания.

Удельная продукция – продукция к единице биомассы, например, мг С/сутки*мг сырой массы водорослей.

Размерность коэффициентов Р/В и САЧ, АЧ рассмотрены выше.

Количество синтезированного вещества может выражаться в весовых единицах (мг, г, кг, т и т.д.) сухого, сырого (живого), органического вещества (dry, living or wet matter, ash-free = organic matter), в единицах углерода, кислорода или энергетических единицах. В последнем случае первичная продукция оценивается по количеству энергии, заключенной в синтезированном веществе.

При выражении биомассы отсутствует единица времени, поскольку это статическая величина, например, мг сырой массы/л.

При переходе от одних единиц измерения к другим пользуются переходными коэффициентами, получаемыми на основании балансового уравнения фотосинтеза. Величины коэффициентов непостоянны и зависят от состава органического вещества, прежде всего от соотношения в нем жиров, белков и углеводов. Однако состав органического вещества живых организмов изменяется в достаточно узких пределах. Поэтому и переходные коэффициенты изменяются не очень сильно. В гидробиологии при выражении первичной продукции планктона, перифитона и микрофитобентоса исходят из следующих предпосылок: энергетический эквивалент кислорода при окислении органического вещества смешанного состава равен 14,2 Дж/ мг O_2 или 3,38 ккал/ мг O_2 – оксикалорийный коэффициент; в органическом веществе содержится 40–50 % углерода; дыхательный коэффициент (ДК) равен 0,8, а обратная ему величина ассимиляционный коэффициент (АК) – 1,25. ДК – это отношение числа молекул или объема углекислого газа, выделяемого при окислении органического вещества, к числу молекул или объему кислорода, необходимого для его окисления (CO_2/O_2). АК – это отношение числа молекул или объема кислорода, выделяемого при синтезе органического вещества, к числу молекул или объему ассимилированного углекислого газа (O_2/CO_2). При этих условиях переходные коэффициенты следующие: 47,1 Дж = 1 мг С; 3,33 мг O_2 = мг С; 1 мг O_2 = 1 мг сухого вещества; 0,65 мг органического вещества = 1 мг O_2 ; 0,30 мг С = 1 мг O_2 ; 2,15 мг органического вещества = 1 мг С.

Тема: Методы определения первичной продукции

Вопросы:

1. Теоретическая основа методов определения первичной продукции
2. Определение первичной продукции по урожаю («биомассный метод»)
3. Определение первичной продукции по измерению кислорода («кислородные» методы)
4. Определение первичной продукции по потреблению двуокси углерода
5. Определение первичной продукции по содержанию хлорофилла
6. Определение первичной продукции по флуоресценции
7. Дистанционные методы определения первичной продукции

Презентация по данной лекции доступна по адресу:
<http://elib.bsu.by/handle/123456789/130965>

Тема: Распределение первичной продукции в биосфере

Вопросы:

1. Международная биологическая программа
2. Общая оценка продуктивности биосферы
3. Широтное изменение первичной продукции континентальных экосистем
4. Распределение первичной продукции в Мировом океане
5. Вертикальное распределение первичной продукции в наземных и водных экосистемах
6. Отношение «продукция/биомасса» в наземных и водных экосистемах

Тема: Факторы, лимитирующие первичную продукцию

Вопросы:

1. Факторы, лимитирующие первичную продукцию в наземных сообществах
2. Факторы, лимитирующие первичную продукцию в водных сообществах

КОНСУМЕНТЫ

Курс лекций *Семенченко В.П.* Консументы и их роль в экосистемах:

Курс лекций / В.П. Семенченко. – Минск: БГУ, 2004. – 95 с.

Доступен по ссылке: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/20644>

В курсе лекций изложены основные положения, касающиеся различных классификаций консументов, их связей с источниками пищи и эффективности ее использования, взаимодействия консументов между собой, вопросы продуктивности. Рассматривается ряд общеэкологических вопросов, которые способствуют пониманию процессов, протекающих в сообществах консументов: оценка потоков энергии, трофические отношения между популяциями, принципы биоманипулирования, общие закономерности расчета продукции, рациональная эксплуатация популяций.

РЕДУЦЕНТЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Курс лекций *Желдакова Р.А.* Редуценты в естественных и искусственных экосистемах: Курс лекций / Р.А. Желдакова. – Минск: БГУ, 2001. – 67 с.

В издании изложены основные понятия о редуцентном звене экосистем, особенностях разложения органического вещества в наземных и водных экосистемах. Охарактеризованы основные группы организмов, участвующих в аэробных и анаэробных стадиях деструкции, приведены основные методы их изучения.

Бигон М. Редуценты и детритофаги / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд // Экология. Особи, популяції и сообщества. В 2-х томах. Т. 1. Глава 11. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд – М.: Мир, 1989. 524–564.

В главе учебника подробно рассматривается суть процесса разложения органического вещества. Рассматриваются особенности разложения органического вещества бактериями, грибами, детритофагами, копрофагами, некрофагами.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Темы лабораторных занятий

1. Полевые методы исследования первичных продуцентов водных экосистем (6 часов): отбор проб фитопланктона, фитоперифитона, микрофитобентоса, макрофитов, первичная обработка и фиксация; оценка основных гидроэкологических параметров (температура, прозрачность, электропроводность, Рн, концентрация растворенного в воде кислорода). Занятие проводится в полевых условиях (пруд).

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.

2. Определение первичной продукции планктона методом склянок в кислородной модификации (6 часов).

1. Гидробиологический практикум. Часть 2. Методы определения биологической продуктивности/ Под ред. В.Д. Федорова и В.И. Капкова – М.: МГУ, 1999.

2. Первичная продукция планктона / Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1981. – С. 16–25.

3. Определение содержания хлорофилла-а в планктоне (4 часа)

1. Определение содержания хлорофилла-а в планктоне / Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1981. – С. 25–30.

2. SCOR-UNESCO Working group № 17. Determination of photosynthetic pigments in sea-water // Monographs on Oceanologic Methodology. UNESCO, Paris, 1966. P. 9–18.

4. Вторичная продукция: методы расчета (6 часов).

Методы определения продукции водных животных / под ред. Г.Г. Винберга. – Минск: Вышэйшая школа, 1968. – 246 с.

5. Оценка эффективности работы очистных сооружений по гидробиологическим показателям (6 часов).

1. Трифонов О.В. Оценка эффективности работы очистных сооружений по гидробиологическим показателям: методические рекомендации / О.В. Трифонов, Т.А. Макаревич – Минск: БГУ, 2007. – 24 с.

3. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Структура рейтинговой системы

Структура рейтинговой системы приведена в учебной программе по учебной дисциплине «Биотический круговорот» для специальности 1-33 01 01 Биоэкология, которая доступна по адресу

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/130964>

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Укажите, какой тип новообразования органического вещества характерен для:
 - а) Cyanophyta
 - б) Prochlorophyta
 - в) голосеменных растений
 - г) бурых водорослей
 - д) папоротников
 - ж) экстремально галофильных архебактерий *Halobacterium salinarium*
 - з) нитрифицирующих бактерий
 - и) гелиобактерий
 - к) зеленых бактерий
 - л) красных водорослей
 - м) хвощей
 - н) покрытосеменных растений
2. Приведите примеры экосистем, в которых хемоавтотрофы являются истинными первичными продуцентами.
4. Наиболее распространенными азотфиксаторами среди синезеленых водорослей являются виды родов ...
5. Дайте определение понятия «первичные продуценты»
6. В чем заключается флористическая особенность эдафофильных сообществ водорослей?
7. Укажите основной фотосинтетический пигмент гелиобактерий
8. Перечислите функциональные типы первичных продуцентов

9. Перечислите основные биогеохимические функции первичных продуцентов.

10. Перечислите морфо-физиологические адаптации эдафотрофных водорослей к специфическим условиям биотопа

11. Дайте определение биогеохимического круговорота

12. Дайте определение хемосинтеза

13. В чем заключается принципиальное отличие бактериохлорофиллов от хлорофиллов зеленых растений?

14. В каких единицах может быть выражена первичная продукция?

15. Что является теоретической основой для расчета переходных коэффициентов от одних единиц выражения первичной продукции к другим?

16. Что отражают ассимиляционный и дыхательный коэффициенты? Чему равны их средние величины для планктона?

17. Объясните физический смысл следующих величин: суточный Р/В-коэффициент водорослей равен 2; суточный Р/В-коэффициент водорослей равен 1; суточный Р/В-коэффициент водорослей равен 0,5;

18. Правомочны ли выражения «продуктивность планктона», «продуктивность поля», «рыбопродуктивность»? Какую смысловую нагрузку несет каждое из них?

19. Какой из показателей точнее всего отражает интенсивность продукционного процесса -Р/В, АЧ или САЧ? Аргументируйте ответ.

20. Укажите размерность Р/В, АЧ и САЧ

21. Приведете пример сообществ, первичную продукцию которых можно рассчитать «биомассным» методом

22. Приведете пример сообществ, первичную продукцию которых можно рассчитать методом склянок в кислородной модификации

23. Приведете пример сообществ, первичную продукцию которых можно рассчитать «аэродинамическим» методом

24. Приведете пример экосистем, первичную продукцию которых можно рассчитать по изменению содержания кислорода в свободной воде водоема

25. Какие из известных Вам методов пригодны для определения первичной продукции перифитона?

26. Какие из известных Вам методов пригодны для определения первичной продукции микрофитобентоса?

27. Какие характеристики экосистемы необходимо знать для оценки интегральной первичной продукции всего водоема?

28. Какие методы наиболее широко используют для оценки первичной продукции лесных экосистем?

29. Укажите наиболее высокопродуктивные зоны Мирового океана

30. Чем объясняется высокая продуктивность экосистем коралловых рифов?

31. Перенос энергии в сообществе консументов характеризуется тремя коэффициентами: эффективность потребления, эффективность ассимиляции и эффективность продуцирования. Объясните их суть.
32. В чем заключается суть принципа накопления в трофических цепях?
33. Как рассчитывается коэффициент усвоения пищи?
34. Перечислите основные закономерности внутривидовой конкуренции.
35. Перечислите основные закономерности межвидовой конкуренции.
36. Что такое рацион? Как зависит рацион от массы тела животных?
37. Что понимают под интенсивностью питания?
38. Что такое детрит?
39. В чем различие используемых сценариев биоманипуляции – «биоманипулирование сверху» и «биоманипулирование снизу»?
40. Дайте определение понятию редуценты.
41. Роль грибов в разрушении мертвых органических остатков.
42. Роль бактерий в разрушении мертвых органических остатков
43. Перечислите основные группы детритофагов.
44. Роль простейших как детритофагов.
45. Нематоды, коловратки и почвенные клещи как детритофаги.
46. Дождевые черви как детритофаги, их значение.
47. Роль моллюсков как детритофагов.
48. Основные группы насекомых-детритофагов.
49. Поведенческие адаптации жуков-могильщиков.
50. Основные группы некрофагов и их адаптации.
51. Процесс образования торфа, его стадии.
52. Происхождение и накопление каменного угля и нефти.
53. Основные направления биоремедиации.
54. Гуминовые вещества в биосфере и их функции.

Тесты для самоконтроля

1. Какой процесс новообразования органического вещества характерен для *Cyanobacteria* (*Cyanophyta*)
 - 1) кислородный фотосинтез
 - 2) анакислородный фотосинтез
 - 3) хемосинтез
 - 4) бесхлорофильный фотосинтез

2. Какой процесс новообразования органического вещества характерен для *Chloroxybacteria* (*Prochlorophyta*):
 - 1) кислородный фотосинтез
 - 2) анакислородный фотосинтез
 - 3) хемосинтез
 - 4) бесхлорофильный фотосинтез

3. Какой процесс новообразования органического вещества характерен для экстремально галофильных архебактерий *Halobacterium salinarium*

- 1) кислородный фотосинтез
- 2) анакисгенный фотосинтез
- 3) хемосинтез
- 4) бесхлорофильный фотосинтез

4. Какой процесс новообразования органического вещества характерен для красных водорослей

- 1) кислородный фотосинтез
- 2) анакисгенный фотосинтез
- 3) хемосинтез
- 4) бесхлорофильный фотосинтез

5. Какой процесс новообразования органического вещества характерен для бурых водорослей

- 1) кислородный фотосинтез
- 2) анакисгенный фотосинтез
- 3) хемосинтез
- 4) бесхлорофильный фотосинтез

6. В чем заключается флористическая особенность эдафотрофных сообществ водорослей?

- 1) высокое разнообразие диатомовых водорослей;
- 2) высокое разнообразие желто-зеленых водорослей;
- 3) высокое разнообразие синезеленых водорослей;
- 4) высокое разнообразие эвгленовых водорослей

7. Укажите правильные варианты:

- 1) первичная продукция – это интенсивность образования органического вещества автотрофными организмами;
- 2) первичная продукция – это скорость образования органического вещества автотрофными организмами;
- 3) чистая первичная продукция – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием автотрофных организмов;
- 4) удельная первичная продукция – это интенсивность образования органического вещества автотрофными организмами;
- 5) первичная продукция сообщества – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием автотрофных организмов;
- 6) первичная продукция сообщества – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием автотрофных и гетеротрофных организмов;
- 7) P/V-коэффициент характеризует скорость продукционного процесса;
- 8) P/V-коэффициент характеризует интенсивность продукционного процесса;

9) валовая первичная продукция всегда больше чистой первичной продукции;

10) ассимиляционное число представляет собой отношение чистой первичной продукции к количеству хлорофилла-а;

11) чистая продукция планктона составляет 2 г органического вещества/м³

12) биомасса фитопланктона составляет 3 мг/литр в сутки;

8. В каких из перечисленных ниже экосистем можно определить первичную продукцию фитопланктона методом склянок в кислородной модификации?

а) олиготрофное озеро;

б) мезотрофное озеро;

в) мелководная река с быстрым течением;

г) слабозвтрофный пруд;

9. Каким методом можно определить первичную продукцию планктона в тропической зоне Мирового океана:

1) метод склянок в кислородной модификации

2) метод склянок в радиоуглеродной модификации

10. Каким методом можно определить первичную продукцию луговой растительности

1) методом укосов

2) аэродинамическим методом

3) методом изолированных объемов

11. Укажите, для каких из приведенных ниже групп первичных продуцентов характерно новообразование органического вещества в процессе окислительного фотосинтеза

а) Cyanobacteria

б) Chloroxybacteria

в) голосеменные растения

г) бурые водоросли

д) папоротники

ж) экстремально галофильные археобактерии Halobacterium salinarium

з) нитрифицирующие бактерии

и) гелиобактерии

к) зеленые бактерии

л) красные водоросли

м) хвощи

н) покрытосеменные растения

12. Укажите, для каких из приведенных ниже групп первичных продуцентов характерно новообразование органического вещества в процессе аноксигенного фотосинтеза

- а) Cyanobacteria
- б) Chloroxybacteria
- в) голосеменные растения
- г) бурые водоросли
- д) папоротники
- ж) экстремально галофильные архебактерии *Halobacterium salinarium*
- з) нитрифицирующие бактерии
- и) гелиобактерии
- к) зеленые бактерии
- л) красные водоросли
- м) хвощи
- н) покрытосеменные растения

13. Укажите, для каких из приведенных ниже групп первичных продуцентов характерно новообразование органического вещества в процессе хемосинтеза

- а) Cyanobacteria
- б) Chloroxybacteria
- в) голосеменные растения
- г) бурые водоросли
- д) папоротники
- ж) экстремально галофильные архебактерии *Halobacterium salinarium*
- з) нитрифицирующие бактерии
- и) гелиобактерии
- к) зеленые бактерии
- л) красные водоросли
- м) хвощи
- н) покрытосеменные растения
- о) железобактерии

14. Укажите, для какой из приведенных ниже групп первичных продуцентов характерно новообразование органического вещества в процессе бесхлорофильного фотосинтеза

- а) Cyanophyta
- б) Prochlorophyta
- в) голосеменные растения
- г) бурые водоросли
- д) папоротники
- ж) экстремально галофильные архебактерии *Halobacterium salinarium*
- з) нитрифицирующие бактерии
- и) гелиобактерии

- к) зеленые бактерии
- л) красные водоросли
- м) хвощи
- н) покрытосеменные растения

15. Основной фотосинтетический пигмент гелиобактерий (выберите правильный вариант)

- А) бактериохлорофилл-а
- Б) бактериохлорофилл-в
- В) бактериохлорофилл-с
- Г) бактериохлорофилл-д
- Д) бактериохлорофилл-г

16. Основной фотосинтетический пигмент цианобактерий (выберите правильный вариант)

- а) хлорофилл-а
- б) бактериохлорофилл-а
- в) фикоцианин
- г) бактериохлорофилл-г
- д) хлорофилл-в

17. Укажите правильные варианты:

- 1) круговорот вещества и энергии в экосистеме;
- 2) круговорот вещества и поток энергии в экосистеме;
- 3) поток вещества и энергии в экосистеме;
- 4) круговорот вещества в экосистеме;
- 5) поток энергии в экосистеме

18. Укажите правильные варианты:

- 1) первичная продукция – это интенсивность образования органического вещества автотрофными организмами;
- 2) первичная продукция – это скорость образования органического вещества автотрофными организмами;
- 3) первичная продукция – это скорость образования органического вещества гетеротрофными организмами;
- 4) удельная первичная продукция – это интенсивность образования органического вещества автотрофными организмами;

19. Укажите правильные варианты:

- 1) первичная продукция сообщества – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием автотрофных организмов;
- 2) первичная продукция сообщества – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием автотрофных и гетеротрофных организмов;

3) первичная продукция сообщества – это разность между чистой первичной продукцией и дыханием автотрофных организмов;

4) чистая первичная продукция – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием первичных продуцентов;

20. Укажите правильные варианты:

1) биомасса фитопланктона составляет 3 мг/литр в сутки;

2) биомасса фитопланктона составляет 3 мг/литр;

3) биомасса фитопланктона составляет 3 г/под 1 м²

4) биомасса фитопланктона составляет 3 г/м³

21. Укажите правильные варианты:

1) чистая первичная продукция – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием всех компонентов сообщества;

2) чистая первичная продукция – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием первичных продуцентов;

3) чистая первичная продукция – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием автотрофных организмов;

4) чистая первичная продукция – это разность между валовой первичной продукцией и дыханием гетеротрофных организмов;

22. Укажите правильные варианты:

1) удельная первичная продукция – это скорость образования органического вещества автотрофными организмами;

2) удельная первичная продукция – это интенсивность образования органического вещества автотрофными организмами;

3) удельная первичная продукция отражает количество органического вещества, синтезированного за единицу времени единицей массы автотрофных организмов;

23. Укажите правильный вариант:

1) P/V-коэффициент характеризует скорость продукционного процесса;

2) P/V-коэффициент характеризует интенсивность продукционного процесса;

24. Укажите правильный вариант:

1) валовая первичная продукция всегда меньше чистой первичной продукции;

2) валовая первичная продукция всегда больше чистой первичной продукции;

3) валовая первичная продукция может быть как меньше, так и больше чистой первичной продукции;

25. Укажите правильный вариант:

1) ассимиляционное число представляет собой отношение чистой первичной продукции к количеству хлорофилла-а;

2) ассимиляционное число представляет собой отношение валовой первичной продукции к количеству хлорофилла-а;

26. Укажите правильный вариант:

1) первичная продукция – это интенсивность образования органического вещества автотрофными организмами;

2) первичная продукция – это скорость образования органического вещества автотрофными организмами;

27. Укажите правильный вариант:

1) P/B-коэффициент – это отношение валовой первичной продукции к величине биомассы первичных продуцентов;

2) P/B-коэффициент – это отношение чистой первичной продукции к величине биомассы первичных продуцентов;

28. Укажите правильные варианты:

1) чистая продукция планктона составляет 2 мг органического вещества/литр

2) чистая продукция планктона составляет 2 мг органического вещества/литр в сутки

3) чистая продукция планктона составляет 2 т органического вещества/под 1 м^2 за год

4) чистая продукция планктона составляет 2 г органического вещества/ м^3

29. Укажите правильный вариант:

1) ассимиляционное число отражает скорость продукционного процесса;

2) ассимиляционное число отражает интенсивность продукционного процесса

30. Укажите правильный вариант:

1) хозяйственная продуктивность всегда больше биологической продуктивности;

2) хозяйственная продуктивность меньше или равна биологической продуктивности;

31. Вычеркните выражение, не относящееся к данной категории

а) валовая первичная продукция

б) истинный фотосинтез

в) net primary production

г) общая ассимиляция

д) gross primary production

32. Вычеркните выражение, не относящееся к данной категории

а) чистая первичная продукция

- б) эффективная первичная продукция
- в) наблюдаемый фотосинтез
- г) net primary production
- д) первичная продукция сообщества

33. Вычеркните выражение, не относящееся к данной категории

- а) чистая продукция сообщества
- б) первичная продукция сообщества
- в) net production of community
- г) чистая первичная продукция

34. Вычеркните выражение, не относящееся к данной категории

- а) валовая первичная продукция
- б) общий фотосинтез
- в) эффективная первичная продукция
- г) общая ассимиляция
- д) gross primary production

35. Вычеркните выражение, не относящееся к данной категории

- а) чистая первичная продукция
- б) эффективная первичная продукция
- в) наблюдаемый фотосинтез
- г) net primary production
- д) чистая продукция сообщества

36. В каких из перечисленных ниже случаев можно определить первичную продукцию «по урожаю»?

- а) пастбище, на котором не выпасают скот;
- б) сообщество погруженных макрофитов в районе пляжа крупной турбазы;
- в) кукурузное поле, защищаемое от вредителей;
- г) картофельное поле нерадивого хозяина, не борющегося с вредителями;
- д) сообщество фитопланктона.
- ж) поле, засеянное рожью;
- з) пастбище, на котором ведется выпас скота;
- и) картофельное поле, часто посещаемое стадом диких кабанов;
- к) озеро, в котором основным первичным продуцентом является фитопланктон;
- л) заросли воздушно-водных макрофитов;

37. Какие значения Р/В-коэффициента за вегетационный сезон принимают обычно при расчете первичной продукции воздушно-водных макрофитов

- 1) 1
- 2) 1,2
- 3) 0,75

38. Какие значения Р/В-коэффициента за вегетационный сезон принимают обычно при расчете первичной продукции однолетних погруженных макрофитов

- 1) 1
- 2) 1,2
- 3) 0,75

39. Какие значения Р/В-коэффициента за вегетационный сезон принимают обычно при расчете первичной продукции харовых водорослей

- 1) 1
- 2) 1,2
- 3) 0,75

40. Р/В-коэффициент в ходе сукцессии сообщества

- 1) уменьшается
- 2) увеличивается
- 3) остается неизменным

41. Выберите правильный вариант:

- 1) Р/В-коэффициент водных сообществ выше, чем наземных
- 2) Р/В-коэффициент водных сообществ ниже, чем наземных
- 3) Р/В-коэффициенты водных и наземных сообществ одного порядка

42. Выберите правильный вариант:

- 1) Р/В-коэффициент лесных сообществ выше, чем нелесных
- 2) Р/В-коэффициент лесных сообществ ниже, чем нелесных

Темы рефератов

1. Цианеи – водоросли или бактерии? Таксономический статус цианей, место в системе Бактериального и Ботанического кодексов номенклатуры организмов.

2. Хемосинтез как этап утилизации энергии первичной продукции и как процесс новообразования органического вещества.

3. Автотрофный пикопланктон и его роль в продуктивности океанических и пресных вод.

4. В. И. Вернадский и его учение о живом веществе.

5. Первичные продуценты и почвообразование.

6. Эдафотфильные водоросли и их роль в повышении почвенного плодородия.

7. Энергетический подход к изучению биологического продуцирования

8. Международная биологическая программа и ее роль в развитии продукционного направления в биологии

9. Температура как фактор, лимитирующий первичную продукцию в водных и наземных экосистемах
10. Адаптации первичных продуцентов к экстремальным условиям обитания
11. Биоманипуляция как инструмент регулирования качества среды и устойчивости систем.
12. Проблема антропогенного эвтрофирования водных экосистем
13. Закономерности потребления растительного детрита
14. Консументы в агроэкосистемах
15. Промысел и его рациональная организация

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Понятие биотического и биогеохимического круговоротов. Потоки энергии. Круговорот веществ.
2. Место первичных продуцентов в структуре биосферы. Роль первичных продуцентов в биотическом (биогеохимическом) круговороте.
3. Положение первичных продуцентов в классификационных системах органического мира Земли.
4. Функциональные типы первичных продуцентов
5. Первичные продуценты в основе новообразования органического вещества которыми лежит кислородный фотосинтез.
6. Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит анакислородный фотосинтез.
7. Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит бесхлорофилльный тип фотосинтеза.
8. Первичные продуценты, в основе новообразования органического вещества которыми лежит хемосинтез
9. Биогеохимические функции первичных продуцентов
10. Роль первичных продуцентов в почвообразовании и формировании почвенного плодородия.
11. Эдафотрофные водоросли
12. Первичная продукция: понятия и определения
13. Определение первичной продукции по урожаю.
14. Определение первичной продукции «кислородными» методами
15. Определение первичной продукции по измерениям двуокиси углерода
16. Определение первичной продукции методом радиоактивных изотопов
17. Определение первичной продукции по содержанию хлорофилла
18. Определение первичной продукции на основании флуоресцентного анализа. Дистанционные методы.
19. Факторы, лимитирующие первичную продукцию в наземных экосистемах
20. Факторы, лимитирующие первичную продукцию в водных экосистемах

21. Общая оценка продуктивности биосферы.
22. Широтное изменение первичной продукции континентальных экосистем и факторы его определяющие.
23. Вертикальное изменение первичной продукции в наземных и водных экосистемах
24. Первичная продукция в Мировом океане и факторы ее определяющие
25. Консументы как функциональный элемент экосистемы.
26. Коэволюция хищника и жертвы
27. Теория оптимального добывания пищи
28. Связь величин рациона с массой тела животных
29. Типы питания детритофагов в водных экосистемах
30. Фитофаги. Влияние популяции фитофага на популяцию жертвы.
31. Фитофаги-фильтраторы
32. Типы питания консументов
33. Детрит. Детритофагия.
34. Детритные цепи питания.
35. Спектры питания консументов
36. Копрофагия.
37. Настоящие хищники
38. Специализированные и неспециализированные хищники. Элементы поведения хищника.
39. Модель Лотки-Вольтера
40. Влияние хищников на продукционные процессы
41. Интродукция и удаление хищников
42. Чужеродные виды консументов и их роль в экосистемах. Инвазивные коридоры.
43. Вторичная продукция.
44. Методические основы выражения и расчета вторичной продукции
45. Продукция популяций без постоянного пополнения и с постоянным пополнением (общие подходы)
46. Методы расчета вторичной продукции (метод Бойсен-Иеснсена, графический метод).
47. Влияние факторов среды на скорость продуцирования органического вещества консументами
48. Биоманипуляция: основные принципы и механизмы
49. Основные принципы распространения редуцентов в экосистемах
50. Роль и участие микроорганизмов в биогеохимических процессах
51. Экологическая микробиология как наука
52. Донные (иловые) отложения и характеристика их микрофлоры.
53. Процессы образования и разложения гумуса и доминирующая роль грибов.
54. Способы утилизации активного ила
55. Экстенсивные методы очистки сточных вод, их характеристика и особенности

56. Использование биоремедиации и условия проведения процесса
57. Роль простейших в функционировании активного ила.
58. Качественные и количественные характеристики состава микрофлоры активного ила
59. Симбиоз детритофагов и микроорганизмов и его роль в разложении органического вещества
60. Типы экологических стратегий грибов.
61. Зимогенная, автохтонная и олиготрофная микрофлора, характеристика
62. Разложение органического вещества в водоемах. Зоны распространения микроорганизмов.
63. Общая характеристика процессов очистки сточных вод. Преимущества биологических методов
64. Сравнительный анализ функционирования редуцентного звена в наземных и водных экосистемах.
65. Экологические стратегии микроорганизмов: сравнительный анализ
66. Методы изучения и учета микроорганизмов в экосистемах. Показатели БПК и ХПК, их характеристика
67. Биоремедиация. Общая характеристика процесса и преимущества в использовании
68. Процессы разложения органического вещества в анаэробных условиях. Анаэробная очистка сточных вод.
69. Почва как среда обитания для микроорганизмов. Свойства, влияющих на разложение органического вещества
70. Основные этапы очистки почвы с использованием биоремедиации. Биоремедиация *in situ* и *ex situ*
71. Особенности разложения органического вещества в почве
72. Характеристика водных микроорганизмов и деструкция органического вещества в водоемах

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учебно-программные материалы

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Биотический круговорот» для специальности 1-33 01 01 Биоэкология доступна по адресу

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/2850>

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Общая экология» для специальности 1-33 01 01 Биоэкология доступна по адресу

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/130964>

Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов

Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов приведен в учебной программе по учебной дисциплине «Биотический круговорот», которая доступна по адресу:

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/130964>

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Биотический круговорот» для специальности 1-33 01 01 Биоэкология доступен по адресу:

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/20873>