

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебно-методическое пособие



Красноярск , 2020

Составители: Пахарькова Нина Викторовна, Шашкова Татьяна Леонидовна.

Биологический контроль состояния окружающей среды. Методические указания для семинарских занятий и самостоятельной работы студентов: учебно-методическое пособие [Текст] / сост. Н.В. Пахарькова, Т.Л. Шашкова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 62 с.

Окружающая среда в эпоху глобализации и бурного научно-технического развития становится все более уязвимой. В соответствии с Прогнозом научно-технического развития РФ до 2030 года (утверждён Министерством образования и науки РФ в декабре 2013 г.), одним из приоритетных направлений является разработка системы экологического мониторинга. Оценка качества почвы, воды и воздуха приобретает в настоящее время большое значение, необходимо определять как реально существующую, так и возможную в будущем степень нарушения окружающей среды. Для этой цели используют два принципиально разных подхода: физико-химический и биологический. В данном учебно-методическом пособии приведены рекомендации по проведению семинарских занятий и организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Биологический контроль состояния окружающей среды».

Предназначено для преподавателей вузов и студентов направления Экология и природопользование.

Учебное пособие подготовлено в рамках проекта ЕС 586335-EPP-1-2017-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP «SUNRAISE»: Sustainable Natural Resource Use in Arctic and High Mountainous Areas Программы Erasmus +.

Проект реализовывался при финансовой поддержке Европейской Комиссии. Публикация отражает только взгляды автора, и Комиссия не несет ответственности за использование содержащейся в ней информации.

© Сибирский
федеральный
университет, 2020

ВВЕДЕНИЕ

Окружающая среда в эпоху глобализации и бурного научно-технического развития становится все более уязвимой. Необходимость управления качеством окружающей среды была озвучена в качестве приоритетной деятельности для мирового сообщества двадцать лет назад на Саммите Земли в Рио-де-Жанейро. Несмотря на значительные усилия в области охраны и управления окружающей средой, все еще нельзя сказать, что нам удалось добиться того, что деятельность человека не наносит природе невосполнимого ущерба.

В соответствии с Прогнозом научно-технического развития РФ до 2030 года (утверждён Министерством образования и науки РФ в декабре 2013 г.), одним из приоритетных направлений является разработка системы экологического мониторинга. Озабоченность вызывают как глобальные, так и локальные проблемы загрязнения и нарушения окружающей среды. В местах скопления промышленных производств или добычи природных ресурсов качество жизни может быть очень низким из-за высокого уровня загрязнения почв, воды и/или воздуха. Во многих странах природная среда практически полностью трансформирована.

В современных условиях в разных сферах человеческой деятельности наработан большой арсенал средств для решения различных проблем окружающей среды. Обычно выделяют несколько уровней, на которых возможно использование методов экологического управления. Существуют подходы, связанные с управлением на экосистемном или региональном уровне. Большой арсенал подходов разработан для экологического управления в бизнесе. Принятие решений на разных стадиях разработки и внедрения проектов также не обходится без применения получивших значительное развитие подходов экологического менеджмента. Стоит отметить, что традиционно применявшийся в отношении управления качеством окружающей среды и регулирования воздействий человека термин *«экологический менеджмент»* (environmental management) в последнее время стали рассматривать в достаточно узком контексте. Под комплексом мер в рамках подходов экологического менеджмента подразумевают серию последовательных шагов, включающих планирование, разработку и внедрение, контроль и периодический пересмотр комплекса действий, связанных с конкретным проектом (уровень проекта может различаться от стратегического развития территории или отрасли до управления конкретным предприятием или природным объектом). В то же время решение проблем управления качеством окружающей среды требует комплексного подхода, в котором в процесс управления вовлекаются все заинтересованные лица. При этом политика согласования интересов заинтересованных лиц, а также выработка адекватных мер зачастую выходят за пределы существующих правовых и экономических рамок и требуют формулирования специфичных для достижения данной цели механизмов и создания соответствующих институциональных условий. Такой процесс, во многом связанный с

самоорганизацией сообщества всех заинтересованных лиц, в английской литературе обозначают термином «*governance*». Наиболее адекватный перевод этого слова – «управление» – по сути, не показывает различий между управлением как процессом реализации формализованных взаимодействий управляющих и управляемых и кооперативного управления, связанного с процессами самоорганизации.

Независимо от того, идет ли речь о кооперативном управлении, нацеленном на согласование экологических, экономических и социальных интересов (*governance*), или об экологическом управлении воздействиями конкретного предприятия или проекта (*environmental management*), одним из ключевых моментов процесса управления является наличие адекватных знаний о состоянии окружающей среды. Такая информация необходима в качестве отправной точки процесса управления. При этом для планирования и развития управления важно иметь методы контроля качества окружающей среды. Такие методы должны: а) давать информацию о состоянии окружающей среды в конкретный момент времени и б) позволять отслеживать изменения в окружающей среде, происходящие в результате увеличения или уменьшения воздействия человека.

В последнее время в мире особое значение приобретают методы биологического контроля, основанные на использовании реакции биологических объектов на изменения в окружающей среде. Нормативы и стандарты, регламентирующие концентрации отдельных загрязняющих веществ или силу воздействий, не всегда способны адекватно оценить состояние окружающей среды в целом. Многие антропогенные факторы могут действовать аддитивно. В такой ситуации наиболее чувствительной и информативной оказывается реакция биологических объектов.

В зависимости от целей экологического управления лицо, принимающее решения, а также собственник, стремящийся получить инструмент контроля состояния окружающей среды, или общественная организация, заинтересованная в слежении за качеством окружающей среды, могут использовать любой из предложенных методов для решения своих задач.

Система экологического мониторинга является необходимым элементом системы управления природоохранной деятельностью, она должна отражать основные принципы самого управления и отвечать его целям, совершенствуясь и развиваясь вместе с ним. Для создания системы мероприятий, обеспечивающей безопасность людей в среде, загрязненной химическими продуктами, необходимы разработка научно обоснованных подходов для выбора критериев, определяющих безопасность человека и других живых компонентов биосферы, а также развитие технологических, инженерно-технических методов и техники экспресс-анализа, обеспечивающих непрерывный контроль за состоянием среды.

Обычно в зоне действия предприятий имеется ряд загрязнителей от объектов других отраслей, которые могут существенно влиять на состояние

среды обитания. Важно разобраться, кто наносит больший вред природе, но главное – это прекращение вредного воздействия. В этой связи представляется также чрезвычайно актуальной оценка состояния экосистем и отдельных видов с помощью живых организмов.

Актуальность биомониторинга обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Во многих случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания, а широкое использование методов биотестирования предприятиями позволит более оперативно и достоверно оценивать качество окружающей среды и в комплексе с другими инструментальными методами стать существенным звеном в системе экологического мониторинга. Методы биомониторинга применяются при анализе содержания вредных веществ в водных средах, почвах, атмосфере, растительных и животных объектах.

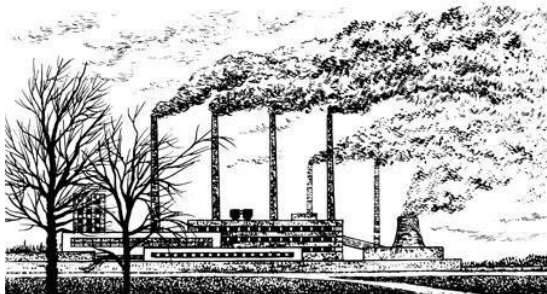
В пособии кратко рассмотрены основные теоретические вопросы биологического контроля состояния окружающей среды, приведены рекомендации по проведению семинарских занятий, задания для самостоятельной работы студентов, контрольные вопросы и список литературы.

Прогноз научно-технического развития РФ до 2030 года. М. Министерство образования и науки РФ – 2013. – 72 с.

Современные подходы к биоконтролю состояния окружающей среды: учеб. пособие / под общ. ред. Г. А. Сорокиной. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 148 с.

ЧАСТЬ 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

ТЕМА 1. БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА



В настоящее время в мониторинге состояния окружающей среды предпочтение отдается физико-химическим методам, позволяющим количественно измерять концентрации отдельных компонентов. Законодательно допустимый уровень загрязнения среды химическими веществами определяется величиной ПДК для каждого вещества.

Однако применение в качестве критерия ПДК, как правило, не обеспечивает должной безопасности живых организмов, так как отрицательное воздействие на организм человека различных чужеродных веществ может осуществляться за счет различных видов активности. К недостаткам использования ПДК в системе контроля загрязнения среды следует отнести следующие:

- ПДК отражает токсичность вещества только для конкретного типа организма и поэтому не является универсальным критерием его безопасности.

- Реально в атмосфере присутствует в качестве загрязнителей сложная смесь исходных веществ и веществ вторичного происхождения, являющихся продуктами исходных реакций. Это приводит к обесцениванию ПДК применительно даже к одному конкретному веществу: очевидно, что содержание каждого из компонентов такой смеси в концентрациях, ниже ПДК, не гарантирует ее безопасности.

- При разработке норм допустимого содержания химических веществ в среде обычно не учитывается их накопление в конечных звеньях пищевых цепей, так как все звенья этих цепей во многих случаях точно нельзя определить.

- Метаболические превращения поллютантов у разных организмов имеют свои особенности.

- Установление норм ПДК связано с большими затратами. Согласно американским данным, стоимость такой процедуры составляет около 1 млн. долларов. Российские авторы называют меньшие оценочные суммы, хотя тоже довольно значительные.

- Химические соединения, попав в экосистему, могут действовать на всех ее живых представителей, а это чревато такими непредсказуемыми нарушениями, которые, в конечном счете, скажутся на человеке.

– В процессе биотрансформации возможно появление более токсичных ксенобиотиков.

Биомониторинг является составной частью экологического мониторинга. В задачи биомониторинга входит регулярно проводимая оценка качества окружающей среды с помощью специально выбранных для этой цели живых объектов.

В 1990 г. экономическая комиссия Европы под эгидой ООН приняла программу интегрированного мониторинга (ИМ) окружающей среды по следующим группам показателей (в скобках указано их количество): общая метеорология (6), химизм воздуха (3), химизм почвенных и подземных вод (4), химизм поверхностных вод (4), почва (6), биологические показатели (11).

Среди отслеживаемых показателей видное место заняли биологические индикаторы: эпифитные лишайники, напочвенная растительность, кустарниковая и древесная растительность, проективное покрытие деревьев, биомасса деревьев, химический состав хвойных игл, микроэлементы в хвое, почвенные ферменты, микориза, скорость разложения растительных остатков и один из прочих методов биомониторинга по выбору.

Часто задают вопрос: «Почему для оценки качества среды приходится использовать живые объекты, когда это проще делать физико-химическими методами?» Существуют несколько случаев, когда биомониторинг становится незаменимым.

1. Фактор не может быть измерен. Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох. Так, анализ пыльцы растений в Северной Америке за длительный период показал смену теплого влажного климата сухим прохладным и далее замену лесных сообществ на травяные. В другом случае остатки диатомовых водорослей позволили утверждать, что в прошлом вода в озерах Швеции имела кислую реакцию по вполне естественным причинам.

2. Фактор трудно измерить. Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве. Например, инсектицид дельтаметрин активен 5-15 суток после его распыления, в то время как его действие на фауну (жуков и пауков) прослеживается в течение нескольких недель.

3. Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать. Данные о концентрации в окружающей среде различных поллютантов (если их концентрация не предельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. Показатели предельно допустимой концентрации (ПДК) различных веществ разработаны лишь для человека. Однако, очевидно, эти показатели не могут быть распространены на другие живые существа. Есть более чувствительные виды, и они могут оказаться ключевыми для поддержания экосистем. С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биомониторинг,

позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды. Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биомониторинг, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими. Два основных направления в биомониторинге – биоиндикация и биотестирование.

Биоиндикация (bioindication) – это обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания. Биологические индикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений.

Биотестирование (bioassay) – это процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов. Для оценки параметров среды используются стандартизованные реакции живых организмов (или отдельных органов, тканей, клеток и молекул). В организме, пребывающем контрольное время в условиях загрязнения, происходят изменения физиологических, биохимических, генетических, морфологических параметров. Объект извлекается из среды обитания, и в лабораторных условиях проводится необходимый анализ.

Актуальность биомониторинга обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Во многих случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания, а широкое использование методов биотестирования предприятиями позволит более оперативно и достоверно оценивать качество окружающей среды и в комплексе с другими инструментальными методами стать существенным звеном в системе экологического мониторинга.

Задание

Участников семинара необходимо разделить на группы по 3-4 человека. Каждой группе выдается описание одной из методик, применяемых в биомониторинге (В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях 9 М. Центр экологической политики России, 2001. – 148 с.).

Пример

Использование рыб для оценки загрязнения водоема

Данная методика основана на анализе частоты встречаемости асимметричных признаков у гольца европейского (*Nemachilus barbatulus*).

Этот вид встречается практически во всех малых реках Калужской области и удобен для отлова обычным сачком. Стабильность развития

оценивается по коэффициенту асимметрии, выраженному средней частотой асимметричного проявления на признак.

У европейского гольца (*Nemachilus barbatulus*) исследованы следующие признаки:

1. Число пор в боковой линии;
2. Число пор сейсморецепторной системы в надглазничных каналах (на рисунке обозначен цифрой 1);
3. Число пор сейсморецепторной системы в нижнечелюстных каналах (на рисунке обозначен цифрой 2);
4. Число пор сейсморецепторной системы в подглазничных + темпоральных каналах (на рисунке обозначены цифрой 3);
5. Число лучей в грудных плавниках;
6. Число лучей в брюшных плавниках;

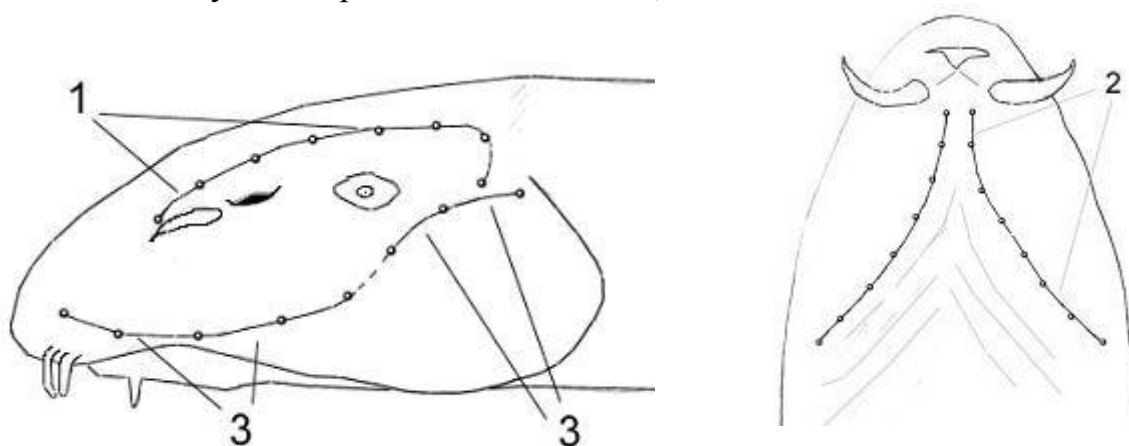


Рис. 1.1. Индикаторные признаки у гольца европейского.

В течение 15-20 минут студенты обсуждают методику внутри группы, готовясь ответить на следующие вопросы:

1. К какой группе, на ваш взгляд, относится эта методика: биотестирование или биоиндикация? Почему?
2. На каком уровне организации проводится биомониторинг (внутриклеточном, тканево-органо, организменном, популяционном, видовом, экосистемном, биосферном)?
3. Какие методы используют авторы методики (биохимические, физиологические, анатомические, морфологические, поведенческие и т.д.)?
4. Может ли эта методика быть использована на территории Красноярского края?
5. Положительные и отрицательные стороны методики, рекомендации по ее совершенствованию.

Затем каждой группе будет предложено изложить методику и обосновать свои выводы, в это время остальные студенты заполняют бланки, соглашаясь (+) или не соглашаясь (-) со сделанными заключениями.

Список литературы

Основная:

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст]: учеб. пособие для вузов /О.П.Мелехова [и др.]; под ред.О.П.Мелеховой и Е.И.Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

Дополнительная:

2. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем [Текст] / под ред. Р.Шуберта.- М.: Мир, 1988. – 348 с.

3. Бурдин, К.С. Основы биологического мониторинга [Текст] / К.С. Бурдин. – Изд-во МГУ, 1985. - 158 с.

4. Виноградов, Б.В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов [Текст] / Б.В. Виноградов. - М.: Высшая школа, 1964. – 328 с.

5. Дятлов, С.Е. Роль и место биотестирования в комплексном мониторинге морской среды [Текст] / С.Е. Дятлов // Экология моря. – 2000. - Вып. 51. - С. 83 - 87.

6. Захаров, В.М. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях [Текст] / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили. - М.: Центр экологической политики России, 2001. - 148 с.

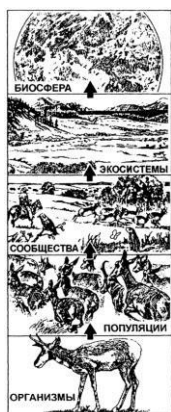
7. Экологический мониторинг / под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект, 2005. – 416 с.

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте биоиндикацию и биотестирование как две формы биомониторинга окружающей среды.

2. В чем преимущества и недостатки применения биологических методов контроля окружающей среды?

ТЕМА 2. БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОРГАНИЗАЦИИ, ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОИНДИКАТОРОВ.



Биомониторинг может осуществляться на всех уровнях организации живого: биологических макромолекул, клеток, тканей и органов, организмов, популяций (пространственная группировка особей одного вида), сообществ, экосистем и биосферы в целом. На низших уровнях биомониторинга возможны прямые и специфические формы, на высших – лишь косвенные и неспецифические. Однако именно последние дают комплексную оценку влияния антропогенных воздействий на природу в целом.

Биологические методы позволяют получать сведения о непосредственной реакции организмов, сообществ или экосистем на естественные или антропогенные изменения, поскольку биота реагирует даже на незначительные изменения внешних условий. Применение биологических методов для оценки среды подразумевает выделение видов животных или растений, чутко реагирующих на тот или иной тип воздействия. Организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых так тесно коррелируют с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки, называются биоиндикаторами.

С помощью биоиндикаторов можно обнаруживать места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений; по ним можно проследить скорость происходящих в окружающей среде изменений.

Существует несколько разных форм биоиндикации. Если две одинаковые реакции вызываются различными антропогенными факторами, то это будет неспецифическая биоиндикация. Если же те или иные изменения можно связать с влиянием какого-либо одного фактора, то биоиндикация такого типа называется специфической.

Биоиндикаторы по ответным реакциям на внешние воздействия также могут быть отнесены к нескольким типам. Во-первых, у ряда видов животных существенно меняется численность популяций в условиях нарушения среды. Это будут количественные биоиндикаторы. Наряду с ними есть качественные биоиндикаторы, по присутствию или отсутствию которых также можно дать характеристику биоценоза.

Если индикаторный вид реагирует значительным отклонением жизненных проявлений от нормы, то он является чувствительным биоиндикатором. Если накопление антропогенных воздействий большей частью идет без быстро проявляющихся нарушений, то такой индикатор называется аккумулятивным.

Типы биоиндикаторов:

1. Чувствительный. Быстро реагирует значительным отклонением показателей от нормы. Например, отклонения в поведении животных, в физиологических реакциях клеток могут быть обнаружены практически сразу после начала действия нарушающего фактора.

2. Аккумулятивный. Накапливает воздействия без проявляющихся нарушений. Например, лес на начальных этапах его загрязнения или вытаптывания будет прежним по своим основным характеристикам (видовому составу, разнообразию, обилию и пр.). Лишь по прошествии какого-то времени начнут исчезать редкие виды, произойдет смена преобладающих форм, изменится общая численность организмов и т.д. Таким образом, лесное сообщество как биоиндикатор не сразу обнаружит нарушение среды.

Биоиндикаторы принято описывать с помощью двух характеристик: специфичность и чувствительность.

При низкой специфичности биоиндикатор реагирует на разные факторы, при высокой – только на один (см. примеры по специфической и неспецифической биоиндикации).

При низкой чувствительности биоиндикатор отвечает только на сильные отклонения фактора от нормы, при высокой – на незначительные.

В качестве биоиндикаторов могут быть использованы представители всех «царств» живой природы. Идеальный биологический индикатор должен удовлетворять ряду требований:

- быть характерным для данных условий;
- иметь высокую численность в данном экотопе;
- обитать в данном месте в течение ряда лет, что дает возможность проследить динамику загрязнения;
- находиться в условиях, удобных для отбора проб;
- давать возможность проводить прямые анализы без предварительной концентрации;
- характеризоваться положительной корреляцией между концентрацией загрязняющих веществ в организме-индикаторе и объекте исследования;
- обладать высокой толерантностью по отношению к широкому спектру токсичных веществ;
- использоваться в экспериментальных исследованиях;
- ответная реакция биоиндикатора на определенное физическое или химическое воздействие должна быть четко выражена, то есть, специфична, легко регистрироваться визуально или с помощью приборов;
- биоиндикатор должен использоваться в естественных условиях его существования;
- для биоиндикации не пригодны организмы, подверженные сильному воздействию болезней, вредителей и паразитов;
- биоиндикатор должен иметь короткий период онтогенеза, чтобы была возможность отслеживания влияния фактора на последующие поколения.

Отклонение характеристик биоиндикатора в нарушенной среде необходимо сравнить с нормой или «контролем». В зависимости от ситуации используют разные подходы:

1. Сравнение с характеристиками объекта вне зоны воздействия. Например, чтобы выявить изменение растительных сообществ при промышленном загрязнении, их сравнивают с сообществами, расположенными вне зоны антропогенного воздействия.

2. Сравнение с характеристиками объектов в прошлом до воздействия человека (исторические стандарты). Некоторые типы экосистем, например, европейские степи, практически утратили свой начальный облик. В таких случаях о степени их нарушенности можно судить по подробным научным описаниям, сделанным около века назад.

3. Контроль – определенный вид функциональной зависимости, отклонение от которой рассматривается как нарушение. Например, в

многовидовых ненарушенных сообществах распределение видов по классам встречаемости, обилия или доминирования соответствует кривой Раункиера. При выявлении нарушений среды изучаемое распределение видов сравнивают не с конкретным значением какого-либо показателя, а с серией этих значений, описываемых кривой, форма которой при загрязнении среды изменяется.

Во всех случаях, когда речь идет о контроле, без которого биоиндикация в принципе невозможна, встает вопрос, что считать нормой для того или иного биоиндикатора? В одних случаях ответ будет простой. Например, появление на листьях растений некротических пятен любой формы и размера – всегда индикатор загрязнения среды, поскольку в норме их быть не должно.

Задание

Участников семинара необходимо разделить на группы по 3-4 человека. Каждой группе выдается бланк с определенными исходными данными (в таблице выделены жирным шрифтом) и предлагается разработать основу для метода биомониторинга, который может быть применен в данном случае. В течение 20-30 минут студенты обсуждают методику внутри группы и заполняют 6 и 7 строки в таблице:

Таблица 2.1 Описание методики

1. Группа методов	Биоиндикация
2. Среда	Воздушная
3. Основные источники загрязнения	автотранспорт, ТЭЦ
4. Состав загрязнителей	Оксиды серы, азота и др.
5. Характеристика вида, используемого в оценке загрязнения среды	
6. Описание методики	
7. Сильные и слабые стороны методики	1 группа
	2 группа
	3 группа
	4 группа

Затем каждой группе будет предложено изложить методику и обосновать свои выводы, в это время остальные студенты заполняют строку 7 в таблице.

Список литературы

Основная:

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст]: учеб. пособие для вузов /О.П.Мелехова [и др.]; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

Дополнительная:

2. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем [Текст] / под ред. Р.Шуберта.- М.: Мир, 1988. – 348 с.

3. Биоиндикация радиоактивных загрязнений / Отв. ред. Д.А. Криволуцкий. М.: Наука, 1999. 384 с.

4. Веселовский В.А., Веселова Г.В. Люминесценция растений. Теоретические и практические аспекты. М.: Наука, 1990.199 с.

5. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Наука, 1979. 152 с.

6. Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). - М., Наука, 1987. - 216 с

7. Мэннинг У.Д., Федер У. Биомониторинг загрязнений атмосферы с помощью растений. Л.:Гидрометеиздат.1985. 143 с.

8. Смуров А.В., Полищук Л.В. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статический и динамический аспекты. М.: Изд. МГУ, 1989. 208 с.

9. Степанов, А.М. Биоиндикация на уровне экосистем [Текст] / А.М. Степанов// Биоиндикация и биомониторинг. - М. Наука, 1991. - 288 с.

Контрольные вопросы:

1. Что такое специфическая и неспецифическая биоиндикация?
2. Назовите общие принципы использования биоиндикаторов.
3. Охарактеризуйте основные типы биоиндикаторов.
4. Опишите «идеальный» биоиндикатор.

ТЕМА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ РАСТЕНИЙ В БИОМОНИТОРИНГЕ



В истории биоиндикации морфологические изменения растений в ответ на антропогенные воздействия привлекли к себе внимание очень рано. В середине XIX в. были отмечены повреждения растений дымом вокруг бельгийских и английских содовых фабрик, а уже в 1850 г. Штекхардт (Stockhardt) опубликовал свои наблюдения о повреждениях дымом елей. Позднее сообщалось о характерных изменениях окраски растений во время военного применения ядовитых газов или их утечек. Сегодня во всех промышленно развитых странах известно о видимых поражениях растительности дымом или уличных деревьев солью. В полевых условиях, гидропонной культуре и камерах для окуливания было проведено множество исследований,

посвященных связи морфологических изменений с антропогенными стрессорами.

И сейчас наиболее часто применяемые на практике методы биоиндикации учитывают анатомо-морфологические изменения высших растений. Основой для этого являются в первую очередь незначительные затраты труда при наблюдении и оценке наблюдаемых явлений.

Реакция лесных экосистем на неблагоприятные условия внешней среды проявляется в нарушениях структуры и функций всей системы и ее отдельных компонентов. Эти нарушения можно заметить по ряду признаков, которые видны при внимательном взгляде на природный объект. Самыми общими признаками нарушения состояния лесной экосистемы являются:

- появление сухостоя и ослабленных деревьев среди пород-доминантов (ель в ельнике, дуб в дубраве, береза в березняке);
- уменьшение (заметное) размеров хвои и листвы этого года по сравнению с прошлыми годами;
- преждевременное (задолго до осени) пожелтение и опадение листвы;
- замедление прироста деревьев по высоте и диаметру;
- появление хлорозов и некрозов хвои и листвы, сокращение срока жизни хвои;
- заметное увеличение поврежденности деревьев болезнями и энтомофагами (грибами и насекомыми).

В районах устойчивого загрязнения атмосферного воздуха промышленными выбросами происходит повреждение крупных лесных массивов, называемое дефолиацией – изреживанием крон деревьев вследствие потери листвы и хвои в зеленом состоянии. В качестве критериев количественной оценки степени поврежденности лесов могут служить: уменьшение массы листвы и хвои, степень желтизны листвы и хвои и другие.



Рис 3.1. Признаки дефолиации крон и ветвей сосны. 0 - нормальная крона и ветка; 1 - слабая дефолиация; 2 - умеренная дефолиация; 3 - сильная дефолиация.

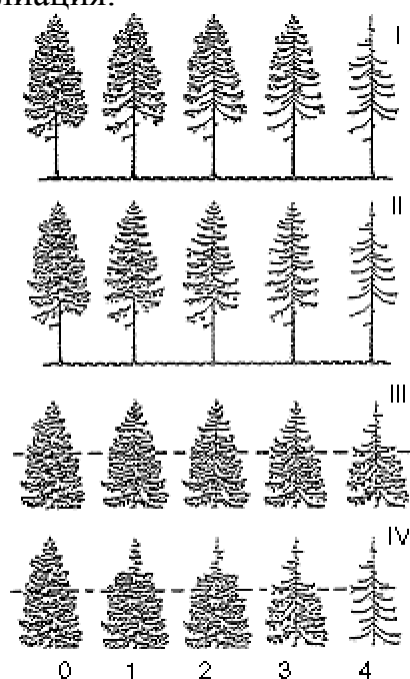


Рис. 3.2. Лиственный тип дефолиации кроны. II - периферийный тип дефолиации кроны, III - суховершинный тип дефолиации кроны, IV - верхушечная гибель хвойных деревьев. 0 - нормальная крона и ветка; 1 - слабая дефолиация; 2 - средняя дефолиация; 3 - сильная дефолиация; 4 - гибель.

Изменение окраски листьев представляет собой в большинстве случаев неспецифическую реакцию на различные стрессоры.

Хлороз – бледная окраска листьев между жилками (например, у растений на отвалах, остающихся после добычи тяжелых металлов, или сосновой хвои при слабом воздействии различных вредных газов, иногда обратимая у молодых листьев); *пожелтение* краев или определенных участков листьев (например, у лиственных деревьев под влиянием хлоридов); *покраснение* (накопление антоциана в виде пятен на листьях смородины и гортензии под действием сернистого газа); *побурение* или *побронзовение*, а также появление *серебристой окраски* поверхности листьев.

Некрозы – отмирание ограниченных участков ткани – важные симптомы повреждений, иногда довольно специфичные. Следует различать *точечные* и *пятнистые некрозы* (отмирание тканей листовой пластинки в виде точек или пятен); *межжилковые некрозы* (отмирание листовой пластинки между боковыми жилками первого порядка); *краевые некрозы* (характерные, четко отграниченные повреждения краевых частей листа); сочетание межжилковых и краевых некрозов приводит к появлению узора типа «рыбьего скелета»; *верхушечные некрозы* (в особенности у однодольных и хвойных).

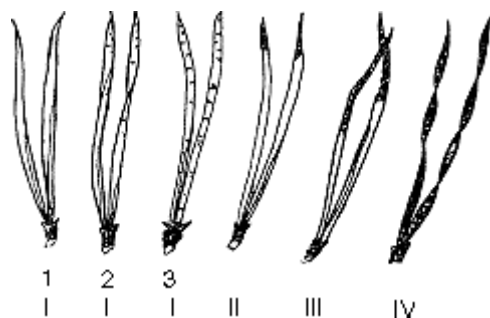


Рис. 3.3. Классы повреждения (хлороза) и усыхания (некроза) хвои.

Классы хлороза: 1 - хвоинки без пятен; 2 - немного мелких пятнышек; 3 - много желтых и коричневых пятен, иногда во всю ширину хвоинки.

Классы усыхания: I - сухие участки отсутствуют; II - усох кончик хвои 2-5 мм; III - усохла треть хвоинки; IV - вся хвоинка желтая и наполовину сухая.

Задание

Оценка состояния древостоя по методике Алексеева

Общее число исследуемых деревьев на пробной площади должно быть не менее 100. Наиболее информативно для прогнозных оценок состояние ветвей верхней половины кроны дерева. При оценке жизненного состояния выделяют деревья здоровые (n_1), поврежденные (n_2), сильно поврежденные (n_3), отмирающие и сухостой (n_4).

Рассчитайте относительное жизненное состояние древостоя, используя данные из таблиц и следующую формулу:

$$In = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N},$$

где In – относительное жизненное состояние древостоя;

n_1 – здоровое дерево, с незначительными повреждениями хвои;

n_2 – ослабленные деревья, повреждение не менее 30%, густота кроны, мертвые ветви, мертвая хвоя;

n_3 – сильно поврежденные деревья (60%), наблюдается отмирание верхушки кроны,

n_4 – отмирающие деревья, 70% нарушений, вся хвоя с хлорозами, некрозами или опавшая, свежий сухостой,

N – общее число деревьев, на пробной площадке.

Таблица 3.1 Описание древостоя на пробной площади №1

Состояние дерева	Количество
здоровые деревья, с незначительными повреждениями хвои	49
ослабленные деревья, повреждение не менее 30%, густота кроны, мертвые ветви, мертвая хвоя	37
сильно поврежденные деревья (60%), наблюдается отмирание верхушки кроны	12
отмирающие деревья, 70% нарушений, вся хвоя с хлорозами, некрозами или опавшая, свежий сухостой	4

Таблица 3.2 Описание древостоя на пробной площади №2.

Состояние дерева	Количество
здоровые деревья, с незначительными повреждениями хвои	38
ослабленные деревья, повреждение не менее 30%, густота кроны, мертвые ветви, мертвая хвоя	32
сильно поврежденные деревья (60%), наблюдается отмирание верхушки кроны	19
отмирающие деревья, 70% нарушений, вся хвоя с хлорозами, некрозами или опавшая, свежий сухостой	11

Таблица 3.3 Описание древостоя на пробной площади №3.

Состояние дерева	Количество
здоровые деревья, с незначительными повреждениями хвои	73
ослабленные деревья, повреждение не менее 30%, густота кроны, мертвые ветви, мертвая хвоя	25
сильно поврежденные деревья (60%), наблюдается отмирание верхушки кроны	8
отмирающие деревья, 70% нарушений, вся хвоя с хлорозами, некрозами или опавшая, свежий сухостой	1

Список литературы

Основная:

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст]: учеб. пособие для вузов /О.П.Мелехова [и др.]; под ред.О.П.Мелеховой и Е.И.Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

Дополнительная:

2. Алексеев В.А. Атмосферное загрязнение и оценка состояния деревьев и древостоев. – Пушкино, 1989

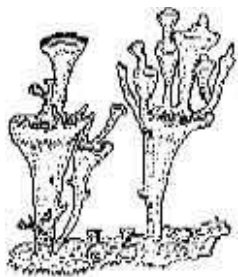
3. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем [Текст] / под ред. Р.Шуберта.- М.: Мир, 1988. – 348 с.

4. Экологические тесты для общественного экологического мониторинга. Пушкино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. <http://ecoclub.nsu.ru/books/Obr3-4/14.htm>

Контрольные вопросы:

1. В чем отличие между хлорозом и некрозом?
2. Охарактеризуйте основные типы некрозов.
3. Что такое дефолиация?
4. Как можно оценить состояние окружающей среды, используя морфологические признаки хвойных деревьев?

ТЕМА 4. МЕТОДЫ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ



Лихеноиндикация является методом определения степени загрязнения атмосферного загрязнения с применением лишайников в качестве организмов-биоиндикаторов. Метод лихеноиндикации позволяет проводить интегральную оценку загрязнения атмосферы достаточно больших территорий (от окрестностей города до страны), районируя их по степени загрязнения воздуха.

В зависимости от места обитания лишайники подразделяют на следующие экологические группы: эпигейные (напочвенные), эпилитные (на скальных), эпифитные (на коре деревьев), эпиксильные (на окоренной древесине), эпифильные (на листьях вечнозеленых растений).

Лишайники очень чувствительны к загрязняющим веществам, что объясняется особенностями их морфофизиологии: уязвимостью фотобионта, отсутствием защитных покровов, отсутствием органов выделения, отсутствием способности к регуляции газо- и водообмена, требовательностью к кислотности субстрата и пр.

Особо токсичное действие на лишайники оказывают оксиды серы, азота, озон, фториды, комплексные загрязнители и, в больших дозах, тяжелые металлы, которые являются отходы различных отраслей промышленности, главным образом металлургической и топливно-энергетической, а так же выхлопы автомобильных газов. Чувствительность к газообразным поллютантам и особенно к диоксиду серы у разных видов варьирует и часто зависит от концентрации и продолжительности воздействия газа, морфологии таллома, качества субстрата, сезона, времени суток и пр.

В природных условиях лишайники, как правило, подвергаются воздействию целого комплекса загрязнителей, среди которых может преобладать какой-либо один компонент. Кроме того, один и тот же вид может по-разному реагировать на различные сочетания загрязняющих веществ, т.е. его токсикофобность может быть неодинаковой в разных районах земного шара. Воздействие загрязнителей на лишайники, как правило, вызывает следующие последствия: нарушение структуры и целостности клеточных мембран, структуры хлорофилла, процессов фотосинтеза, ингибирование синтеза белков и липидов, изменение активности ферментов.

Один из факторов повреждения лишайников – кислотные дожди. В районах с повышенным содержанием этого загрязнителя лишайники накапливают в своих талломах значительные количества серы, причем повышение ее содержания коррелирует со степенью повреждения таллома.

Способность лишайников к накоплению в своих талломах различных веществ, в том числе тяжелых металлов и радионуклидов, позволяет

использовать их как биоаккумуляторы. В подобных исследованиях применяют методы как пассивной, так и трансплантационной лишеноиндикации.

На сегодняшний день существует два направления метода лишеноиндикации:

Пассивная лишеноиндикация – оценка состояния лишайников и их группировок непосредственно на месте их произрастания;

Активная (трансплантационная) - перемещение лишайников из заведомо чистых районов в тестируемый район. После определенного времени экспозиции фиксируются изменения в их морфофизиологическом состоянии и соответственно оценивается степень загрязнения воздуха района, в котором они экспонировались.

Наиболее распространенными критериями оценки состояния лишайников являются методы пассивной лишеноиндикации. К ним относятся определение общего числа и относительной частоты встречаемости видов (подсчет видов на пробной площади), проективного покрытия одного вида или среднее покрытие всех видов (визуально или методами планиметрии), расчет индексов полеотолерантности.

Полученные данные представляют оценку состояния атмосферы исследуемой территории. Более распространенным вариантом исследования является лишеноиндикационное картирование на основе распространения нескольких видов, чувствительность которых к загрязнению заведомо известна.

Так же информативны данные о морфологии, росте и развитии отдельных талломов лишайников, их продуктивности и размножении. Лабораторными методами можно определить некоторые биохимические и физиологические показатели: содержание хлорофилла, интенсивность фотосинтеза, состояние мембран, аккумуляцию соединений в слоевищах лишайников, количество продуцируемых лишайником вторичных лишайниковых веществ, флуоресценцию хлорофилла.

Конечным результатом лишеноиндикационных исследований, как правило, становится карта состояния атмосферы города, составленная по различным критериям. На карте отражаются зоны деградации лишайниковых сообществ (фоновая зона, зона борьбы, лишайниковая пустыня), которые свидетельствуют о разной степени загрязнения атмосферного воздуха.

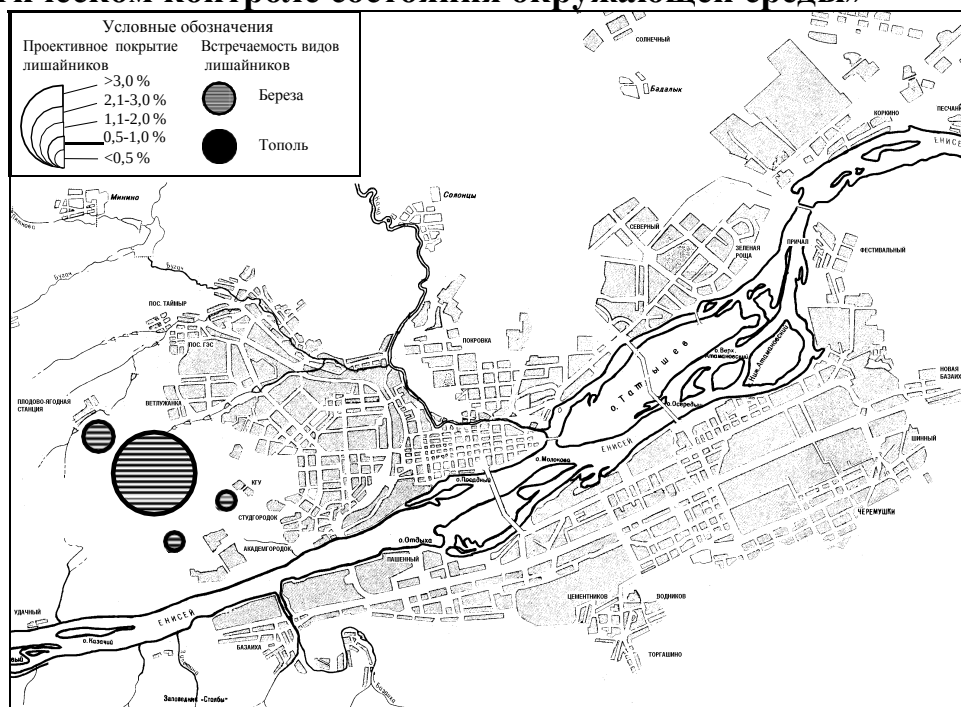
Задание:

Провести анализ информации, отображенной на лишеноиндикационных картах. Ответить на вопросы:

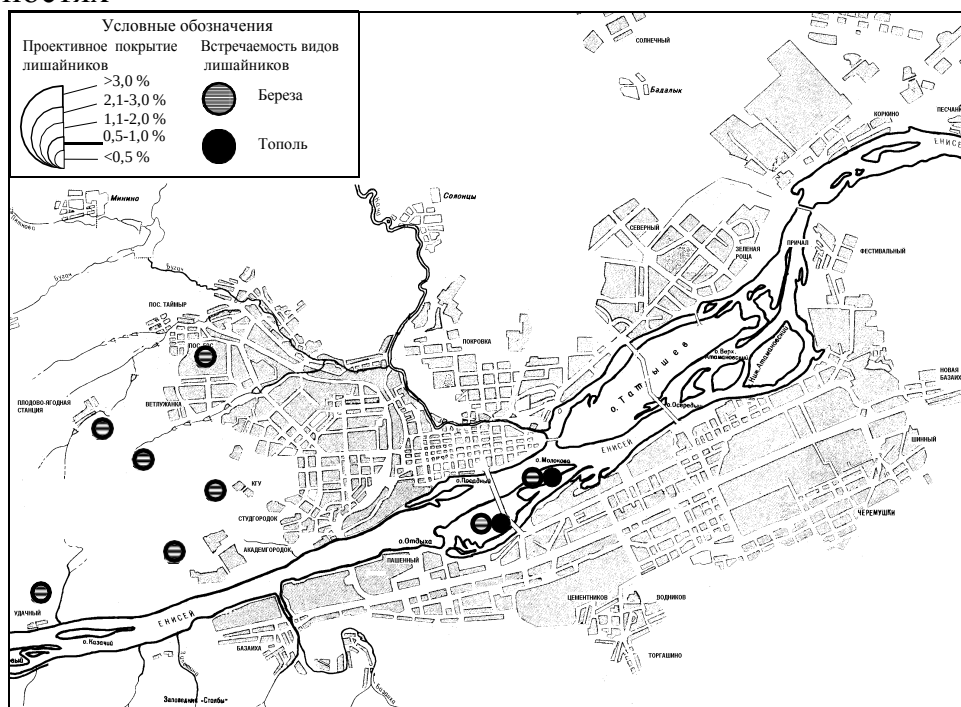
1. Какие методы лишеноиндикационных исследований применялись для сбора лишенометрических данных?
2. На основе приведенной информации о состоянии лишайников какие можно выделить зоны по уровню загрязнения атмосферы?
3. Какие районы исследуемой территории можно считать наиболее подверженными влиянию атмосферных загрязнителей?

4. Какие виды лишайников можно считать наиболее информативными при проведении лихеноиндикационных исследований в данном регионе?

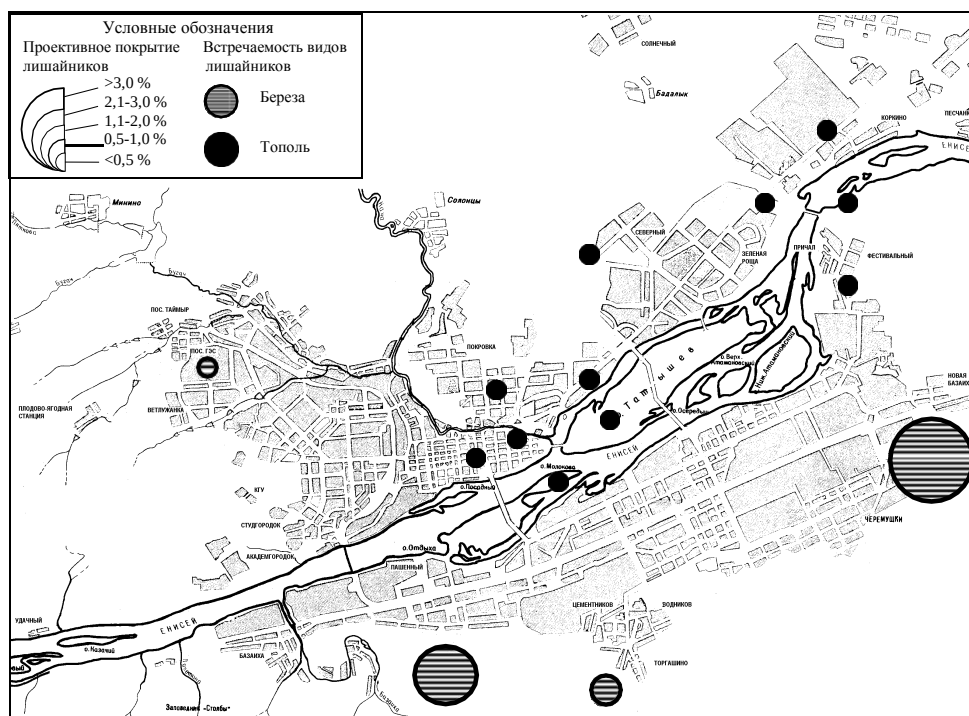
Комплект к заданиям к семинару «Методы лихеноиндикации в биологическом контроле состояния окружающей среды»



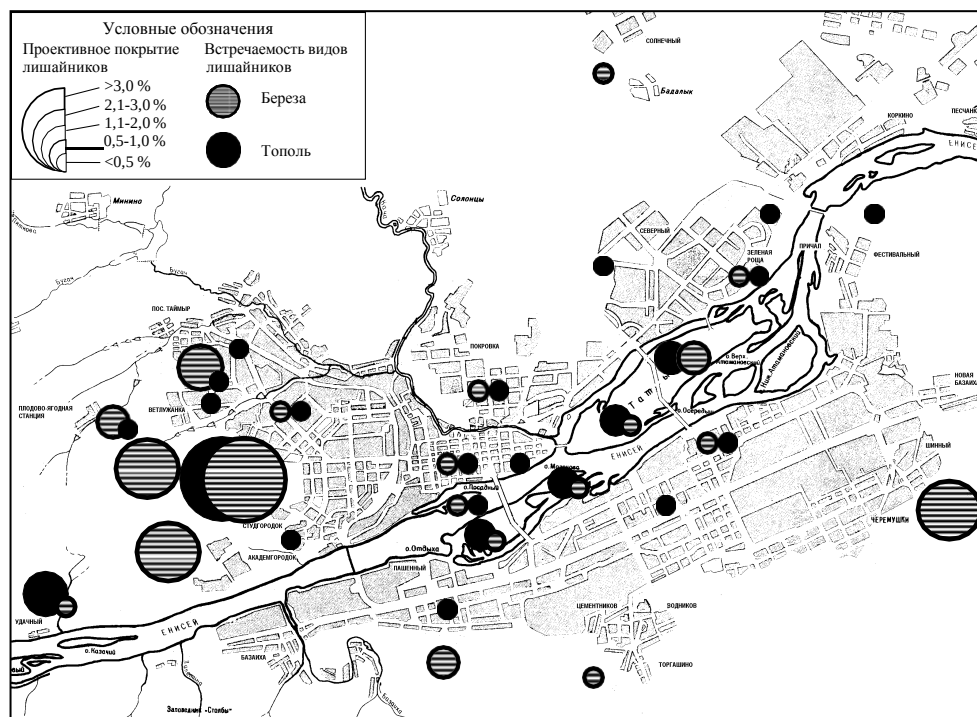
Вариант 1. Распространение и проективное покрытие лишайника *Nurogymnia physodes* (L.) Nyl. на березе и тополе в г. Красноярске и его окрестностях



Вариант 2. Распространение и проективное покрытие лишайника *Melanelia exasperatula* Nyl. на березе и тополе в г. Красноярске и его окрестностях



Вариант 3. Распространение и проективное покрытие лишайника *Lecanora hageni* (Ach.) Ach. на березе и тополе в г. Красноярске и его окрестностях



Вариант 4. Распространение и проективное покрытие лишайника *Phycia aipolia* (Ehrh.) Fűrnr. на березе и тополе в г. Красноярске и его окрестностях

Список литературы:

Основная:

1. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / М.: Научный мир, 2002. - 336 с.

2. Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование / Издательство Академия, 2007. – 288 с.
3. Шкараба Е.М., Селиванов А.Е. Использование лишайников в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды: Учебное пособие. - Пермь. Изд. ПГПУ, 2001.
4. Экологический мониторинг / под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект, 2005. – 416 с.

Дополнительная:

1. Андерсон Ф.К. Реакция лишайников на атмосферное загрязнение / Ф.К. Андерсон, М. Трешоу // Загрязнение воздуха и жизнь растений. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - С. 295-326.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э Вайнерт [и др.]; под общ. ред. Р. Шуберта; - М: Мир. -1988.-350 с.
3. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / Трасс Х.Х. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1985. - Т. 7. - С. 122-137.
4. Трасс Х.Х. Лихеноиндикационные индексы и SO₂ / Х.Х. Трасс // Биогеохим. круговорот веществ в биосфере: сб. науч. статей / - М.: 1987. - С. 111-115.
5. Трасс Х.Х. Полеотолерантность лишайников / Х.Х. Трасс // Материалы 6 симпозиума микологов и лихенологов Прибалтийских республик. Рига, 1971. Т. 1. С. 66-70
6. Трасс Х.Х. Трансплантационные методы лихеноиндикации / Х.Х. Трасс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем: Т. 8. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 140-144.

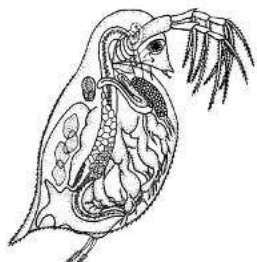
Интернет-ресурсы:

<http://www.eco-edu.spb.ru/help/332.html>
<http://www.green.unibel.by/greenphone/monitoring.htm>
<http://www.bioassay.narod.ru/biot.htm>
<http://kspu.kaluga.ru/biomon/direction/vidbio.htm>

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение методу лихеноиндикации.
2. Какие существуют направления метода лихеноиндикации?
3. Какие выделяются экологические группы лишайников в зависимости от заселяемого субстрата?
4. Чем обуславливается высокая чувствительность лишайников к атмосферным поллютантам?
5. От каких факторов зависит чувствительность лишайников к поллютантам?
6. Какие вещества являются наиболее опасными токсикантами для лишайников?
7. Какие критерии применяются для определения состояния лишайников?

ТЕМА 5. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА-ЭФФЕКТ» В БИОТЕСТИРОВАНИИ. ПОНЯТИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕСТ-ОРГАНИЗМОВ



Главное требование к биотестам – чувствительность к широкому кругу токсикантов и быстрота ответа, четкая реакция на внешние воздействия. Под *чувствительностью* функции и метода подразумевается наименьший уровень токсического воздействия концентрации токсиканта, вызывающий отклонение значения тест-функции от значения в

контроле не менее чем на некоторую условленную величину.

Единицами измерения чувствительности могут служить единицы концентрации вещества, времени или единицы выражения эффекта (например, в процентах).

Основными приемами *токсикометрии* (оценки токсичности веществ) являются установление минимально переносимой или пороговой концентрации (LC_0), медианной летальной концентрации (LC_{50}), или дозы (LD_{50}), и зоны токсического действия - диапазона токсических концентраций - от LC_0 до абсолютно летальной - LC_{100} .

При биотестировании в качестве реакции чаще всего выступает гибель части или всех подопытных животных к концу опыта. Характеристикой силы действия вещества на крупных и сухопутных животных служит понятие «доза токсиканта, введенная в организм». Для водных животных (дафнии и пр.) уровень фактора характеризует либо концентрация вещества действующего в течение опыта, «смертельная концентрация», либо период времени, в течение которого вещество в данной концентрации вызвало данный эффект, «смертельное время». Необходимо всегда иметь в виду, что реакция тест-объектов на вредное вещество зависит в равной мере, как от продолжительности воздействия, так и от количества яда. Между временем гибели и концентрацией существует достаточно жесткая взаимосвязь: чем выше концентрация, тем быстрее погибают подопытные объекты, чем концентрация ниже, тем больше времени для этого требуется.

В водной токсикологии интенсивность воздействия чаще всего характеризуется концентрацией вещества в среде обитания гидробионта. Отождествлять понятия дозы и концентрации не следует. При постоянном пребывании организма в растворе токсического вещества количество поступившего в ткани вещества неизвестно. При аналитическом определении устанавливается содержание вещества только в определенный момент, без учета объема токсиканта уже прошедшего через ткань и зародившего очаги поражения.

На проявление зависимости «доза-эффект» оказывает существенное влияние внутри- и межвидовая изменчивость организмов. Действительно,

особи, относящиеся к одному и тому же виду, существенно отличаются друг от друга по биохимическим, физиологическим, морфологическим характеристикам. Эти отличия в большинстве случаев обусловлены их генетическими особенностями и определяются в токсикологии понятием устойчивости организма (*резистентности*) – свойство организма противостоять отравляющему действию яда. Величины чувствительности и устойчивости не обязательно количественно связаны между собой. Функции и организм, наиболее чувствительные к токсическому воздействию, не всегда оказываются наименее устойчивыми. Чувствительность и устойчивость организма к токсическому воздействию являются понятиями не только относительными, но и меняющимися в результате изменения свойств окружающей среды и состояния организма.

С учетом различий в устойчивости особей одной культуры тест-организмов дозы конкретного вещества, в которых оно вызывает повреждение организмов, порой очень существенно различаются. Следовательно, зависимость «доза-эффект» отражает свойства не только токсиканта, но и организма, на который он действует. На практике это означает, что количественную оценку токсичности, основанную на изучении зависимости «доза-эффект», следует проводить в эксперименте на различных биологических объектах и обязательно прибегать к статистическим методам обработки получаемых данных.

Кривая «доза-эффект» описывает процесс постепенного увеличения общего числа погибших тест-организмов по мере увеличения действующей концентрации или времени действия яда. В первые моменты времени (или при низких концентрациях) все животные живы, затем начинают гибнуть слаборезистентные особи: кривая немного приподнимается, затем наблюдается резкий подъем вследствие гибели большого числа особей со средней устойчивостью, затем идет плавное и продолжительное вымирание высокорезистентных животных вплоть до момента полного вымирания группы.

На практике построение кривой «доза-эффект» и поиск параметров резистентности проводят в три этапа. Сначала ставят токсикометрические опыты. Затем на миллиметровой бумаге строят диаграмму: результаты опытов наносят в виде точек (доза, эффект) в осях «концентрация – доля погибших» и «на глаз» проводят плавную S-образную кривую. В завершение исследования кривую используют для поиска ключевых концентраций и определения значения среднесмертельной концентрации, стандартного отклонения и ошибки.

Задание

1. По данным таблицы результатов биотестирования построить криволинейный график «доза-эффект»:
 - а. Используя данные, полученные через разные временные промежутки для концентраций 1; 2 и 4 мг/л;

- б. Используя данные, полученные для различных концентраций токсиканта через 24 и 48 часов эксперимента.
2. Графически определите значения LC_{10} , LC_{50} , LC_{75} , LT_{10} , LT_{25} , LT_{50} .
3. Сделайте вывод об опасности тестируемого вещества.

Таблица 5.1 Результаты биотеста на выживаемость *Daphnia magna* в растворах бихромата калия

K ₂ Cr ₂ O ₇ , мг/л		контроль	0,25	0,5	1	2	4
Гибель через, часов	1	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	0	1	3
	12	0	0	0	1	3	5
	24	0	0	2	6	9	10
	48	0	0	4	8	10	10
% гибели	48	0	10	50	80	100	100

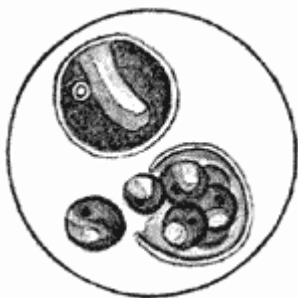
Список литературы:

1. Коросов, А.В. Количественные методы экологической токсикологии (Текст): учебно-методическое пособие / А.В. Коросов, Н.М. Калинкина. – ПетрГУ, КНЦ. – Петрозаводск, 2003. – 56 с.
2. Моисеенко, Т.И. Экоотоксикологический подход к оценке качества вод / Т.И. Моисеенко // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32. - №2. – С. 184-195.
3. Филенко, О.Ф. Основы водной токсикологии (Текст): учеб. Пособие для ВУЗов / О.Ф. Филенко, И.В. Михеева. – М.: Колос, 2007. – 144 с.

Контрольные вопросы:

1. Что такое токсикорезистентность организма и от чего она зависит?
2. Что такое чувствительность тест-организма и от каких условий она зависит?
3. Какова взаимосвязь между понятиями чувствительности и устойчивости организмов?
4. Что понимается в токсикологии под дозой и концентрацией вещества?
5. Какая связь существует между концентрацией и временем действия вещества?
6. Сравните результат воздействия токсиканта при помещении тест-организма (например, дафнии) в сосуд с объемом пробы 100 мл, 10 л, в искусственный пруд диаметром 50 м, глубиной 2 м и естественный водоем (приблизительные размеры: диаметр - 500 м, глубина – 8 м).
7. Какие компенсаторные реакции происходят в организме в ответ на действие токсиканта?

ТЕМА 6. ВЫБОР ТЕСТ-ОРГАНИЗМОВ И БИОТЕСТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОБ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И СВОЙСТВ ОРГАНИЗМА НА СТЕПЕНЬ ТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА



Первые методы биотестирования появились и стали использоваться на практике для оценки токсичности вод в нашей стране и за рубежом еще в начале XX века, однако, наиболее интенсивное развитие биотестирование получило во второй половине прошлого столетия.

За это время было предложено большое количество биотестов, использующих в качестве тест-организмов разнообразных гидробионтов, таких как зеленые водоросли, макрофиты, простейшие (инфузории, жгутиковые), кишечноротовые (гидры), черви (планарии, пиявки), моллюски (пластинчатожаберные, брюхоногие), ракообразные (дафнии, гаммарусы) и рыбы. Разнообразны и определяемые у них тест-параметры.

В конце 20 века был разработан ряд биотестов нового поколения Toxkit. В основе этих методов лежит оценка воздействия поллютантов на тест-организмы в момент их выхода из покоящейся стадии. Благодаря простоте использования этих тестов и приемлемой экономической стоимости анализов по сравнению со стандартными биотестами, они нашли широкое применение во многих странах мира.

В последние годы особое внимание уделяется внедрению физиолого-биохимических методов при исследовании влияния загрязнения на гидробионтов. Эти методы, по сравнению с реакциями, регистрируемыми на уровне организма, могут проявлять значительно большую чувствительность к определенным токсикантам в короткие сроки, однако они носят специфический характер и не способны дать интегральной оценки загрязнения.

Предлагаются также методы оценки токсического воздействия на комплекс двух тест-организмов (ракообразные и водоросли) или на целые сообщества.

Каждый из существующих биотестов заслуживает внимания и, по мнению разработчиков, имеет свои преимущества. Однако ни один из организмов не может служить универсальным тест-объектом, чувствительным ко всем веществам в равной степени. Различия в чувствительности организмов к отдельным химическим ингредиентам вызывают необходимость применять для контроля природных вод, по крайней мере, 3-4 биотеста на организмах разных трофических уровней: животных, водорослях и бактериях. Выбор используемого типа тестов зависит, прежде всего, от цели исследования, а так же от свойств анализируемого образца и доступных исследователю ресурсов. Для каждого нового предлагаемого метода биотестирования должно быть

определено строгое целевое назначение, обозначена область применения и очевидные преимущества перед методиками рекомендованными ранее.

Задание

1. На основе подготовленных студентами и заслушанных докладов заполнить сводную таблицу (таблица 1) применения различных методов биотестирования.
2. Проанализировав данные заполненной таблицы сформулировать аргументированные рекомендации по применению определенных методов биотестирования для анализа проб:
 - a. Плодородных почв;
 - b. Песчаных почв;
 - c. Отходов пищевой промышленности;
 - d. Отходов металлургической промышленности;
 - e. Городских стоков;
 - f. Соленого озера;
 - g. Бурового раствора нефтяной скважины;
 - h. Слабоминерализованной природной воды;
 - i. Эвтрофированного водоема.

Список литературы

1. Арсан, О.М. Состояние и перспективы развития водной экотоксикологии / О.М. Арсан // Гидробиологический журнал. – 2007. – Т. 43. – № 6. – С. 50-64.
2. Бубнов, А.Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды (Текст): учебно-методическое пособие / А.Г. Бубнов. С.А. Буймова, А.А. Гущин, Т.В. Извекова.; под общ. ред. В.И. Гриневича. – Иван. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 112 с.
3. Булгаков, Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов. / Н.Г. Булгаков // Успехи современной биологии. - 2002. – Т. 122. - №2. – С.115-135.
4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды (Текст): справочные материалы / под ред. Т.В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
5. Зайцева, О.В. Современное биотестирование вод, требования к тест-организмам и тест-функциям с позиций сравнительной физиологии и физиологических адаптационных процессов / О.В. Зайцева, В.В. Ковалев, Н.Е. Шувалова // Ж-л эволюцион. биохимии и физиологии. - 1994. - Т. 30. - № 4. - С. 575-592.
6. Филенко, О.Ф. Основы водной токсикологии (Текст): учеб. Пособие для ВУЗов / О.Ф. Филенко, И.В. Михеева. – М.: Колос, 2007. – 144 с.

7. Vosyliene M.Z. Review of the methods for acute and chronic toxicity assessment of single substances, effluents and industrial waters / M.Z. Vosyliene // Acta Zoologica Lituanica. – 2007. - Vol. 17. - №1. - pp. 3-15.

Контрольные вопросы:

1. Использование какого количества тест-организмов для определения токсичности анализируемой пробы можно считать оптимальным?
2. Какое влияние на результаты биотестирования могут оказать следующие условия среды:
 - a. Низкое значение кислотности;
 - b. Высокое значение кислотности;
 - c. Низкая степень минерализации;
 - d. Высокое значение карбонатной жесткости;
 - e. Температура;
 - f. Мутность;
 - g. Соленость;
 - h. Цветность;
 - i. Запах и т.д.
3. Какое влияние на результаты биотестирования могут оказать следующие свойства тест-организмов:
 - a. Размер;
 - b. Возраст;
 - c. Количество;
 - d. Пораженность паразитами;
 - e. Гипоксия;
 - f. Пол;
 - g. Энергетический статус (голодание).
4. Какие тест-организмы чаще других используются в экотоксикологических исследованиях.
5. Почему в биотестировании нельзя использовать дикие (не лабораторные) популяции тест-организмов?

Таблица 6.1 Особенности биотестов, предопределяющие возможности их использования для анализа различных проб

Тест-организм	Тест-функция	Требуемые условия к тестируемой среде						Длительность биотеста	Для тестирования каких проб подходит
		рН	содержание взвешенных частиц (мутность)	цветность	жесткость воды	содержание кислорода	Другое		

ТЕМА 7. ПОНЯТИЯ ТРОФНОСТИ И САПРОБНОСТИ ВОДОЕМОВ В БИОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ



Природные водоемы различаются по химическому составу воды, донных отложений и потока веществ, поступающих в них с водосборной площади, а так же рядом физических, гидрологических и географических параметров. В связи с этим в каждом водоеме формируется свой собственный набор видов микроорганизмов, растений и животных, взаимно влияющих друг на друга и на окружающую среду.

Каждая водная экосистема имеет свои определенные характеристики: видовое разнообразие водных организмов, их численность, биомассу и др.

Одним из важнейших показателей является **продуктивность (трофность)** водной экосистемы, т.е. количество нового органического вещества, создаваемого экосистемой за единицу времени. Продуктивность зависит в первую очередь от фотосинтетической деятельности автотрофных организмов и различна в разных водоемах.

Трофический уровень водной экосистемы сильно связан с содержанием в воде **биогенов** – растворенных минеральных веществ, являющихся удобрением для водных растений. К ним относятся прежде всего соединения фосфора и азота. Уровень трофности водоема может изменяться при действии как природных, так и **антропогенных** (возникающих в результате воздействия человека) факторов. В некоторых случаях определить причину изменения трофности очень сложно. Когда нет сомнений в том, что причина имеет антропогенный характер, встает задача оценки качества воды в сравнении с прежним «природным» состоянием и прогноза дальнейших изменений.

Трофический уровень конкретного водоема можно определить не только по продукции фотосинтезирующих организмов, но и по видовому составу и обилию тех гидробионтов, которые в этом водоеме обитают. С их помощью можно определить качество воды и изменение трофического уровня водоема в связи с увеличением концентрации биогенов при загрязнении. Важнейшей комплексной характеристикой состояния водоема является уровень его сапробности.

Сапробность – характеристика водоема, показывающая уровень его загрязненности органическими веществами и продуктами их распада.

Как правило, высокие концентрации органических веществ в водоемах вызываются сбросом в них сточных вод бытового и сельскохозяйственного происхождения. Под **сапробностью какого-либо вида** животных или растений понимают его способность обитать в воде с соответствующим уровнем органического загрязнения.

Если под сапробностью понимается интенсивность органического **распада**, то трофность означает интенсивность органического **синтеза**. В

природе оба процесса – органический синтез и распад – существуют параллельно и состоят друг с другом в многократном взаимодействии, что позволяет говорить об аналогии ступеней сапробности и трофики.

Система сапробности учитывают фактически только нетоксичные органические загрязнения, которые влияют на организмы в первую очередь через изменение кислородного режима. Для учета влияния токсических органических и неорганических соединений делаются попытки разработать шкалы *токсобности* и затем объединить их со шкалами сапробности в единую шкалу *сапротоксобности*, причем существуют противоположные мнения о возможности такого объединения.

Задание

1. Используя данные таблиц (табл. 2-3) опишите и изобразите графически тенденции изменения состава и свойств водоема при продвижении от олигосапробной зоны к полисапробной.
2. Используя данные таблиц (табл. 4-5) опишите и изобразите графически тенденции изменения состава и свойств водоема при продвижении от олиготрофного уровня к гиперэвтрофному.

Список литературы

1. Безматерных, Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири : аналит. обзор / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. – Новосибирск, 2007. – 87 с.
2. Зилов, Е. А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учебное пособие / Е. А. Зилов. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2008. – 138 с.
3. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
4. Баринова, С.С., Медведева, Л.А., Анисимова, О.В. Биоазнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. PiliesStudio, Тель Авив, 2006, 498 стр.

Контрольные вопросы:

1. Какие причины могут способствовать изменению уровня сапробности водоемов?
2. По каким группам организмов можно определить уровень сапробности водоема?
3. Какие причины могут способствовать эвтрофикации водоемов?
4. Эвтрофикация – обратимый или необратимый процесс?
5. Какими могут быть последствия эвтрофикации водоемов для хозяйственной деятельности человека?
6. Каковы меры борьбы с эвтрофикацией водоемов?

Таблица 7.1 - Основные феноменологические признаки зон сапробности
/Шитиков и др. 2003/

Зона	Баланс кислорода и органического вещества	Преобладающие виды гидробионтов
Олигосапробная зона	• Практически чистые водоемы: цветения не бывает, содержание кислорода и углекислоты не колеблется. • На дне мало детрита, автотрофных организмов и бентосных животных (червей, моллюсков, личинок хирономид).	• Встречаются водоросли <i>Melosira itallica</i>, <i>Draparnaldia glomerata</i> и <i>Draparnaldia plumosa</i>, коловратка <i>Notholka longispina</i>, ветвистоусые рачки <i>Daphnia longispina</i> и <i>Bythotrephes longimanus</i>, личинки поденок, веснянок, рыбы стерлядь, голянь, форель.
β -мезо-сапробная зона	• Содержание кислорода и углекислоты колеблется в зависимости от времени суток: днем избыток кислорода, дефицит углекислоты; ночью – наоборот. • Нет нестойких органических веществ, произошла полная минерализация. • Ил желтый, идут окислительные процессы, много детрита.	• Много организмов с автотрофным питанием, высокое биоразнообразие, но численность и биомасса невелика. • Наблюдается цветение воды, так как сильно развит фитопланктон. Сапрофитов - тысячи клеток в 1 мл, и резко увеличивается их количество в период отмирания растений. • Встречаются: диатомовые водоросли <i>Melosira varians</i>, <i>Diatoma</i>, <i>Navicula</i>; зеленые <i>Cosmarium</i>, <i>Botrytis</i>, <i>Spirogira crassa</i>, <i>Cladophora</i>; много протококковых водорослей. Впервые появляется роголистник <i>Ceratophyllum demersum</i>. Много корненожек, солнечников, червей, моллюсков, личинок хирономид, появляются мшанки. Встречаются ракообразные и рыбы.

α -мезо-сапробная зона	• Протекают окислительно –восстановительные процессы, начинается аэробный распад органических веществ, образуется аммиак, углекислота; • Кислорода мало, но сероводорода и метана нет. • БПК₅ составляет десятки миллиграмм в литре. • Железо находится в окисной и закисной формах. • Ил серого цвета и в нем содержатся организмы, приспособленные к недостатку кислорода и высокому содержанию углекислоты.	• Преобладают растительные организмы с гетеротрофным и миксотрофным питанием. • Количество сапрофитных бактерий определяется десятками и сотнями тысяч в 1 мл. • Отдельные организмы развиваются в массе: бактериальные зооглеи, нитчатые бактерии, грибы, из водорослей – осциллятории, стигеоклониум, хламидомонас, эвглена. • Встречаются в массе сидячие инфузории (<i>Carchesium</i>), коловратки (<i>Brachionus</i>), много окрашенных и бесцветных жгутиковых. В илах много тубифицид (олигохеты) и личинок хирономид.
Полисапробная зона	• Дефицит кислорода: он поступает в поверхностный слой только за счет атмосферной аэрации и полностью расходуется на окисление. • В воде содержится значительное количество нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада, в основном, белкового происхождения, а также сероводород и метан. Процессы фотосинтеза угнетены. На дне кислорода нет, много детрита, идут восстановительные процессы, железо присутствует в форме FeS, ил черный с запахом H₂S.	• Очень много сапрофитной микрофлоры. • Хорошо развиты гетеротрофные организмы: нитчатые бактерии (<i>Sphaerotilus</i>), серные бактерии (<i>Beggiatoa</i>, <i>Thiothris</i>), бактериальные зооглеи (<i>Zoogloea ramigera</i>), простейшие - инфузории (<i>Paramecium putrinum</i>, <i>Vorticella putrina</i>), бесцветные жгутиковые, олигохеты <i>Tubifex tubifex</i>, водоросль <i>Polytoma uvella</i>.

Таблица 7.2 Классификация водоемов по ГОСТ 17.1.2.04–77

Наименование показателей	Чистые воды		Загрязненные воды		Грязные воды	
	Классы сапробности					
	Ксено сапроб ность (кс)	Олиго сапроб ность (о)	β–мез осапро бность (бм)	α–мез осапро бность (ам)	Полис апроб ность (п)	Гипер сапроб ность (гп)
Трофо-сапробные показатели						
Растворенный кислород, % насыщения	95 - 100	80 - 110	60 - 125	30 - 150	0 - 200	0
Прозрачность воды по диску Секки, м, не менее	3.0	2.0	1.0	0.5	0.1	Менее 0.1
БПК ₅ , мгО ₂ /л	0.0 – 0.5	0.6 – 1.0	1.1 – 2.0	2.1 – 3.0	3.1 – 10.0	Более 10
БПК ₂₀ , мгО ₂ /л	0.0 – 1.0	1.1 – 2.0	2.1 – 3.0	3.1 – 4.0	4.1 – 15.0	Более 15
Перманганатная окисляемость по Кубелю, мгО ₂ /л	0.0 – 7.0	7.1 – 10.0	10.1 – 20.0	20.1 – 40.0	40.1 – 80.0	Более 80
Аммоний солевой, мг/л	0.0 – 0.05	0.06 – 0.1	0.11 – 0.5	0.51 – 1.0	1.01 – 3.0	Более 3
Нитраты, мг/л	0.05 – 5.0	5.1 – 10.0	10.1 – 40.0	40.1 – 80.0	80.1 – 150.0	Более 150
Нитриты, мг/л	0.0 – 0.001	0.002 – 0.04	0.05 – 0.08	0.09 – 1.5	1.6 – 3.0	Более 3
Фосфаты, мг/л	До 0.005	0.006 – 0.03	0.04 – 0.1	0.11 – 0.3	0.31 – 0.6	Более 0.6
Сероводород, мг/л	0.0	0.0	0.0	0.0	До 0.1	Более 0.1
Показатели бактериофлоры						
Общий счет микроорганизмов, млн. кл/мл	До 0.5	0.5 – 1.0	1.1 – 3.0	3.1 – 5.0	5.1 – 10.0	Более 10
Сапрофиты, тыс. кл/мл	До 0.5	0.5 – 5.0	5.1 – 10.0	10.1 – 50.0	50.1 – 100.0	Более 100
Индекс: (Общий счет / сапрофиты)	Более 10 ³	Более 10 ³	10 ³ – 10 ²	Менее 10 ²	Менее 10 ²	Менее 10 ²

Таблица 7.3 Уровень биогенов, биомассы и продуктивности озер разных трофических категорий (Зилов, 2008)

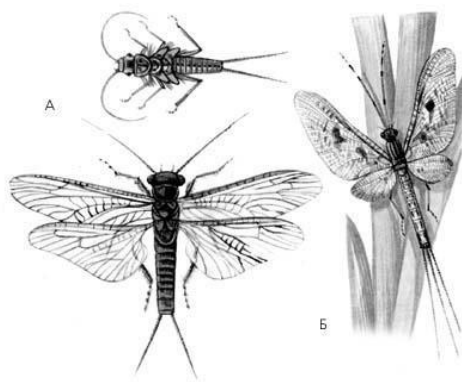
Трофность	Ультраолиготрофное	Олиготрофное	Мезотрофное	Эвтрофное	Гипертрофное
Общий фосфор (мг м ⁻³)	4	10	10-35	35-100	100
Среднегодовое содержание хлорофилла (мг м ⁻³)	1	2,5	2,5–8	8–25	25
Максимум хлорофилла (мг м ⁻³)	2,5	8,0	8-25	25-75	75
Среднегодовая прозрачность по диску Секки (м)	12	6	6-3	3-1,5	1,5
Минимальная прозрачность по диску Секки (м)	6	3	3-1,5	1,5-0,7	0,7
Насыщенность кислородом (%)	<90	<80	40-89	40-0	10-0
Доминирующие рыбы	Форель, сиг	Форель, сиг	Сиг, окунь	Окунь, плотва	Плотва, лещ

Таблица 7.4 Некоторые лимнологические характеристики озер (Зилов, 2008)

	Эвтрофные	Олиготрофные	Дистрофные
Морфометрия			
Форма озера	Широкое, мелкое	Узкое и глубокое	Маленькое и мелкое
Дно озера покрыто	Мелкий органический ил	Камни и неорганический ил	Торфяной ил
Берег озера	Заросший	Каменистый	Каменистый или торфяной
Оптические свойства			

Прозрачность воды	Низкая	Высокая	Низкая
Цвет воды	Желтый, зеленый	Зеленый, голубой	Коричневый
Гидрохимия			
Растворенные вещества	Высокое содержание, много азота, кальция	Низкая минерализация, мало азота	Низкая минерализация, мало кальция
Взвешенные вещества	Много	Мало	Мало
Кислород	Высокое содержание у поверхности, низкое под термоклинном и льдом	Высокое	Высокое
Растения			
Фитопланктон	Мало видов, высокая численность, Cyanophyta	Много видов, низкая численность, Chlorophyta	Мало видов, мало особей
Макрофиты	Много видов, обильны на мелководье	Много видов, встречается обилие в глубоких водах	Мало видов, некоторые обильны на мелководье
Животные			
Зоопланктон	Мало видов, многочисленны	Много видов, малая концентрация	Мало видов, мало особей
Зообентос	Мало видов, обильны	Много видов, низкая концентрация	Мало видов, малочисленны
Рыбы	Много видов, Cyprinidae	Мало видов, Salmonidae	Часто отсутствуют

ТЕМА 8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИНДЕКСОВ В БИОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОДОЕМОВ



Существуют различные индексы и показатели, с помощью которых оценивают качество воды. Это может быть видовое богатство или число видов в определенных таксономических группах, структурные показатели сообществ (таксономическая и

возрастная структура), функциональные показатели (например, выделение групп по типу питания) и собственно биотические индексы.

Биотический индекс Вудивисса - Один из наиболее надежных и широко используемых в мире методов биологической оценки качества воды. Относительная трудоемкость и сложность работы с его помощью окупается высокой достоверностью получаемых результатов.

Индекс Вудивисса учитывает сразу два параметра бентосного сообщества: *общее разнообразие беспозвоночных* и наличие в водоеме организмов, принадлежащих к "*индикаторным*" группам.

Индекс используется только для исследования рек умеренного пояса и дает оценку их состояния по пятнадцати балльной шкале. Методика непригодна для оценки состояния озер и прудов. Для оценки состояния водоема по методу Вудивисса нужно:

1. Выяснить, какие индикаторные группы имеются в исследуемом водоеме.

Поиск начинают с наиболее чувствительных к загрязнению индикаторных групп: веснянок, затем поденок, ручейников и т.д. - именно в таком порядке индикаторные группы расположены в таблице (таблица 6). Если в исследуемом водоеме имеются личинки веснянок (*Plecoptera*) - самые "чуткие" организмы, то дальнейшая работа ведется по первой или второй строке таблицы. По первой - если найдено несколько видов веснянок, и по второй - если найден только один. Если нимф веснянок в наших пробах нет - ищем в них личинок поденок (*Ephemeroptera*) - это следующая по чувствительности индикаторная группа. Если они найдены, работаем с третьей или четвертой строкой таблицы (опять же по количеству найденных видов). При отсутствии нимф поденок обращаем внимание на наличие личинок ручейников (*Trichoptera*), и т.д.

2. Оценить общее разнообразие бентосных организмов. Методика Вудивисса не требует определить всех пойманных животных с точностью до вида. Достаточно определить количество обнаруженных в пробах "групп" бентосных организмов. За "группу" принимается:

- любой вид плоских червей, моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей;
- любой вид веснянок, жуков, любой вид личинок других летающих насекомых;
- класс малощетинковые черви;
- любой род поденок кроме *Baetis rhodani*;
- любое семейство ручейников;
- семейство комаров-звонцов (личинки) кроме вида *Chironomus sp.*;
- личинки мошки (семейство *Simuliidae*).

Определив количество обнаруженных в пробе групп, находим соответствующий столбец таблицы 2.

3. На перекрестке найденных нами столбца и строки в таблице находим значение индекса Вудивисса, характеризующее исследуемый водоем.

Если водоем получает от 0 до 2 баллов - он сильно загрязнен, относится к полисапробной зоне, водное сообщество находится в сильно угнетенном состоянии. Оценка 3-5 баллов говорит о средней степени загрязненности (альфа-мезосапробный), а 6-7 баллов - о незначительном загрязнении водоема (бета-мезосапробный). Чистые (олигосапробные) реки обычно получают оценку 8-10 баллов, а особенно богатые водными обитателями участки могут быть оценены и более высокими значениями индекса.

Таблица 8.1 Биотический индекс Вудивисса

Наличие видов-индикаторов	Кол-во видов-индикаторов	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0 – 1	2 – 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	более 20
Личинки веснянок (<i>Plecoptera</i>)	более 1 1 вид	- -	7 6	8 7	9 8	10 9	11 - ... 10 - ...
Личинки поденок (<i>Ephemeroptera</i>)*	более 1 1 вид	- -	6 5	7 6	8 7	9 8	10 - ... 9 - ...
Личинки ручейников (<i>Trichoptera</i>)	более 1 1 вид	- 4	5 4	6 5	7 6	8 7	9 - ... 8 - ...
<i>Gammarus sp.</i>		3	4	5	6	7	8 - ...
Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)		2	3	4	5	6	7 - ...
Олигохеты или личинки звонцов		1	2	3	4	5	6 - ...
Отсутствуют все приведенные выше группы		0	1	2	-	-	-

Индекс Майера. Это более простая методика, основные преимущества которой: никаких беспозвоночных не нужно определять с точностью до вида; методика годится для любых типов водоемов. Метод использует приуроченность различных групп водных беспозвоночных к водоемам с

определенным уровнем загрязненности. Организмы-индикаторы отнесены к одному из трех разделов: Таблица 7

Нужно отметить, какие из приведенных в таблице индикаторных групп обнаружены в пробах. Количество обнаруженных групп из первого раздела таблицы необходимо умножить на 3, количество групп из второго раздела - на 2, а из третьего - на 1. Получившиеся цифры складывают. Значение суммы и характеризует степень загрязненности водоема.

Если сумма более 22 - вода относится к 1 классу качества. Значения суммы от 17 до 21 говорят о втором классе качества (как и в первом случае, водоем будет охарактеризован как олигосапробный). От 11 до 16 баллов - 3 класс качества (бета-мезосапробная зона). Все значения меньше 11 характеризуют водоем как грязный (альфа-мезосапробный или же полисапробный).

Таблица 8.2 Индекс Майера

Обитатели чистых вод	Организмы средней степени чувствительности	Обитатели загрязненных водоемов
Личинки веснянок Личинки поденок Личинки ручейников Личинки вислокрылок Двустворчатые моллюски	Бокоплав Речной рак Личинки стрекоз Личинки комаров - долгоножек Моллюски-катушки, моллюски-живородки	Личинки комаров- звонцов Пиявки Водяной ослик Прудовики Личинки мошки Малощетинковые черви
N*3	N*2	N*1

Подобных методик расчета индексов в биоиндикации водной среды разработано очень много, каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Для разных типов водоемов применяют различные наборы индексов, причем, мониторинг всегда проводят по нескольким показателям и в различных сообществах водоема, поскольку, как и в биотестировании, по изменению одного показателя оценку дать нельзя. Кроме того, для более полной оценки состояния водоема биоиндикация ведется непрерывно в течение ряда лет.

Задание

1. По данным, представленным в таблице 8, рассчитайте индекс Вудивисса и определите зону сапробности для каждого биотопа.
2. По данным, представленным в таблице 8, рассчитайте индекс Майера и определите зону сапробности для каждого биотопа.

3. Сравните результаты оценки состояний гипотетических водоемов, полученные двумя методами.

Таблица 8.3 Соотношение групп организмов в гипотетических сообществах

	Биотоп 1	Биотоп 2	Биотоп 3	Биотоп 4
Моллюск скрученная катушка	+	+	-	+
Клоп гребляк	+	-	+	+
Пресноводная креветка	+	-	-	+
Моллюск большой прудовик	-	+	++	+
Клоп большой гладыш	+	-	-	+
Веснянки	-	-	-	-
Личинка <i>Phryganea grandis</i> в домике	++	-	-	-
Личинка <i>Helicopsyche sperata</i> бездомная	+	-	-	-
Водяной ослик	+	-	+	-
Жук вертячка	+	-	-	+
Личинка стрекозы коромысло	+	+	-	+
Личинка стрекозы лютка	++	-	-	++
Малая ложноконская пиявка	-	++	+++	-
Личинка <i>Ephemerella ignita</i>	++	-	-	-
Моллюск сплюснутая катушка	+	-	-	+
Мотыль (личинка комара звонца)	-	++	+	+
Моллюск речная лужанка	+	-	-	-
Моллюск роговая катушка	+	-	+	-
Моллюск килевая катушка	+	-	-	+
циклоп	-	+	+	+
дафния	+	-	+	+
трубочник	-	++	+	-
Личинка <i>Ephemera vulgata</i>	+	-	-	-
Белая планария	-	+	-	-
<i>Gammarus</i> sp.	-	-	-	+

Список литературы

1. Баринова, С.С., Медведева, Л.А., Анисимова, О.В. Биоазнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. PiliesStudio, Тель Авив, 2006, 498 стр.
2. Безматерных, Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири : аналит. обзор / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. – Новосибирск, 2007. – 87 с.
3. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Контрольные вопросы:

1. Назовите индикаторные организмы соответствующие наиболее чистым местам обитания.
2. Назовите индикаторные организмы соответствующие загрязненным водоемам.
3. Какая группа водных организмов наиболее часто используется в биоиндикационных исследованиях?
4. Как изменяется биоразнообразие при возрастании уровня загрязнения водоема?
5. Как изменяется общая биомасса при возрастании уровня загрязнения водоема?

ЧАСТЬ 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Задания для самостоятельной работы по изучению теоретического материала

1. Внимательно прочитайте краткое описание каждой темы, предложенной для самостоятельного изучения.
2. Воспользовавшись списком литературы и интернет-ресурсов, предложенным в конце текстового фрагмента для каждой темы, детально проработайте материал.
3. Ответьте на вопросы для самопроверки. Если при ответах возникнут затруднения, вновь обратитесь к литературе и к преподавателю.

ТЕМА 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Для практических целей следует знать, насколько надежен и эффективен тот или иной индикатор, поэтому было предложено характеризовать индикаторы по двум показателям – достоверности и значимости.

Достоверность – это степень сопряженности индикатора с объектом индикации. Абсолютно достоверным считается индикатор, которому в 100% случаев соответствует объект индикации. Для расчета показателя достоверности берут определенное число эталонных участков (или площадок) где обязательно имеется индикатор. Среди них есть такие, где индикатор встречается вместе с объектом индикации. Процентное соотношение этих участков и участков с индикатором, но без объекта индикации служит количественным показателем достоверности индикатора.

Если сопряженность превышает 90%, а показатель достоверности больше 9, то индикатор считается надежным. Удовлетворительным индикатор будет в том случае, если сопряженность равна 75 – 90%, а показатель достоверности находится в пределах 3 – 9. Сомнительным индикатор считается когда сопряженность составляет 60 – 75%, а показатель достоверности равен 1,5 – 3. Когда сопряженность менее 60%, а показатель достоверности менее 1,5 индикация невозможна.

Показатель достоверности еще не дает полного представления о практической значимости того или иного индикатора. Так, если растение является абсолютным индикатором, но редко встречается в природе (вид занесен в Красную книгу), то его практическое значение ограничено. Вот почему для индикаторов введен показатель значимости, который дает представление о том, насколько часто встречается индикатор вместе с объектом индикации. За 100% принимается количество эталонных участков с объектом индикации. Значимость выражается отношением количества эталонных участков, где объект индикации присутствует вместе с

индикатором, к общему количеству эталонных участков с объектом индикации, взятых в процентах.

При оценке уровня загрязнения биогеоценозов обычно используют различные критерии, самыми распространенными из которых являются характеристики видового состава, обилия видов и жизненное состояние особей, входящих в сообщество. Первые два критерия тесно связаны между собой, поскольку сравнение сообществ только по составу имеющихся видов без указания на их обилие представляет приблизительную, рекогносцировочную оценку. Для объективного сравнения двух исследуемых площадок в одном биотопе используются различные индексы.

При биоиндикации загрязнения атмосферного воздуха или почвенного покрова применяют коэффициент Жаккара, определяемый как число видов, общих для двух площадок, выраженное в процентах от общего числа видов. Обобщением коэффициента Жаккара является индекс биотической дисперсии Коха, служащий для оценки общей степени сходства некоторого числа видовых списков. Другой, широко используемый, коэффициент общности носит имя Серенсена, однако впервые был предложен Чекановским. Коэффициент Серенсена равен числу видов, общих для двух участков s , выраженному в процентах, от среднего числа видов на участках a и b . Этот индекс можно применять для регистрации изменений в биогеоценозе за определенный промежуток времени. При этом требуется знать число видов в момент (день, год) начала наблюдений и в момент (день, год), взятый для сравнения. Если оценка изменения степени проективного покрытия важнее, чем оценка изменения числа видов, применяют несколько иной коэффициент общности. При этом изменения степени проективного покрытия учитываются с помощью процентного сходства. Важным требованием при проведении сравнительных оценок биогеоценозов является использование статистических критериев, поэтому вопрос о числе повторностей сравниваемых площадок или о величине площадей должен быть решен с помощью статистических критериев.

Для оценки уровней загрязнения биогеоценозов могут быть использованы различные индексы видового разнообразия. Максимальным индекс будет в случае, когда каждая особь принадлежит к отдельному виду, а минимальным – когда все особи относятся к одному виду. Преимущество имеют те индексы разнообразия, которые не зависят от размеров пробы, показывают относительное значение видов в сообществе и являются безразмерными. Наиболее широко в биомониторинге используют индекс Шеннона (Шеннона-Винера) H' . Разнообразие H' по Шеннону-Винеру математически характеризует два параметра ценоза - число имеющихся видов и равномерность распределения их популяций (численность особей или их количественную долю).

Список литературы

Основная:

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и

биотестирование [Текст]: учеб. пособие для вузов /О.П.Мелехова [и др.]; под ред.О.П.Мелеховой и Е.И.Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

2. Е.И.Егорова, В.И.Белолипецкая. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды. Учебное пособие по курсу «Биотестирование» (для студентов спец. 013100». Обнинск: ИАТЭ, 2000г. - 84с.

Дополнительная:

3. Егорова Е.И., Сынзыныс Б.И. Биотестирование объектов окружающей среды. Лабораторный практикум по курсу «Биотестирование». - Обнинск: ИАТЭ, 1997. – 88с.

4. Бурдин, К.С. Основы биологического мониторинга [Текст] / К.С. Бурдин. – Изд-во МГУ, 1985. - 158 с.

5. Клауснитцер, Б. Экология городской фауны [Текст] / Б. Клауснитцер. - М.: Мир, 1990.- 248 с.

Вопросы для самопроверки:

Как называется степень сопряженности индикатора с объектом индикации?

При каких значениях сопряженности и показателя достоверности биоиндикация становится невозможна?

В каких случаях в биомониторинге используют индекс Шеннона-Винера?

В чем сходство и различие между коэффициентом Жаккара, индексом биотической дисперсии Коха и коэффициентом Серенсена?

ТЕМА 2. ПЛАНИРОВАНИЕ ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты лихеноиндикационного картирования территории зависят от специфики решаемых задач и грамотного сбора исследуемого материала. В этих целях можно использовать оба направления метода: пассивную и активную (трансплантационную) лихеноиндикацию.

Общий план исследований при проведении лихеноиндикационного картирования исследуемой территории:

1. Определение видового разнообразия и относительной численности лишайников;
2. Изучение структуры лишайниковых группировок, особенностей распределения лишайников отдельных видов, проективного покрытия и др;
3. Ранжирование обнаруженных видов по степени чувствительности к загрязнению атмосферы.
4. Вычисление математических индексов;
5. Проведение экспериментов по трансплантационной лихеноиндикации.

Особое значение имеет расположение площадей для учета лишайников и частота этих учетов при длительных наблюдениях зависят от нескольких

факторов: характера загрязнения, размещения источника загрязнения, общих географических условий (характер рельефа, растительное сообщество, сезон, климат, направление ветра и пр.).

При лишеноиндикационном исследовании влияния на окружающую среду промышленных предприятий необходимо учитывать специфику веществ, входящих в состав отходов производства, высоту дымовых труб, режим работы предприятия и пр. Крайне важна характеристика метеорологических условий, особенно в случае кратковременных исследований методами трансплантационной лишеноиндикации.

Для планирования лишеноиндикационных исследований также важно учитывать особенности расположения источника загрязнения. Здесь возможны несколько вариантов:

1. Территория находится под воздействием изолированного источника загрязнения с постоянным объемом и составом загрязнителей;
2. Территория находится под воздействием изолированного источника загрязнения с уменьшающимся объемом выбросов;
3. Территория находится под воздействием изолированного источника загрязнения с увеличивающимся объемом выбросов;
4. Территория находится под воздействием изолированного источника загрязнения с сезонно варьирующим объемом выбросов;
5. На слабо загрязняемой изолированным источником территории появляется новый изолированный источник загрязнения
6. На территории неравномерно рассредоточено некоторое число источников загрязнения с перекрывающимся действием загрязнителей и постоянным объемом выбросов.
7. На территории неравномерно рассредоточено некоторое число источников загрязнения с перекрывающимся действием загрязнителей и уменьшающимся объемом выбросов.
8. На территории неравномерно рассредоточено некоторое число источников загрязнения с перекрывающимся действием загрязнителей и увеличивающимся объемом выбросов.
9. Территория не имеет источника загрязнения, но находится под воздействием трансрегионального переноса загрязнителей воздушными массами.

В зависимости от вышеперечисленных вариантов размещения источников загрязнения могут варьировать расположение учетных площадок на стволах модельных деревьев относительно сторон света или источника загрязнения. При исследовании больших по площади территорий удобнее вести учет нескольких информативных видов лишайников с хорошо изученными экологическими особенностями. В случае отсутствия естественных древесных насаждений на исследуемой территории целесообразно применять методики трансплантационной лишеноиндикации.

Список литературы:

Основная:

1. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / М.: Научный мир, 2002. - 336 с.
2. Шкараба Е.М., Селиванов А.Е. Использование лишайников в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды: Учебное пособие. - Пермь. Изд. ПГПУ, 2001.

Дополнительная:

7. Андерсон Ф.К. Реакция лишайников на атмосферное загрязнение / Ф.К. Андерсон, М. Трешоу // Загрязнение воздуха и жизнь растений. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - С. 295-326.
8. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э Вайнерт [и др.]; под общ. ред. Р. Шуберта; - М: Мир. -1988.-350 с.
9. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / Трасс Х.Х. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1985. - Т. 7. - С. 122-137.
10. Трасс Х.Х. Полеотолерантность лишайников / Х.Х. Трасс // Материалы 6 симпозиума микологов и лишенологов Прибалтийских республик. Рига, 1971. Т. 1. С. 66-70
11. Трасс Х.Х. Трансплантационные методы лишеноиндикации / Х.Х. Трасс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем: Т. 8. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 140-144.

Интернет-ресурсы:

<http://www.eco-edu.spb.ru/help/332.html>
<http://www.green.unibel.by/greenphone/monitoring.htm>
<http://www.bioassay.narod.ru/biot.htm>
<http://kspu.kaluga.ru/biomon/direction/vidbio.htm>

Вопросы для самопроверки:

1. Предложите комплекс мероприятий лишеноиндикационного исследования окрестностей промышленного предприятия.
2. Какие специфические факторы следует учитывать при планировании лишеноиндикационных исследований окрестностей промышленных предприятий?
3. Какие варианты размещения источников загрязнения можно выделить при планировании лишеноиндикационных исследований окрестностей промышленных предприятий?
4. Какие варианты методики пассивной лишеноиндикации можно применять при масштабных исследованиях?

ТЕМА 3. МЕТОДЫ ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ ПРОБ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОДЫ, ПОЧВ И ОТХОДОВ

Для получения достоверных сведений о составе тестируемого образца важно правильно провести отбор проб, их хранение и транспортирование.

Для получения наиболее достоверных результатов анализа, рекомендуется поручить процедуру отбора проб специалистам. В случае самостоятельного отбора проб необходимо соблюдать правила, регламентированные в государственных стандартах.

Отбор проб является ответственным моментом при проведении исследования состояния природных сред. Малейшее отклонение от рекомендуемых методик или неточность при отборе проб приводит к большим погрешностям или полной непригодности полученных результатов измерений. Поэтому необходимо четко выполнять все положения методических указаний и руководств, разработанных для отбора, хранения, транспортировки проб в лабораторию и подготовки проб к анализам.

Хранение проб осложнено проблемой потерь содержащихся в них веществ за счет сорбции на стенках сосудов, а также разрушения в растворителях и на поверхностях носителей под действием кислорода, света и других факторов внешней среды. В воде протекают процессы окисления-восстановления (чаще окисления из-за наличия в воде растворенного кислорода), биохимические процессы с участием бактерий и других живущих в ней биообъектов, а также физические и физико-химические процессы сорбции, седиментации и др. Сам растворенный кислород может расходоваться на окисление органических веществ. Соответственно могут изменяться и органолептические свойства воды - запах, вкус, цвет, мутность.

Некоторые элементы и их соединения способны довольно легко адсорбироваться на стенках сосудов (железо, алюминий, медь, кадмий, марганец, хром, цинк, фосфаты и др.). Из стекла (особенно из темного) или пластмассы бутылей, напротив, ряд микроэлементов и следы веществ могут выщелачиваться (бор, кремний, натрий, калий и др.). Указанные процессы иногда довольно значительно сказываются на ухудшении достоверности и точности последующего анализа, поэтому данная группа технологических процедур хранения и стабилизации проб в экоаналитическом контроле имеет важное значение.

Применение экспрессных полевых методов анализа «на месте» помогает избежать многих осложнений с изменениями состояния анализируемых проб, однако это удастся далеко не всегда, поэтому необходимо иметь представление о процессах, идущих в средах при хранении проб, а также знать правила его правильного осуществления.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 51592-2000: Вода. Общие требования к отбору проб
2. ГОСТ Р 51593-2000 Вода питьевая. Отбор проб
3. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков
4. ГОСТ 17.1.5.04-81 Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия

5. НВН 33-5.3.01-85 Инструкция по отбору проб для анализа сточных вод.
6. ГОСТ 12071-84: Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов
7. ГОСТ 27753.1-88 Грунты тепличные. Методы отбора проб
8. ГОСТ 17.4.3.01-83 ОХРАНА ПРИРОДЫ. Почвы. Общие требования к отбору проб
9. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа
10. ГОСТ 28192-89 - Отходы цветных металлов и сплавов. Методы отбора, подготовки проб и методы испытаний
11. ПНД Ф 12.1:2.2.2:2.3.2-03 Отбор проб почв, Грунтов, осадков биологических очистных сооружений, шламов промышленных сточных вод, донных отложений искусственно созданных водоемов, прудов-накопителей и гидрохимических сооружений / Методические рекомендации допущены для целей государственного экологического контроля.
12. ПНД Ф 14.1:2.4.12-06 16.1:2.3.3.9-06 Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной, природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus [Текст]: метод. Пособие / Ю.С. Григорьев, Т.Л. Шашкова. - Москва, 2006. - 44 с.
13. А.Г. Муравьев Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами
<http://www.anchem.ru/literature/books/muraviev/content.asp>
14. Отбор проб воды и их консервация.
<http://www.anchem.ru/literature/books/muraviev/014.asp>
15. Технология и средства контроля загрязнения окружающей среды
<http://ecodelo.org/taxonomy/term/455>
16. Якунина, И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие показатели водной среды необходимо определять на месте отбора проб и почему?
2. Какие используют устройства для отбора проб донных отложений, поверхностных вод, льда, атмосферных осадков?
3. Как хранят и транспортируют пробы воды?
4. Как хранят и транспортируют пробы почвы?
5. Как отбираются пробы загрязнённых почв?
6. Как подготовить пробы почв к анализу?
7. Как и для чего определяют абсолютно сухой вес почвы перед проведением биотестирования?
8. Как хранят и транспортируют пробы опасных отходов?

9. В чем заключается процедура пробоподготовки отходов к биологическому анализу?

ТЕМА 4. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДОЕМОВ, ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО НОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОД

В своем естественном состоянии различные природные водоемы могут сильно отличаться друг от друга. На водную флору и фауну действуют такие показатели как глубина водоема, скорость течения, кислотнo-щелочные свойства воды, мутность, кислородный и температурный режим, количество растворенной органики, соединений азота и фосфора и многие другие. На все эти параметры влияет как антропогенная нагрузка, так и естественные процессы, происходящие в водоемах.

Формирование химического состава природных вод определяют в основном две группы факторов:

- *прямые факторы*, непосредственно воздействующие на воду (т.е. действие веществ, которые могут обогащать воду растворенными соединениями или, наоборот, выделять их из воды): состав горных пород, живые организмы, хозяйственная деятельность человека;
- *косвенные факторы*, определяющие условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой: климат, рельеф, гидрологический режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия и пр.

По характеру своего воздействия факторы, определяющие формирование химического состава природных вод (таблица 9), целесообразно разделить на следующие группы:

- физико-географические (рельеф, климат, выветривание, почвенный покров);
- геологические (состав горных пород, тектоническое строение, гидрогеологические условия);
- физико-химические (химические свойства элементов, кислотнo-щелочные и окислительно-восстановительные условия, смешение вод и катионный обмен);
- биологические (деятельность растений и живых организмов);
- антропогенные (все факторы, связанные с деятельностью человека).

Таблица 4.1 Факторы формирования химического состава природных вод

Факторы формирования и результаты их воздействия	Виды природных вод		
	Атмосферные осадки (дождь, снег, иней, град)	Поверхностные воды суши (реки, ручьи, озера, болота)	Подземные воды

Прямые факторы формирования	почвы, породы, растения, соли солончаков, соли с поверхности льда, деятельность человека, космическая пыль, разряд атмосферного электричества (оксиды азота), вулканические газы, пыль	атмосферные осадки, почвы, породы, растения, подземные воды, сточные воды (промышленные, сельскохозяйственные, хозяйственно-бытовые)	поверхностные воды, почвы, породы, физико-химические процессы (растворение-осаждение, сорбция-десорбция и др.)
Результаты воздействия прямых факторов на состав воды	переход в растворимое состояние солей: поступление в атмосферу и образование в ней твердых и жидких аэрозолей и газов	поступление химических веществ в различных формах: взвешенные, коллоидные, растворенные (ионы, комплексные соединения, недиссоциированные соединения)	поступление химических веществ в растворенной форме, осаждение в результате физико-химических процессов
Косвенные факторы формирования	климат	климат, рельеф, растительность, водный режим	климат, рельеф, геологические условия, глубина залегания, температура и давление
Результат воздействия косвенных факторов на состав воды	обогащение атмосферных осадков химическими веществами в различных концентрациях в зависимости от климатических условий и интенсивности антропогенного воздействия в регионе	дифференциация поступления химических веществ в поверхностные воды в пространстве (географическая, климатическая зональность) и во времени (гидрохимический режим)	изменение химического состава воды по концентрации (минерализация) и соотношению компонентов (относительный состав)

Список литературы

1. Брагинский, Л.П. К методике токсикологического эксперимента с тяжелыми металлами на гидробионтах / Л.П. Брагинский, П.Н. Линник // Гидробиол. журн. – 2003. - Т. 39. - № 1. - С. 92-104.
2. Булгаков, Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов. / Н.Г. Булгаков // Успехи современной биологии. - 2002. – Т. 122. - №2. – С.115-135.
3. Григорьев Ю.С., Власова Е.С., Шашкова Т.Л. Биодоступность загрязняющих веществ в водных объектах и проблема регионального нормирования. // Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», конференции по гидроэкологии «Критерии оценки качества вод и методы нормирования антропогенных нагрузок». Часть 3. – Борок, 2008. – стр. 168-171.
4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды (Текст): справочные материалы / под ред. Т.В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
5. Моисеенко, Т.И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология (Текст): науч. изд. / Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина. – Ин-т вод. Проблем РАН. – М.: Наука, 2006. – 261 с.
6. Озёра и другие водоёмы. всё о гидрологии суши. <http://ozero.com/>
7. Филенко, О.Ф. Биологические методы в контроле качества окружающей среды / О.Ф. Филенко // Экологические системы и приборы. -2007. - № 6. – С. 18-20.

Вопросы для самопроверки:

1. Чем определяется состав природных вод?
2. Почему фоновый уровень содержания химических веществ в воде различается в разных регионах?
3. По каким причинам гидрохимические характеристики водоема меняются в течение года?
4. Какое значение для биологического анализа имеет описание гидрохимических свойств водоема?
5. Почему, обнаруживаемые при химическом анализе превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водоеме не всегда выявляются методами биотестирования?
6. Почему одна и та же концентрация поллютанта в пробе воды из разных водоемов вызывает различные токсические эффекты на тест-организмы?

ТЕСТ

Для проверки усвоения материала рекомендуем выполнить тестовое задание и сдать преподавателю на проверку.

1. ЗАКОНОДАТЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ВЕЛИЧИНОЙ _____.

2. СООТВЕТСТВИЕ ТЕРМИНОВ ИХ СОДЕРЖАНИЮ:

- | | |
|--------------------|---|
| 1) биоиндикация | а) измерение параметров живых организмов |
| 2) биотестирование | б) обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания |
| | в) процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов |

3. ПРИЗНАКИ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ НА ОРГАНИЗМЕННОМ УРОВНЕ:

- а) изменение окраски листьев
- б) некрозы
- в) генные изменения
- г) дефолиация
- д) изменение жизненности
- е) изменение плодовитости

4. БЛЕДНАЯ ОКРАСКА ЛИСТЬЕВ МЕЖДУ ЖИЛКАМИ – ЭТО...

5. НАЗВАНИЕ ВИДА НЕКРОЗА, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕГО СОБОЙ СОЧЕТАНИЕ МЕЖЖИЛКОВЫХ И КРАЕВЫХ НЕКРОЗОВ - ...

- а) «Рыбий хвост»
- б) «Рыбий плавник»
- в) «Рыбий контур»
- г) «Рыбий скелет»

6. ВИД БИОИНДИКАЦИИ, ПРИ КОТОРОЙ ДВЕ ОДИНАКОВЫЕ РЕАКЦИИ ВЫЗЫВАЮТСЯ РАЗЛИЧНЫМИ АНТРОПОГЕННЫМИ ФАКТОРАМИ - ...

- а) специфическая
- б) двойная
- в) множественная

г) неспецифическая

7. СООТВЕТСТВИЕ ТИПОВ БИОИНДИКАТОРОВ ИХ ХАРАКТЕРИСТИКАМ:

- | | |
|-------------------|--|
| 1) чувствительный | а) существенно меняется численность популяций у ряда видов животных в условиях нарушения среды |
| 2) аккумулятивный | б) быстро реагирует значительным отклонением показателей от нормы |
| 3) количественный | в) определяет токсичность среды с помощью тест-объектов |
| | г) накапливает воздействия без проявляющихся последствий |

8. ТИПЫ НЕКРОЗОВ:

- а) точечные и пятнистые
- б) полосатые
- в) межжилковые
- г) краевые
- д) центральные
- е) верхушечные

9. ПРИМЕРЫ ДЕФОЛИАЦИИ:

- а) осыпание хвои у ели
- б) отпадение ветвей у дуба
- в) сбрасывание двухиглых укороченных побегов у сосны
- г) преждевременное опадение листвы у липы

10. ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕФОЛИАЦИИ:

- а) сокращение ассимилирующей площади,
- б) сокращение прироста,
- в) растормаживание почек
- г) изменение жизненного цикла
- д) преждевременное (пролептическое) образование новых побегов

11. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ:

- а) вычисление математических индексов
- б) составление лихеноиндикационной карты
- в) определение классов полевотолерантности лишайников
- г) определение проективного покрытия видов лишайников
- д) идентификация видов лишайников

12. ОРГАНИЗМЫ, ВХОДЯЩИЕ, В СОСТАВ ЛИШАЙНИКОВ КАК СИМБИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ - ...

- а) грибы и мхи
- б) водоросли и мхи
- в) бактерии и водоросли
- г) грибы и водоросли

13. СУБСТРАТЫ, НА КОТОРЫХ ОБИТАЮТ ЭПИФИТНЫЕ ЛИШАЙНИКИ - ...

- а) известковые горные породы
- б) строительный камень
- в) кора деревьев
- г) листья вечнозеленых растений
- д) мхи

14. ЛИШАЙНИКИ, НАИБОЛЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ К ВОЗДЕЙСТВИЮ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ - ...

- а) накипные
- б) листоватые
- в) кустистые
- г) имеющие апотеции
- д) имеющие соредии

15. ТЕСТ-ФУНКЦИИ ДЛЯ КУЛЬТУР ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ИНФУЗОРИЙ:

- а) гибель клеток
- б) неизменность численности клеток в культуре
- в) коэффициент деления клеток
- г) средняя скорость роста
- д) суточный прирост культуры

16. ПРИЧИНЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ ВЫБОР ФОТОТРОФНЫХ ОРГАНИЗМОВ В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ ВОДЫ:

- а) первичное звено трофической цепи водоемов
- б) основная мишень токсичных антропогенных воздействий
- в) возможность точной идентификации видов
- г) отсутствие защитных покровов
- д) высокая чувствительность к воздействию тяжелых металлов

РЕФЕРАТ

Темы рефератов (см. с. 56) студент, согласно графику учебного процесса и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Биологический контроль состояния окружающей среды», получает на 5 неделе обучения, защита рефератов запланирована на 7 и последующие недели.

Реферат, как определяет его Большая советская энциклопедия, это краткое изложение в письменном виде содержания книги, научной работы и включает в себя обзор соответствующих источников.

Условно процесс написания работы можно разделить на пять взаимосвязанных этапов:

1. **Выбор темы** (данный этап может отсутствовать, если тема назначается преподавателем). На данном этапе студент должен самостоятельно выбрать интересную для него тему. Тема должна быть также актуальной, понятной студенту и соответствовать содержанию учебной дисциплины. Данную тему можно развить и в последующих работах и даже, доработав ее, превратить в дипломную работу. Если выбор темы вызывает затруднение, то можно обратиться за помощью к преподавателю.

2. **Разработка рабочего плана.** Перед написанием работы очень полезно составить план. Для этого необходимо представлять структуру работы, поэтому перед составлением плана необходимо ознакомиться с литературой по выбранной теме. План должен включать в себя введение, содержание по главам и параграфам, заключение. Составленный план показывается преподавателю и уже в соответствии с ним согласуются дальнейшие действия.

3. **Сбор, анализ и обобщение материала по выбранной теме.** После выбора темы логично начать сбор научной и иной информации по данной теме. Это самый важный и ответственный этап работы. От количества и качества найденных материалов во многом будет зависеть и содержание работы. Список литературы по конкретной теме можно узнать у преподавателя, найти в списке обязательной и рекомендованной литературы по изучаемой учебной дисциплине, в библиотечном каталоге, либо в интернете. Особенно следует обратить внимание на цитаты разных авторов. Причем следует заранее выписать автора цитаты, полное наименование книги (включая дату, город издания), страницу, откуда она взята – это пригодится при оформлении ссылок. Далее начинается анализ собранного материала, в ходе которого отбрасывается все лишнее, а из оставшегося составляется логически систематизированное содержание работы, раскрывающее поставленную проблему. Впоследствии данное содержание может быть дополнено какими-то новыми фактами, идеями, мыслями.

4. Содержание работы.

Реферат должен состоять из следующих структурных частей: введения, основной части, заключения и списка используемой литературы (библиографии). Кроме того, работа должна иметь титульный лист,

оглавление работы, и по необходимости приложение. Рассмотрим каждую структурную часть подробнее.

Введение.

Работа всегда должна начинаться с введения. Во введении ученик обосновывает актуальность выбранной темы, раскрывает ее значимость для учебного предмета. После этого определяются цели работы и ее основные задачи (которые вытекают из целей). Объем введения составляет, как правило, 2-3 страницы. Рекомендуется писать введение, как и заключение, после окончания написания основной части, в противном случае, владение материалом будет минимальным, что скажется на качестве введения и заключения.

Основная часть.

В основной части раскрывается сама тема, решаются поставленные во введении задачи и достигаются определенные цели. Как правило, основная часть разделяется на главы и параграфы. Глав должно быть как минимум две, причем желательно, чтобы они были соразмерны друг другу. Хорошая работа не должна ограничиваться простым пересказом литературы, автор должен постоянно делать свои выводы, сравнивать и анализировать существующие точки зрения на какую-либо проблему, приводить цитаты мыслителей и т.д.

Заключение

В заключении автор работы делает основные выводы по исследуемой теме. Сделать эти выводы не сложно. Достаточно посмотреть на перечисленные во введении цели и задачи и, в соответствии с ними сделать краткие выводы. В заключение можно также вынести краткие выводы из каждого параграфа или главы работы. Помимо этого, автор описывает практическое значение выводов, и делает свои практические предложения. Объем заключения примерно равняется объему введения и также не делится на части.

Список используемой литературы

Как правило, списком используемой литературы заканчивается научная работа. В список литературы студент включает весь используемый при написании работы материал – книги, журналы, статьи, нормативные документы, электронные ресурсы и т.д. Список литературы оформляется соответствующим образом и должен включать в себя фамилию и инициалы автора, название книги, место и год выхода, издательство и др. Количество используемых источников, как уже говорилось, зависит от выполняемой научной работы. Чаще всего список излагается в алфавитном порядке, который составляют в соответствии с внутренним стандартом СФУ «СТО 4.2-07-2010 «Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности», размещенном на сайте <http://smk.sfu-kras.ru/documents>.

5. **Оформление работы.** Данный этап является заключительной стадией подготовки научной работы. На данном этапе автор сводит весь материал в единую работу, оформляет его в соответствии с установленными

требованиями. Приступать к чистовому оформлению работы можно лишь после окончательного обобщения и структурирования материала, после учета замечаний и дополнений руководителя, после внесения всех дополнений и уточнений. Правильно оформить реферат также важно, поскольку отклонение от установленных требований влечет незачет работы.

Общие требования по оформлению реферата.

Работа набирается на компьютере и печатается на одной стороне стандартного листа бумаги формата А-4. Ниже приведена сводная таблица основных требований.

Интервал между строками: 1,5 единицы

Количество знаков на странице (с пробелами и знаками препинания):
1800

Размер левого поля: 30 мм

Размер правого поля: 10 мм

Размер верхнего поля: 20 мм

Размер нижнего поля: 20 мм

Абзац: 1,25 см

Каждая структурная часть работы (введение, главная часть, заключение и т.д.) начинается с новой страницы. Расстояние между главой и следующей за ней текстом, а также между главой и параграфом составляет 2 интервала.

После заголовка, располагаемого посередине строки, не ставится точка. Не допускается подчеркивание заголовка и переносы в словах заголовка.

Страницы нумеруются в нарастающем порядке. Номера страниц ставятся вверху в середине листа. Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер страницы на нем не проставляется (это не относится к содержанию работы).

Оформленная работа должна быть сброшюрована.

5. Защита работы. Не менее важный этап – защита своей работы. От того, как вы защитите ее, будет, в конечном итоге, зависеть окончательная оценка. Защита работы, как правило, состоит из доклада, сопровождающегося презентацией, время которого меняется в зависимости от вида работы, и ответов на задаваемые вопросы. Доклад должен быть четким, конкретным, раскрывающим основные положения работы. Студент должен перечислить и описать основные задачи, поставленные перед ним, объяснить причины выбора темы и ее актуальность, далее следует обоснование тех или иных положений работы, и, наконец, сделать соответствующие выводы.

Итоговая оценка будет выставлена в зависимости от следующих факторов:

- 1) глубины разработки проблемы;
- 2) основательности использования научной литературы;
- 3) самостоятельности и творческому подходу к осмыслению темы;
- 4) достоверности и научной обоснованности выводов;
- 5) правильности оформления, а также других факторов.

По дисциплине «Биологический контроль состояния окружающей среды» предлагаются следующие **темы рефератов**:

1. Понятие биоиндикации. Виды биоиндикации.
2. Понятие биоиндикаторов. Виды биоиндикаторов.
3. Понятие токсиканта, его относительность. Критерии токсичности.
4. Зависимость токсического эффекта от дозы, времени воздействия. Парадоксальные эффекты.
5. Общие закономерности биоиндикации на разных уровнях организации материи.
6. Изменение биоритмов как индикаторный признак.
7. Биоиндикация по поведенческим признакам. Общие закономерности поведенческих реакций на загрязнение среды.
8. Особенности ландшафтной индикации. Методы выявления ландшафтных индикаторов. Оценка достоверности и значимости ландшафтного индикатора.
9. Антропогенный ландшафт и оценка степени гемеробности.
10. Индикация степени сапробности водоемов.
11. Биоиндикация радиоактивного загрязнения.
12. Современные области применения биоиндикации. Использование индикаторов в очистных сооружениях.
13. Литоиндикация и индикация полезных ископаемых.
14. Индикация процессов (засоления, заболачивания, опустынивания и т.д.).
15. Высшие растения - биоиндикатор состояния водоемов.
16. Биоиндикация состояния водоема по перифитону.
17. Биотестирование почв использованием гидробионтов.
18. Биотестирование почв с помощью дождевых червей.
19. Биотестирование почв с помощью растений.
20. Биотестирование талого снега как метод оценки воздушного загрязнения.
21. Гуппи как объект для определения действия токсических веществ на рыб.
22. Высшая водная растительность как тест-организмы.
23. Простейшие как тест-организмы в биотестировании.
24. Светящиеся микроорганизмы как тест-организм в биотестировании.
25. Млекопитающие как тест-организм в биотестировании.

СЛОВАРЬ

Абиотические факторы среды – компоненты и явления неживой природы (космические, геофизические, климатические, пространственные, временные и т.п.), прямо или косвенно воздействующие на организмы.

Адаптация – 1) эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей; 2) совокупность реакций живой системы, поддерживающих ее функциональную устойчивость при изменении условий среды, окружающих эту систему.

Биогеоценоз – наземная экосистема, объединяющая на основе обмена веществ, энергии и информации сообщество живых организмов (биоценоз) с пространственной совокупностью абиотических условий (биотопом).

Биоиндикация – оценка качества природной среды по состоянию живых организмов, постоянно обитающих в этой среде.

Биомониторинг – оценка качества среды по параметрам живых организмов.

Биотестирование – оценка качества природной среды посредством лабораторных объектов (животных, растительных, одноклеточных), помещённых в тестируемую среду в лаборатории.

Биотические факторы – это формы воздействия живых существ друг на друга или всевозможные влияния, которые испытывает живой организм со стороны окружающих его живых существ.

Жизненная форма – внешний облик растений и животных, отражающий их приспособленность к условиям внешней среды. Внешне жизненная форма характеризуется общими чертами адаптации к среде, схожестью основных морфологических черт и поведенческих признаков.

Среда обитания – часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них прямое и косвенное воздействие. Из среды организмы получают все необходимое для своего существования и в нее же выделяют продукты обмена веществ.

Фиторемедиация – комплекс методов очистки окружающей среды от токсичных соединений и химических элементов с помощью растений путем их удаления или перевода в более безопасные соединения.

Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды) – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Экологический фактор – это любой элемент среды, способный оказывать влияние на живые организмы, хотя бы на одном из этапов его индивидуального развития.

Экосистема – биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов, среды их обитания, системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
ЧАСТЬ 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ	6
Тема 1. Биологический мониторинг как составная часть экологического мониторинга	6
Тема 2. Биологический контроль на разных уровнях организации, общие принципы использования биоиндикаторов.	10
Тема 3. Использование морфологических изменений растений в биомониторинге	14
Тема 4. Методы лишеноиндикации в оценке состояния воздушной среды	19
Тема 5. Применение зависимости «доза-эффект» в биотестировании. понятие резистентности и чувствительности тест-организмов	24
Тема 6. Выбор тест-организмов и биотестов для анализа проб различных объектов окружающей среды, влияние факторов среды и свойств организма на степень токсического эффекта	27
Тема 7. Понятия трофности и сапробности водоемов в биологическом мониторинге	31
Тема 8. Использование различных индексов в биоиндикационных исследованиях водоемов	37
ЧАСТЬ 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	43
Тема 1. Биологические индексы и коэффициенты, используемые в индикационных исследованиях наземных экосистем	43
Тема 2. Планирование лишеноиндикационных исследований	45
Тема 3. Методы отбора и подготовки проб, рекомендуемые для экотоксикологического анализа воды, почв и отходов	47
Тема 4. Гидрохимические характеристики воды и их значение для биологического мониторинга водоемов, проблемы регионального нормирования качества вод	50
Тест	53
Реферат	56
Словарь	60

Учебное издание

Подготовлено к изданию РИО БИК СФУ

Редакционно-издательский отдел
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел/факс (391) 206-21-49. E-mail rio@sfu-kras.ru
<http://rio.sfu-kras.ru>

Отпечатано Полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел. 206-26-58, 206-26-49