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 ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

(часть 2)

Владимир 2020

Введение

Предлагаемые методические рекомендации подготовлены для студентов педагогического института, обучающихся по направлению Биология, География, Химия. 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.

Рекомендации соответствуют тематическому плану лабораторных занятий. Большую часть занимают рекомендации работы по 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:

$$ВДК=1,23+0,48lgПДК_{пр},$$

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	овощи	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 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 останков.

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 разделиться на 4 группы. В каждой группе будет 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=1594210034348316-1871526007902930088003 11-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:

$$SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

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

$$SO_2 + NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$$

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

$$C + O_2 \rightarrow CO + O_2 \rightarrow CO_2$$

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

Сероводород H_2S и сероуглерод CS_2 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:

$$NO_2 \rightarrow NO + O\bullet$$

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

$$\bullet O + O_2 \rightarrow O_3$$

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 хлорфторутлеродами (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:

$$O_3 + \bullet Cl \rightarrow ClO + O_2$$

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**
Оксид углерода (CO)	4	5	3
Аммиак (NH_3)	4	0,2	0,04

Вещество	Класс опасности	ПДК$_{МР}$, мг/м^3	ПДК$_{СС}$, мг/м^3
Ксилол (C_8H_{10})	3	0,2	-
Оксид азота (NO)	3	0,4	0,06
Диоксид серы (SO_2)	3	0,5	0,05
Толуол (C_7H_8)	3	0,6	-
Сероводород (H_2S)	2	0,008	-
Хлор (Cl_2)	2	0,1	0,03
Формальдегид (HCOH)	2	0,035	0,003
Диоксид азота (NO_2)	2	0,085	0,04
Фенол (C_6H_6O)	2	0,01	0,003
Бензол (C_6H_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 действие 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 пластинах 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 (около10%), 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 pH-метра? Почему низкие значения pH 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 $\boldsymbol{N_2}$ формула имеет вид:

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

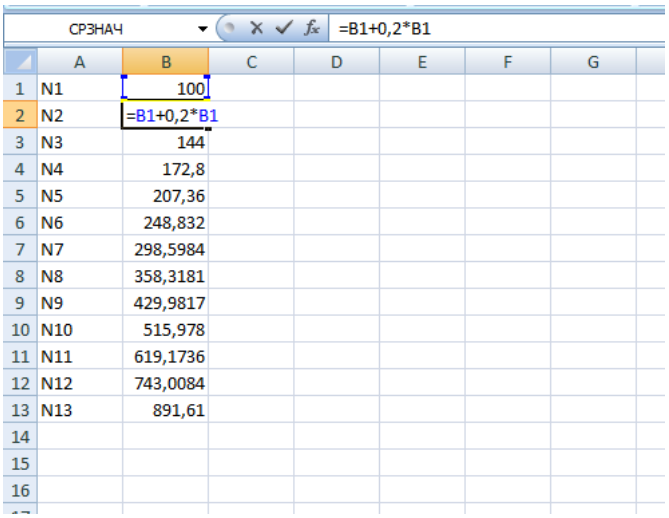
$$N_2 = 100 + 100*0,2 = 120$$

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 аналогичный ряд данных для значений N_1–N_{55}. Постройте график, опции

для построения графика в Эксель: вставка – график.



СРЗНАЧ =B1+0,2*B1

	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).

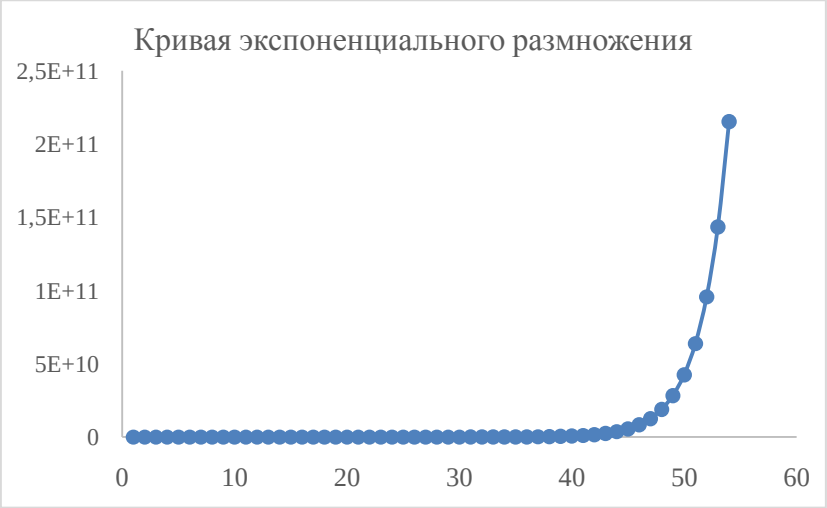


Рис.2. Пример экспоненциальной кривой размножения в Эксель (r = 0,5)

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