

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КУРСУ «ЭКОЛОГИЯ»
(ЧАСТЬ ВТОРАЯ)**

Владимир 2020

Введение

Предлагаемые методические рекомендации подготовлены для обучающихся 10–11 классов общеобразовательных школ. План каждой работы включает цель и порядок выполнения лабораторной работы, варианты индивидуальных или групповых заданий, содержание отчета по лабораторной работе, контрольные вопросы и список литературы. Большую часть занимают рекомендации, относящиеся к темам: Основные правила экологии, Загрязнение литосферы, атмосферы и гидросферы, Кислотные дожди, Биосфера и человек.

1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКОЛОГИИ

Развитие экологии происходило в направлении от описательной и факториальной экологии к системной экологии и к холистическому подходу к накопленным научным знаниям. Ниже содержатся основные правила экологии, которые были сформулированы экологами в разное время, в основном в 19-20 веках.

Какое из них вы считаете самое существенное? Приведите примеры проявления этих правил. Ответы обосновать с точки зрения реакции на экологические факторы, соотношения объема и массы тела, эффективности противотока, волнообразного эволюционного процесса, материальной и функциональной кумуляции токсинов. Объясните принцип: «природа не терпит пустоты». Другая, близкая трактовка этого правила и принципа: «все или ничего».

Правило Уоллеса

По мере продвижения с севера на юг видовое разнообразие увеличивается.

Правило Аллена

Для экономии энергетических ресурсов выступающие части тела теплокровных животных в холодном климате короче, чем в теплом климате.

Правило Бергмана

У теплокровных животных средние размеры тела особей больше у популяций, живущих в более холодных частях ареала вида.

Правило биологического усиления

При переходе на более высокий уровень экологической пирамиды накопление ряда веществ, в том числе токсичных и радиоактивных, увеличивается пропорционально увеличению биомассы трофического уровня.

Правило вымирания специализированных форм

Более специализированные формы подвержены более быстрому вымиранию, т.к. их генетические резервы и адаптивные возможности снижены.

Правило Вант-Гоффа

Увеличение температуры на 10 С, как правило приводит к ускорению химических процессов в 2-3 раза.

Правило обязательного заполнения экологических ниш

Пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена («природа не терпит пустоты»).

Правило одного процента

Для устойчивости экосистемы человек может использовать лишь 1 % энергии этой экосистемы.

Правило островного измельчения

Особи видов животных, обитающих на островах, как правило, мельче таких же материковых особей, живущих в аналогичных условиях.

Правило Ле Шателье – Брауна

При внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется.

Вопросы

- а) Что такое «волны жизни»?
- б) Что такое явление биологического ароморфоза? Приведите примеры.

Литература

1. Баранов, Сергей Геннадьевич. Методические рекомендации для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Общая экология" [Электронный ресурс] : [ч.1]
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/6874/1/00732.docx>
2. Баранов, Сергей Геннадьевич. Методические рекомендации для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Общая экология" [Электронный ресурс] : [ч.2]
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/7086/3/00789.docx>

2. ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ

Для почвы предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ установлены в 1980 г. В настоящее время известно более 100 нормативов ПДК.

Предельно допустимая концентрация – это количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. Существуют ПДК для разных видов почвы, например, в пахотном слое почвы аграрных экосистем, на территории предприятий, в жилых районах, в местах хранения бытовых отходов.

ПДК устанавливается экспериментально, в зависимости от допустимой остаточной концентрации (ДОК) в важной для человека продукции: кормовых растениях, в продуктах питания. ДОК – это максимальное количество вещества в продуктах питания, которое, поступая в организм в течение всей жизни, не вызывает никаких нарушений здоровью людей.

Для летучих веществ в атмосфере ПДК устанавливают при поступлении этого вещества в воздух. Для ПДК в водных объектах учитывается поступление загрязняющих веществ в грунтовые воды и открытые водоемы.

На промышленных предприятиях создаются и регламентируются экологические стандарты материалов, используемых в производстве. Это необходимо, чтобы при производстве, сбросы и выбросы в атмосферу не повышали содержание токсичных веществ в природных экосистемах. Санитарные службы контролируют сбор, транспортировку, места захоронения и переработку опасных отходов.

В агроэкосистемах нормируется содержание пестицидов, т.е. ядохимикатов, используемых для борьбы с насекомыми (инсектициды, см табл.1), сорняками (гербициды), грибными болезнями (фунгициды) и нематодами (нематоциды).

Содержание тяжелых металлов, галогенов, микроэлементов также регламентируются с помощью ПДК.

Таблица 1. Перечень ПДК в почве для некоторых инсектицидов

Инсектицид	ПДК _п , мг/кг	ДОК, мг/кг
Хлорофос	0,5	1,0
Карбофос	2,0	1,0-3,0
Дихлордифенил-трихлорэтан, ДДТ	0,1	0,5
Полихлорпинен	0,5	0,0

При отсутствии ПДК устанавливают временную допустимую концентрацию (ВДК). Это ориентировочный безопасный уровень воздействия. Для продуктов питания ВДК определяется по формуле:

$$ВДК = 1,23 + 0,48 \lg ПДК_{пр},$$

где:

ПДК_{пр} – ПДК вещества в продуктах питания.

Установите ВДК для алюминия, никеля, йода, меди и ртути для рыбных, мясных и др. пищевых продуктов. Почему ПДК кадмия в рыбе имеет самое низкое значение? Почему ПДК сурьмы в мясе имеет самое низкое значение? Ответ обосновать с точки зрения строения атомов и ионов этих металлов и их поведения в живом организме.

Таблица 2. Предельно допустимые концентрации некоторых металлов

Химический элемент	ПДК _{ПР} , мг/кг					
	рыба	мясо	молоко	хлеб	овоци	фрукты
Алюминий	30	10	1	20	30	20
Железо	30	50	3	50	50	50
Йод	2	1	0,3	1	1	1
Кадмий	0,1	0,05	0,01	0,022	0,03	0,03
Медь	10	5	0,5	5	10	10
Мышьяк	1	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2
Никель	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5
Олово	200	200	100	—	200	100
Ртуть	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,01
Свинец	0,1	0,05	0,05	0,2	0,5	0,4
Селен	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
Сурьма	0,5	0,1	0,05	0,1	0,3	0,3
Фтор	10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Хром	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Цинк	40	40	5	25	10	10

Объясните, почему в рыбе и мясе допустимо высокое содержание цинка и фтора. Чем объясняется высокое содержание алюминия в рыбе?

3. МНОГОФАКТОРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Для исследований по оценке воздействия промышленных предприятий и дорог на свойства почвы, образцы почвы высушивают в сушильном шкафу. Почва просеивается с удалением растительных остатков.

Семена кресс салата и фасоли пятнистой используют для тестирования атмосферных осадков, сточных вод с промышленных предприятий. При работе с пшеницей или рожью используют различные сорта, удобрения и состав почвы. Воздействие 2-х факторов может оказывать три различных эффекта на биомассу и другие свойства: положительный, нейтральный и отрицательный. Если используют фактор на одном уровне значения, то такой эксперимент называется 2-х факторным без повторений. Для определения статистической значимости влияния факторов определяют критерий F и уровень p .

Для постановки двухфакторного эксперимента с повторениями используют факторы с разными уровнями значений. Например, влажность почвы может быть высокая и низкая. Используют одинаковое число образцов в группах. Влажность поддерживают регулярным увлажнением. Возможно использование других факторов, таких как, освещенность, влияние дозы удобрения или химического токсина. Результаты представляют в таблице Excel. Сравнивают с помощью t -теста длину надземной и корневой части растений в опыте и в контроле. Ставят двух факторный анализ влияния факторов на коэффициент всхожести; биомассу вегетативной части; биомассу корневой части. При постановке 2-х факторного анализа проверяют нулевую гипотезу об отсутствии эффекта со стороны первого фактора и отсутствии эффекта со стороны второго фактора.

Готовят результаты анализов и график средних значений факторов, воздействующих на конечный зависимый фактор (урожайность, биомассу или коэффициент всхожести).

Для исследования 2-х факторного влияния на проростки пшеницы студентам следует разделить на 4 группы. В каждой группе бу-

дет изучаться почва определенного свойства. Почвой могут служить различные коммерческие образцы садового грунта.

В каждой группе будет испытано 5 образцов семян разного сорта, по три семени одного сорта. Всего 15 семян. Таким образом, будут изучаться 2 фактора – свойства почвы и сорт семян. Результирующим фактором будет длина корней и длина стеблей у проростков. Через 2-3 недели, когда появятся проростки, измеряют длину вегетативной части и длину корней. Заполняют таблицу №1 с тремя строками. Находят среднее (последняя строка).

Таблица 1. Рабочая таблица для работы с образцом почвы

Сорт	1		2		3		4		5	
	к	с	к	с	к	с	к	с	к	с
1										
2										
3										
среднее										

Обозначение к – корень, с – стебель (длина в см)

Средние значения по каждой группе студентов заносят в общую таблицу (см табл.2), т.е. каждая ячейка содержит среднее значение длины стебля. Аналогично строят таблицу для длины корня. Всего требуется три таблицы. Одна при работе в группе, вторая и третья – сводные, общегрупповые. Общий вид такой таблицы показан ниже.

Таблица 2. Сводная таблица для одного из результативного фактора (длина корня или длина стебля проростка)

Почва №	сорт				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					

Проводят 2-х факторный дисперсионный анализ без повторений. Используют пакет анализа. Определяют значимость воздействия каждого фактора: фактора почвы и фактора сорта растения. Какой более значимый?

Есть ли статистически значимое различие в длине корней и растений

в зависимости от почвы и сорта? Письменно отвечают на вопросы:

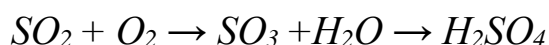
1. Что такое уровень статистической значимости α ?
2. Что такое уровень статистической вероятности p ?
3. Что означает и как находится критерий F ?
4. Что такое нормальное распределение частот значений?

Литература

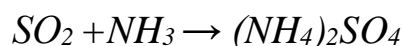
1. Баранов, Сергей Геннадьевич. Методические рекомендации для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Общая экология" [Электронный ресурс] : [ч.1]
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/6874/1/00732.docx>
2. Баранов, Сергей Геннадьевич. Методические рекомендации для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Общая экология" [Электронный ресурс] : [ч.2]
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/7086/3/00789.docx>
3. Образец постановки 2-х факторного анализа в Excel:
https://yandex.ru/video/preview?filmId=7062709858167626563&parent-reqid=1594210034348316-187152600790293008800311-production-app-host-sas-web-yp-21&path=wizard&text=%D0%B4%D0%B2%D1%83%D1%85%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9+%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7+%D0%B2+%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5+2007&wiz_type=vital

4. БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ. КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ

Химические загрязнители атмосферы условно делят на первичные, поступающие непосредственно в атмосферу, и вторичные загрязнители – результат трансформации первичных загрязнителей. Так, поступающий в атмосферу оксид серы (IV) окисляется до оксида серы (VI), последний взаимодействует с парами воды с образованием серной кислоты:



При взаимодействии оксида серы (VI) с аммиаком образуется сульфат аммония:



К первичным загрязнителям также относят оксид углерода (II) CO, который образуется при неполном сгорании твердых отходов, а также содержится в выхлопных газах и выбросах промышленных предприятий. Оксид серы (IV) образуется при сжигании серосодержащего топлива, при переработке сернистых руд:



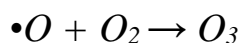
Угарный газ относится к ядам гемоглобина, способствует повышению температуры в атмосфере и созданию парникового эффекта.

Сероводород H₂S и сероуглерод CS₂ являются нейротоксинами, действуют на медиаторы симпатической и парасимпатической нервной системы. Источником их выброса являются нефтепромыслы, а также предприятия по изготовлению искусственного волокна и сахара. Оксиды азота способствуют образованию озона, как вторичного загрязнителя атмосферы и образуются при производстве азотных удобрений, анилиновых красителей. Оксид азота (IV) и оксид серы (IV) обладают синергетическим действием и повреждают многие высшие растения.

Соединения фтора образуются на предприятиях по производству керамики, стекла, фосфорных удобрений. При этом в атмосферу попадают фтороводород, фториды кальция и натрия. Соединения хлора поступают от предприятий, производящих пестициды, соляную кислоту и оказывают на растения действие, аналогичное серной кислоте. Вторичные загрязнители атмосферы способствуют возникновению фотохимического смога, характерного для крупных городов. Инверсия усиливает токсический эффект в атмосфере над городами. Фотохимический смог образуется при распаде оксида азота (IV) на оксид азота (II) и атомарный кислород:

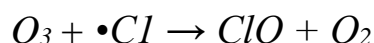


Атомарный кислород, взаимодействуя с молекулами кислорода, образует молекулы озона:



Среди органических веществ атмосферы вторичными загрязнителями являются органические перекиси, они образуются из летучих углеводородов и содержат пероксидную группу Н–О–О•.

В 1974г. американские ученые доказали, что озон разрушается хлорфторуглеродами (ХФУ). Хлорфторуглероды используются в холодильниках, а также в огнетушителях, при производстве пенопласта и при чистке одежды. Молекулы ХФУ устойчивы, но могут разрушаться под действием ультрафиолетового излучения на высоте около 25км. При этом от молекулы ХФУ отщепляются активные атомы хлора, которые взаимодействуют с молекулами озона:



Последние исследования доказывают, что озоновые дыры в атмосфере существовали и в доисторическую эпоху. Таким образом, токсины атмосферы разнообразны как по происхождению, составу, так и по действию на организм.

Таблица 3. Классы опасности и ПДК некоторых веществ

Вещество	Класс опасности	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³
----------	-----------------	---------------------------------------	---------------------------------------

Вещество	Класс опасности	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³
Оксид углерода (СО)	4	5	3
Аммиак (NH ₃)	4	0,2	0,04
Ксилол (С ₈ Н ₁₀)	3	0,2	-
Оксид азота (NO)	3	0,4	0,06
Диоксид серы (SO ₂)	3	0,5	0,05
Толуол (С ₇ Н ₈)	3	0,6	-
Сероводород (H ₂ S)	2	0,008	-
Хлор (Cl ₂)	2	0,1	0,03
Формальдегид (НСОН)	2	0,035	0,003
Диоксид азота (NO ₂)	2	0,085	0,04
Фенол (С ₆ Н ₆ О)	2	0,01	0,003
Бензол (С ₆ Н ₆)	2	0,3	0,1
Озон (O ₃)	1	0,16	0,03
Свинец (Pb)	1	0,001	0,0003

Вопрос

Объясните, почему оксид углерода и аммиак относятся к веществам 4-го класса опасности, а озон и свинец относятся к менее опасным веществам 1-го класса опасности. Ответ обосновать с точки зрения строения молекул химических веществ и их окислительно-восстановительных свойств.

5. БИОМОНИТОРИНГ С ПОМОЩЬЮ РАСТЕНИЙ- БИОИНДИКАТОРОВ. ТРОФИЧЕСКИЕ УРОВНИ БИОЦЕНОЗА

У растений, чувствительных к атмосферному загрязнению, на листьях возникают омертвевшие участки (некрозы). Желтое окрашивание называют хлорозом. Оксид серы SO_2 вызывает обесцвечивание листьев ясеня, березы, липы, ежевики, малины, гречихи, тыквы и др. растений. У хвойных видов, например, у сосны обыкновенной, происходит покраснение, и обесцвечивание хвои, начиная от верхушки побега.

Смесь SO_2 и NO_2 : обладает синергетическим действием. В городах этой смесью часто поражаются фасоль, редька, соя, табак и томаты. Нижняя сторона пораженных листьев выглядит серебристой или красноватой. Раннее пожелтение листьев в июне-июле у придорожных древесных растений, таких как тополь и липа объясняется действием тяжелых металлов, прежде всего солями свинца.

Озон – это вторичный загрязнитель атмосферы, вызывающий зернистую пятнистость на нижней стороне листьев табака, винограда, фасоли.

Действие SO_2 и NO_2 подтверждают, измеряя pH дождевой воды. Низкий pH свидетельствует о высокой кислотности среды и, следовательно, о содержании в атмосфере оксидов азота или серы. Мозаичность – мелкий крапчатый рисунок на поверхности листьев. Вирусная и бактериальная мозаичность на листовых пластинках подтверждается по присутствию на растении переносчиков вирусов и бактерий – клещей и тлей.

Задания и вопросы:

Из предложенного списка живых организмов составить трофическую сеть: осока волосистая, калина, осовидная муха, дрозд рябинник, травяная лягушка, обыкновенный уж, заяц русак, волк, гнилостные бактерии, комар кусака, зеленый кузнечик.

Зная правило перехода энергии с одного трофического уровня на другой (около 10%), постройте пирамиду биомассы пищевой цепи,

если биомасса растений составляет 40 ГДж. Что отражает правило экологических пирамид? Пищевая пирамида должна включать следующих представителей:

- а) пшеница, гадюка обыкновенная, мышь домовая, сапрофитные бактерии;
- б) диатомовая водоросль, речная чайка, круглый червь, окунь;
- в) мятлик обыкновенный, пустельга, зеленый кузнечик, сапрофитные бактерии;
- г) ива трехтычиночная, пчела медоносная, медведь, лось, волк, сапрофитные грибы.

Что означает показания рН-метра? Почему низкие значения рН свидетельствуют о высокой кислотности?

6. РЕПРОДУКТИВНЫЙ (БИОТИЧЕСКИЙ) ПОТЕНЦИАЛ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Репродуктивный, или биотический потенциал – это показатель, отражающий способность популяции к размножению, выживанию и развитию при оптимальных экологических условиях, при отсутствии лимитирующих факторов. Биотический потенциал различается для различных таксономических групп. Численно он определяется средней величиной произведенных организмов или скоростью размножения. Давление среды – это совокупность факторов вне границы оптимума, оказывающих негативное действие на популяцию и её размножение. Следовательно, экологическим потенциалом называют сниженный биотический потенциал, обусловленный давлением среды. Чистый биотический потенциал возможен в лабораторных условиях *in vitro* при оптимальных условиях размножения.

Задание

Построить кривые экспоненциального размножения бактерий (репродуктивный потенциал равен 0,2) и культуры лабораторных клеток (репродуктивный потенциал равен 0,5). Пусть в начальный момент времени число особей $N_1 = 100$; репродуктивный потенциал равен $r = 0,5$. Формула для расчета количества особей N в каждый промежуток времени:

$$N_i = N_{i-1} + N_{i-1} \times r$$

Для числа бактерий N_2 формула имеет вид:

$$N_2 = N_{2-1} + N_{2-1} \times 0,2$$

$$N_2 = 100 + 100 \times 0,2 = 120$$

Через промежуток времени $i = 3$ количество особей N_3 будет равно:

$$N_3 = 120 + 120 \times 0,2 = 144$$

Скриншот табличных данных для биотического потенциала $r = 0,2$ для промежутка времени $i = 1-13$ показан на рис.1. Создайте анало-

гичный ряд данных для значений N_1-N_{55} . Постройте график, опции для построения графика в Эксель: вставка – график.

	A	B	C	D	E	F	G
1	N1	100					
2	N2	=B1+0,2*B1					
3	N3	144					
4	N4	172,8					
5	N5	207,36					
6	N6	248,832					
7	N7	298,5984					
8	N8	358,3181					
9	N9	429,9817					
10	N10	515,978					
11	N11	619,1736					
12	N12	743,0084					
13	N13	891,61					
14							
15							
16							

Рис.1. Образец заполнения таблицы ($N_1=100$, $r = 0,2$)

Культура животных клеток – это популяция клеток печени или почек, которые в стерильной среде при соблюдении условий питательной среды обладают биотическим потенциалом $r = 0,5$. Постройте кривую популяции лабораторных клеток (N_1-N_{55}). (рис.2).

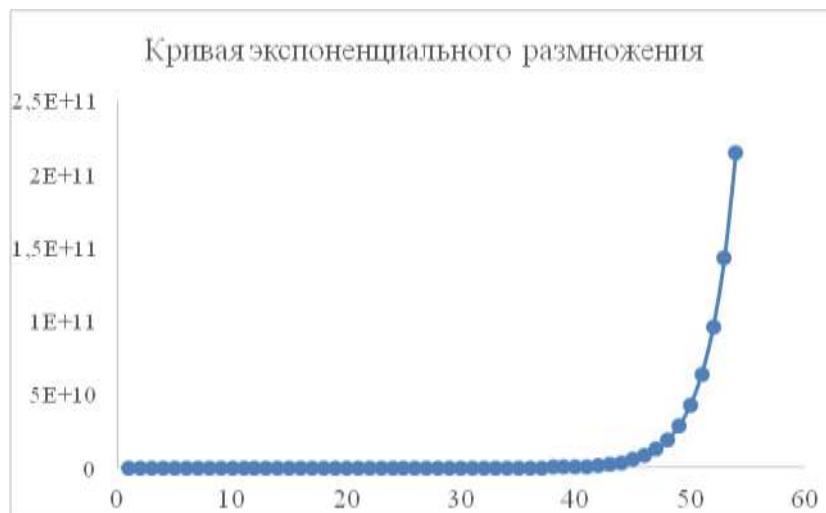


Рис.2. Пример экспоненциальной кривой размножения в Эксель ($r = 0,5$)

Ответьте на вопросы:

1. Какие питательные вещества необходимы в стерильной питательной среде клеткам и бактериям?
2. Почему отклонение от температуры 20 градусов вызывает угнетение роста популяции?

Литература

1. Баранов, Сергей Геннадьевич. Практикум по экологии для бакалавров направления 050100 [Электронный ресурс] / С. Г. Баранов, С. Ю. Морев, Т. С. Бибик; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ) .— Электронные текстовые данные (1 файл : 1,58 Мб) .— Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2013 .— 187 с.:
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2469/3/01140.pdf>>.
2. Баранов, Сергей Геннадьевич. Методические рекомендации для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Общая экология" [Электронный ресурс] : [ч.1]
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/6874/1/00732.docx>
3. Баранов, Сергей Геннадьевич. Методические рекомендации для студентов по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Общая экология" [Электронный ресурс] : [ч.2]
<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/7086/3/00789.docx>
4. Лакин Г.Ф. Биометрия Москва, Высшая школа, 1973.
5. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы, Россия молодая, 1994.
6. Экология: учебное пособие / В.А. Разумов. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 296 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат), (переплет) ISBN 978-5-16-005219-9.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=315994>
7. <http://www.biometrics.ru/> – современные проблемы биостатистики
8. www.sevin.ru/fundecology – фундаментальная экология. Научно-образовательный сервер. Кафедра общей экологии Биологического факультета МГУ им. Ломоносова и Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН
9. www.ecolife.ru – экологические новости, публикации, форумы
10. www.statistica.ru – сервер статических методов исследования
11. www.biometrica.tomsk.ru/books.htm – современные проблемы доказательной биометрии и экологии

Методические материалы рассмотрены и утверждены на заседании учебно-методической комиссии Педагогического института ВлГУ

протокол № 1 от 26 апреля 2022 г.

Председатель комиссии _____ (Артамонова М.В.)

