ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СЕВЕРО-ОСЕТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. К.Л. ХЕТАГУРОВА

З.П. Оказова, А.Г. Сидаков

МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Учебно-методическое пособие

Владикавказ 2012

УДК 57.017
ББК 20
О-49

Печатается по решению учебно-методического совета факультета географии и геоэкологии Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова протокол № 8 от 06.06.12 г.; заседания кафедры геоэкологии и устойчивого развития протокол № 10 от 24.05.12 г.

РЕЦЕНЗЕНТЫ

Бероев Б.М. – доктор географических наук, профессор;

Козырев А.Х. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Оказова З.П.,
Сидаков А.Г.
О-49

Методы биоиндикации в оценке состояния окружающей среды городских территорий. – Владикавказ: Издательство СОГПИ, 2012. – 36 с.

В пособии представлены работы, которые можно использовать для оценки изменяющихся условий в индустриальных центрах, акватории, почве с помощью широко распространенных объектов: насекомых, гидробионтов, почвенных червей, паразитов, растений – и анализа сложившейся ситуации в связи с антропогенными загрязнениями и естественной эволюцией экосистем, а также урбанизированных территорий.

Учебно-методическое пособие предназначено для организации и проведения лабораторных работ по курсу «Методы биоиндикации» для студентов, обучающихся по специальности экология и по направлению «Экология и природопользование». Пособие составлено с учетом современных требований к лабораторным работам высших учебных заведений.

Пособие издано в авторской редакции.

ББК 20

© Издательство СОГПИ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Проблема экологического контроля состояния среды в городах и пригородных зонах привлекает все больше внимания. Это объясняется концентрацией в городах населения и одновременно сосредоточением в урбанизированных зонах основной части производств с большими по объему токсическими для живой природы выбросами.

Город – искусственно созданная человеком среда, сравнительно новая для обитания животных, весьма специфическая по всем своим параметрам. Для жизни животных в городе важны многие обстоятельства, на них всегда воздействует повышенная температура, загрязненность, «акустическое» неблагополучие среды, запыленность атмосферы.

Общение с природой для людей в больших городах имеет особую и все возрастающую важность; в связи с этим экологические исследования городской фауны приобретают большое практическое значение.

Соответствующие данные необходимы для наблюдения за окружающей средой, оценки стабильности городских экосистем и снижения ущерба, причиняемого животным.

Практически все животные и растительные организмы можно использовать в качестве биотестов. Наиболее удобны мелкие, коротоцикловые животные, у которых проявляется изменчивость при неблагоприятных воздействиях за сравнительно короткое время. Учитывая их многочисленность, поиск тест-объектов не представляет затруднений.

Методики могут применяться для оценки загрязнений естественных и урбанизированных территорий. Четкие результаты можно получить при индустриальном загрязнении населенных пунктов.

Биомониторинг необходимо проводить регулярно, чтобы выявлять динамику загрязнений, а также следить за информацией о загрязнителях.

УДК 57.017
ББК 20
О-49

Печатается по решению учебно-методического совета факультета географии и геоэкологии Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова протокол № 8 от 06.06.12 г.; заседания кафедры геоэкологии и устойчивого развития протокол № 10 от 24.05.12 г.

РЕЦЕНЗЕНТЫ

Бероев Б.М. – доктор географических наук, профессор;

Козырев А.Х. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Оказова З.П.,
Сидаков А.Г.
О-49

Методы биоиндикации в оценке состояния окружающей среды городских территорий. – Владикавказ: Издательство СОГПИ, 2012. – 36 с.

В пособии представлены работы, которые можно использовать для оценки изменяющихся условий в индустриальных центрах, акватории, почве с помощью широко распространенных объектов: насекомых, гидробионтов, почвенных червей, паразитов, растений – и анализа сложившейся ситуации в связи с антропогенными загрязнениями и естественной эволюцией экосистем, а также урбанизированных территорий.

Учебно-методическое пособие предназначено для организации и проведения лабораторных работ по курсу «Методы биоиндикации» для студентов, обучающихся по специальности экология и по направлению «Экология и природопользование». Пособие составлено с учетом современных требований к лабораторным работам высших учебных заведений.

Пособие издано в авторской редакции.

ББК 20

© Издательство СОГПИ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Проблема экологического контроля состояния среды в городах и пригородных зонах привлекает все больше внимания. Это объясняется концентрацией в городах населения и одновременно сосредоточением в урбанизированных зонах основной части производств с большими по объему токсическими для живой природы выбросами.

Город – искусственно созданная человеком среда, сравнительно новая для обитания животных, весьма специфическая по всем своим параметрам. Для жизни животных в городе важны многие обстоятельства, на них всегда воздействует повышенная температура, загрязненность, «акустическое» неблагополучие среды, запыленность атмосферы.

Общение с природой для людей в больших городах имеет особую и все возрастающую важность; в связи с этим экологические исследования городской фауны приобретают большое практическое значение.

Соответствующие данные необходимы для наблюдения за окружающей средой, оценки стабильности городских экосистем и снижения ущерба, причиняемого животным.

Практически все животные и растительные организмы можно использовать в качестве биотестов. Наиболее удобны мелкие, короткоцикловые животные, у которых проявляется изменчивость при неблагоприятных воздействиях за сравнительно короткое время. Учитывая их многочисленность, поиск тест-объектов не представляет затруднений.

Методики могут применяться для оценки загрязнений естественных и урбанизированных территорий. Четкие результаты можно получить при индустриальном загрязнении населенных пунктов.

Биомониторинг необходимо проводить регулярно, чтобы выявлять динамику загрязнений, а также следить за информацией о загрязнителях.

НАСЕКОМЫЕ, КАК ИНДИКАТОРЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Городскую среду нельзя рассматривать как единую экосистему - это мозаика различных биотопов. Экологическое своеобразие отдельных городских местообитаний зависит от форм их использования. Кроме того, почвы, климат, растительность в отдельных городских местообитаниях различны, что ведет к образованию характерных зооценозов.

Наземные беспозвоночные живут в различных условиях: на поверхности земли и в почве, на растениях и внутри их тканей, на животных и продуктах их жизнедеятельности и т. п.

Городские местообитания подразделяются на две большие группы: «строения» и «прочие местообитания». Строения представляют собой особые экологические ниши: отапливаемые помещения, чердаки, этажи, подвалы, жилые помещения, складские и производственные помещения, мельницы, хранилища муки и зерна, фруктов и овощей, лекарственного сырья, пекарни, мясокомбинаты, естественно-научные коллекции и хранилища, кожа, шкуры, текстиль и мягкая мебель, винные погреба. Наружные местообитания также очень разнообразны.

На чердаках регулярно зимуют некоторые виды насекомых. Некоторые виды божьих коровок зимуют в домах сообществами, предпочитая щели в оконных рамах и аналогичные пространства. В подвалах встречаются мокрицы, многоножки, сверчки, жужелицы, комары, моллюски и др.

Обитателями постоянно отапливаемых помещений являются фараоновы муравьи, термиты, рыжие и черные тараканы, платяная моль, жуки-кожееды.

Несмотря на узкие экологические ниши насекомых, в городской среде они распространены повсеместно. В связи с этим насекомых можно использовать для биоиндикации окружающей среды.

Биомониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды с помощью живых организмов. В окружающей среде присутствует множество загрязняющих веществ, которые в комплексе воздействуют на живые организмы (синергизм).

Работ по биоиндикации и различным биоиндикаторам существует множество, но насекомые в качестве индикаторов окружающей среды используются недостаточно. Значительно раньше биоиндикаторы изучались в странах Западной Европы.

Классическим примером изучения промышленного меланизма является работа Ч. Дарвина (1986). Под меланизмом (от греч. *melos* – черный) понимают преобладание черной или темной окраски у части особей вида, которому обычно свойственна другая, более светлая окраска.

Объектом исследования была березовая пяденица (*Biston betularia*). Обычная бабочка – березовая пяденица – на Британских островах была представлена белой формой с темными пятнами на крыльях и теле. Особи этой формы практически неразличимы на стволах берез, покрытых лишайниками.

Впервые черная (а не белая, как обычно) бабочка березовой пяденицы была поймана под Манчестером в 1848 г. и, как большая редкость, помещена в коллекцию натуралиста. Постепенно таких бабочек становилось все больше и больше, но только в тех районах, где березы покрывались копотью и становились темными. Проведенный уже в XX веке генетический анализ выявил, что темный цвет обусловлен действием доминантного аллеля «С» – *carbonaria*. Эта редкая прежде мутация время от времени и раньше появлялась у бабочек.

Прямые эксперименты показали, что насекомоядные птицы прежде всего схватывали светлых бабочек, сидящих на темном фоне, и темных, сидящих на светлом. В этих экспериментах, выживание оказалось избирательным: особи, окрашенные покровительственно, сохранялись в значительно большем числе. В некоторых загрязненных районах темными стали более 90% бабочек.

С точки зрения естественного отбора индустриальный меланизм объяснить очень легко. Исследования показали, что птицами в чистом лесу уничтожаются в первую очередь темные формы, а в загрязненном – светлые. Хотя непредубежденные исследователи привели уже десятки примеров приспособительности критических окрасок, случай с березовой пяденицей, наверное, самый убедительный. Индустриальный меланизм впоследствии был открыт у многих видов насекомых.

Методика исследования популяций *Adalia bipunctata*

Одним из наиболее удобных объектов изучения популяционных процессов являются насекомые, которые чутко реагируют на загрязнение окружающей среды, так как относятся к короткоцикловым формам, дающим не менее двух генераций в сезон. Насекомые широко распространены и многочисленны. Среди них наиболее часто для экспериментальных исследований используют коровку двуточечную *Adalia bipunctata*, для которой характерны: широкий ареал; приуроченность к местам обитания; наличие окрасочного полиморфизма в природных популяциях.

Двуточечная божья коровка является удобным объектом для популяционных, экологических и генетических исследований. Ее ареал чрезвычайно широк.

Все популяции этого вида полиморфны, содержат красные и черные особи в различном соотношении. *Adalia bipunctata* является удобным объектом для индикации уровня загрязненности городского ландшафта.

Задачи исследования.

- изучить состав популяций *Adalia bipunctata,* выяснить соотношение черных и красных особей, для исследования необходимо брать районы с разной техногенной нагрузкой на атмосферу;
- установить, встречается ли *Adalia bipunctata* в естественных ландшафтах;
- определить численность различных морф *Adalia bipunctata* в разных районах;
- выяснить приуроченность разновидностей *Adalia bipunctata* к районам различной техногенной нагрузки;

Адалии могут быть найдены на следующих растениях (при развитии на последних тлей):

- май – черемуха,
- июнь – черемуха, вяз,
- июль – липа, ива, лопухи, крапива,
- август – липа, шиповник, ива, береза.

Самое удобное снаряжение для сборов – короткие (6 8 см) пробирки с поролоновыми пробками, флаконы. Пробирка подносится к сидящему жуку снизу, и жук в нее падает. В одну пробирку можно собрать не более 20 жуков, то есть на массовые сборы надо брать несколько пробирок.

Жуков замаривают эфиром, можно поместить их в раствор керосина, растворителя. В таком случае лучше сохраняется окраска, коллекции меньше повреждаются кожеедами. Через 1 2 дня слить раствор, жуков аккуратно разложить на ватные «матрасики» в коробки.

В период размножения (июнь-август) удобно собирать куколки, обрывая листья, к которым они прикреплены. Листья собираются в пластиковую посуду и оставляются на 5 6 суток в банках, закрытых марлей. После выхода жуков из куколок листья удаляют. Фиксировать коровок нужно после того, как затвердеют покровы. Все сборы маркируются, ведется дневник полевых исследований. Следует иметь в виду, что во время дождя или низких температур жуки не активны.

Как только погода восстановится, коровки выходят кормиться; хищники не могут долго обходиться без пищи.

Анализ материала заключается в:

- проведении детального геногеографического картирования населенного пункта, желательно сделать сборы во всех направлениях от центра;

- составлении таблицы встречаемости красной и черной морф;

- сравнении состава популяций *A. bipunctata* в разных районах.

Выводы:

- в результате исследований разных авторов выяснено, что *Adalia bipunctata* обладает пластичностью в отношении фенотипической изменчивости, имеет 2 морфы: черную и красную.

- соотношение черной и красной морф обусловлено различной степенью техногенной нагрузки на биотопы, где они обитают.

- в связи с многочисленностью *Adalia bipunctata* и широким ареалом распространения она с успехом может быть использована как биоиндикатор загрязнения городской среды.

Подтвердите или опровергните эти выводы.

Литература

1. Веселовский Ю.И. Изучение фенотипической структуры популяции жука коровки двуточечной для биоиндикации загрязнения воздуха / Ю. И. Веселовский // Проблемы экологии на пути к устойчивому развитию: Материалы II международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – С. 263-267.
2. Захаров И.А. Индустриальный меланизм и его динамика в популяциях двуточечной божьей коровки Adalia bipunctata L. / И.А. Захаров // Успехи современной биологии. – 2003. – № 1. – С. 3 15.

ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ – ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВЫ

Многочисленные исследования фауны городов и областей касались, главным образом, позвоночных животных. В последние годы появились статьи об изучении отдельных групп беспозвоночных в придорожных агроценозах, об изменении животного населения почв на придорожных территориях, при этом указывается, что выбросы двигателей автомобилей содержат не менее 200 токсичных для животных организмов соединений, среди которых находятся углеводороды, тяжелые металлы, окислы азота. Животные весьма чувствительны к воздействию тяжелых металлов, обладают большой кумулятивной способностью по отношению к свинцу, кадмию, цинку. Накопление беспозвоночными тяжелых металлов из выбросов автотранспорта свидетельствует о значительном поступлении этих элементов в природную среду. При этом численность животных вблизи дорог в несколько раз уменьшается. Жизненные формы дождевых червей и других беспозвоночных могут быть использованы при оценке степени воздействия автотранспорта и других загрязнителей на экосистемы.

Дождевые черви – сборная группа беспозвоночных, относящихся к кольчатым червям. Черви участвуют во многих процессах, связанных с превращением органического вещества почвы и разложением растительных остатков. Они осуществляют механическое разложение листового опада и древесины, «опускают» растительные остат-

ки в минеральные горизонты почвы, перемешивая органические и минеральные компоненты; в их кишечнике образуются глинисто-гуминовые компоненты, составляющие основы почвенной системы. В кишечнике дождевых червей наблюдается частичная минерализация растительных тканей.

Дождевые черви (земляные черви) на территории РФ представлены, главным образом, видами семейства люмбрицид (*Lumbricidae*). Это преимущественно крупные виды, входящие в состав макрофауны. Все дождевые черви – истинные геобионты. Многие выходят на поверхность почвы только ночью. Люмбрициды составляют три экологические группы: поверхностно-живущие (подстилочные), почвенно-подстилочные и норники, прокладывающие глубокие ходы, которые они редко покидают. Виды двух последних групп взаимно заменяют друг друга в зональных почвах: почвенно-подстилочные заходят далеко на север, населяя заболоченные почвы тайги, а норники обитают в районах со средиземноморским климатом.

Распространение дождевых червей связано с климатическими факторами и типом почв. Важным условием является влажность, при засухе черви обычно погибают в массовом количестве. Ранние заморозки тоже вызывают их гибель. Плохо они переносят и высокие температуры. Наименьшая численность дождевых червей отмечается в кислых почвах. Известкование дерново-подзолистых почв приводит к значительному увеличению развития в них червей. Дождевыми червями питаются птицы, землеройки, кроты, а также жужелицы и многоножки. В перегнойных почвах с нейтральной реакцией кроты, например, питаются почти исключительно дождевыми червями.

Влияние деятельности дождевых червей на почву многообразно. Прокладывая глубокие ходы (иногда на глубину 2 м и более), они увеличивают ее скважность, облегчают проникновение воды, воздуха и корней растений. Под 1 $м^2$ поверхности почвы общая длина ходов червей превышает 1 км, а иногда достигает 8 км. Внутренние поверхности ходов червей покрыты специальными выделениями, придающими прочность. Рост корней по этим ходам особенно облегчается в плотных глинистых горизонтах. При наличии ходов червей корни растений проникают значительно глубже, чем в случае их отсутствия.

Черви перемещают почву, вынося часть ее на поверхность из нижних горизонтов и затаскивая вглубь растительный материал из подстилки. Под влиянием червей изменяется и химический состав почвы. Вырабатываемый специальными железами углекислый кальций нейтрализует кислоты, поэтому копролиты дождевых червей всегда имеют более высокое значение pH, чем почва. Копролиты – это центры формирования специфических микробных сообществ, так как в них обильно развиваются бактерии.

Дождевые черви являются биоиндикаторами, то есть организмами, присутствие, количество и особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений, а также качества среды обитания. Черви наиболее чувствительны к загрязнению окружающей среды, так как они практически не защищены и дышат через кожу, тем самым наиболее полно ощущая загрязнения.

Большое значение имеет изучение почвенной фауны как индикатора степени нарушения человеком естественного биоценоза и показателя возможности его восстановления. Это очень важно в нынешний период интенсивного использования химических веществ и загрязнения ими педосферы.

Метод почвенных раскопок

Выбор приемов для учета разных групп обитающих в почве животных определяется особенностями почвы и объектами исследования. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна) производят методом выборки животных из почвы. Простой способ выборки – метод почвенных раскопок, не требующий специального оборудования. Необходимо иметь лопату, совок, рулетку, чашечные весы с разновесами, блокнот, карандаш. Размер выбираемой пробной площадки зависит от степени увлажненности почвы, чаще всего 0,25 $м^2$ (0,5х0,5 м). Чем больше заложено почвенных раскопок, тем точнее проводится выявление видового состава и количества животных. Расстояние между раскопками – 5 10 м. Глубина почвенных раскопок – 30 40 см. Пробы берут из разных горизонтов через 10 см.

Из раскопки или почвенного разреза почву выбирают послойно или по генетическим горизонтам. Раскопки проводят следующим образом: отмечают размер площади, забивают по углам колышки, натягивают между ними бечевку. Затем от границ отмеренной площадки отгребают в разные стороны опад или подстилку или сухую землю поверхностного слоя (на пару).

Рядом с площадкой помещают клеенку или плотную материю, на которую затем кладут выбранную из раскопки почву. Тщательно вручную перебирают почву, учитывая и собирая всех найденных при этом животных. Выбрасываемые на разложенную рядом с площадкой клеенку небольшие порции почвы тщательно перетирают руками, разбивая крупные комки, разрывая дерновину. Всю почву из разбираемого слоя порцию за порцией перетирают на весу между ладонями, тщательно следя за ссыпающейся на клеенку почвой и собирая падающих животных.

Червей собирают отдельно из каждой пробной площадки и слоя (через 10 см), пересчитывают количество червей на 1 м 2 (умножая на 4), записывают в полевой дневник, затем составляют таблицу. После подсчета и взвешивания червей отпускают, а ямы закапывают.

Методика почвенных раскопок используется для изучения: численности животных на исследуемых участках; горизонтального распространения; вертикального распределения (горизонты A_0, A_1, A_2, A_3).

Для анализа полученных данных и построения графиков используют средние значения по горизонтам. Количество червей на 1 $м^2$ на каждом участке пересчитывют на 1 га = 10 000 $м^2$. Для определения биомассы червей в пересчете на 1 га брали навеску (20 30 экз.), высчитывали средний вес 1 червя; вес 1 червя умножали на количество червей на 1 га.

Деятельность животных в почве является одним из ведущих факторов, определяющих морфологию почвенного профиля, многие физические и химические свойства почвы и темпы круговорота веществ. Особую группу почвенных животных составляют черви, значение которых велико для процессов почвообразования. При активном участии червей подстилка из листьев полностью разлагается за пять месяцев, в присутствии этих животных наблюдается переход азота в подвижные

формы, черви стимулируют развитие ряда групп микроорганизмов, в их кишечнике синтезируются гуминовые кислоты, а также происходит разложение клетчатки и частичная минерализация растительных тканей. Дождевые черви накапливают в своем организме магний, концентрация которого может достигать 3,86 мг/л. Кроме всего прочего, дождевые черви являются отличными биоиндикаторами загрязнения окружающей среды. Это связано с тем, что их дыхание осуществляется через кожу. В случае ухудшения экологической обстановки местности черви совершают вертикальные миграции.

В условиях сельской местности можно исследовать дождевых червей для индикации почвы в связи с ее загрязнениями химическими веществами (удобрениями, гербицидами). Для контроля можно взять луговину. Почвенные раскопки необходимо вести в агроценозах, занятых разными культурами. Сведения о внесении химических веществ в расчете на 1 га можно взять у агронома. Под технические культуры (лен) обычно вносят больше гербицидов, что сказывается на количестве дождевых червей и другой почвенной мезофауны.

Литература

1. Гиляров М.С. Роль почвенных беспозвоночных в разложении растительных остатков и круговороте веществ / М.С. Гиляров, Б.Р. Стриганова // Зоология беспозвоночных. – М., 1978.

ЭНЕРГИЯ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*TARAXACUM OFFICINALE WIGG*.) ИЗ РАЗНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН

Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale Wigg.*) – многолетник из семейства сложноцветных, высотой 5 50 см, с толстым вертикальным корнем. Листья струговидные, перисторазделные, реже цельные, зеленые, голые или рассеянно волосистые, собраны в прикорневую розетку. Распространен на всей территории РФ.

В естественных, ненарушенных луговых травостоях встречается редко. Размножается преимущественно семенами, которых на одном растении образуется от 3 до 8 тыс. Семена не имеют выраженного периода покоя.

На почвах растения развиваются быстро и на второй год уже цветут и плодоносят. В ненарушенных ценозах зацветают лишь на четвертый год. Хорошо переносит пастьбу и скашивание, отзывчив на внесение азотных удобрений и жидкого навоза. В листьях много воды (85 90%), до 4,5 мг каротина и 146 мг витамина С. Хороший медонос; лекарственное растение.

Лабораторная оценка семян

Под лабораторной всхожестью понимают процент семян, проросших при оптимальных условиях. Проросшими принято считать семена с длиной корешка, равной половине длины семени, у мелких семян – двойной длине. Случаи ненормального прорастания семян учитываются отдельно и не включаются в подсчет проросших семян при определении всхожести. Грунтовая всхожесть – это количество всходов, появившихся на поверхности почвы, выраженное в процентах от общего числа посеянных семян. Грунтовая всхожесть всегда оказывается меньше лабораторной, однако часто между этими показателями имеется корреляция. Под энергией прорастания понимается количество проросших за определенный срок семян, выраженное в %. Исключительное значение придается такому показателю, как сила семян. Он необходим, чтобы оценить способность прорастать, потенциальные возможности семян.

Оценка жизнеспособности семян производится различными методами. Наиболее надежным и достоверным способом определения жизнеспособности является проращивание семян при благоприятных условиях. Это требует определенного и подчас довольно длительного времени. Трудности, связанные с проращиванием семян, привели к необходимости разработки экспресс-методов оценки жизнеспособности: метода витального окрашивания, тетразольного метода, рентгенографии и др.

ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ВОДНОЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ БИОТЕСТОВ

Энергия прорастания семян дикорастущих и культурных растений зависит от качества воды. Можно поставить опыты, используя для замачивания семян водопроводную воду, очищенную бытовым фильтром, кипяченую, талую, минеральную и др.

Главным источником загрязнения воды являются сточные воды промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий, поверхностные стоки с территорий, обработанных удобрениями или пестицидами. Значительное влияние на экологическое состояние водоемов оказывает загрязненность атмосферных осадков.

В лабораторном биотестировании для оценки загрязнения воды используется тест-обьект – семена кресс-салата (*Lepidium sativum*), обладающего высокой чувствительностью к химическим веществам.

Биотест основан на определении всхожести – количества проросших семян в исследуемой воде по сравнению с прорастанием семян в дистиллированной воде, которое составляет точно 50%. По результатам биотестирования вычисляются количественные показатели качества природной воды: всхожесть семян кресс-салата и индекс токсичности воды.

Кресс-салатный тест легко выполним в течение одних суток, отличается большой точностью и сходимостью с индексом токсичности воды, определяемым с использованием чувствительного тест-объекта инфузории (*Paramecium caudatum*) по методу А. В. Пожарова (1995).

Выполнив данную работу можно охарактеризовать загрязнение воды; провести тест на наличие фитотоксических веществ в природных водах.

Методика биотестирования

В чашки Петри (в трехкратной повторности) помещают два слоя фильтровальной бумаги. В опытных чашках бумагу смачивают 7 мл исследуемой воды, а в контрольных чашках – 7 мл дистиллированной воды.

Высевают в каждую чашку по сто всхожих семян кресс-салата (последнего года репродукции, имеющих высокую энергию прорас-

тания). При всхожести семян ниже 100% вычисляют необходимую норму семян:

$$A = (100/B) \times 100$$

где А – число семян в норме;

В – всхожесть семян.

Чашки прикрывают крышками и помещают на одни сутки в темноту, в термостат при 27°С (или проводят проращивание семян при комнатной температуре, в темноте).

В целях экономии времени посев семян производят вечером, а определение всхожести – утром (через 12 15 часов при комнатной температуре проращивания семян).

При определении всхожести семян кресс-салата в опытных чашках. При этом надо стремиться, чтобы подсчет всхожести совпал по времени, когда семена в контрольных чашках прорастут точно на 50% (в момент, когда активность процессов прорастания достигает максимальной скорости и чувствительности к химическим веществам). Проросшим считается семя, у которого корешок прорвал семенную оболочку. Подсчет всхожести не должен занимать более 15 минут, потому что семена кресс-салата прорастают очень быстро.

Вычисляют среднюю всхожесть семян кресс-салата и выражают в процентах к соответствующей всхожести на дистиллированной воде, чистота которой принимается за 100%. Такая величина контроля позволяет выявить не только тормозящий, но и стимулирущий эффект, унифицировать результаты и сравнить между собой данные различных опытов.

Для количественного выражения токсического действия воды на всхожесть семян вычисляют индекс токсичности по формуле:

$$J = (В_{контроль} – В_{опыт}) / В_{контроль}$$

где J – индекс токсичности;

$В_{контроль}$ – всхожесть семян в контроле;

$В_{опыт}$ – всхожесть семян в опытном варианте.

Далее необходимо построить диаграмму (в виде вертикальных столбцов), показывающую отношения между непрерывной зависимой переменной (всхожестью семян кресс-салата) и нечисловой независимой переменной (водой различных водоемов и водотоков). Чем выше

всхожесть семян (при контроле – 50%), тем меньше в исследуемой воде токсических веществ, при 100% их нет или действие маскируется, а при переходе за 100% в воде есть стимуляторы прорастания, что связано с содержанием биогенных элементов и сапробностью воды.

После вычисления средней всхожести семян и индекса токсичности определяют степень загрязнения природной воды по таблице «Показатели и критерии загрязнения воды».

Показатели и критерии загрязнения воды

Показатели	Степень загрязнения			
	Загрязнение отсутствует	Слабое загрязнение	Среднее загрязнение	Сильное загрязнение
Всхожесть,%	90-100	65-90	30-65	<30
Индекс токсичности	<0,1	0,1-0,35	0,36-0,7	>0,71

При высоком значении степени загрязнения и токсичности водной среды необходимо выявить их причины, возможности ликвидации причин и последствий загрязнения, поскольку биотестирование является интегральным экспресс-методом, характеризующим состояние водной экосистемы. Для опыта можно взять равное количество семян любого культурного растения: гороха, капусты, томатов, ржи, овса и др. Одну часть семян следует замочить в обычной водопроводной воде, а другую – в воде, которую вы желаете тестировать. При сравнении жизнеспособности семян нужно использовать такие критерии, как энергия прорастания и всхожесть (рис. 1).

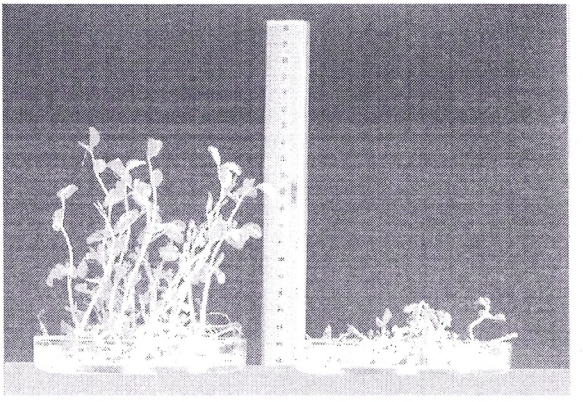


Рис. 1. Оценка мутагенности воды
(прорастание семян гороха посевного, контроль и опыт)

Литература

1. Лебедев В.П. Методологический подход в организации исследовательской деятельности учащихся по изучению состояния окружающей среды / В.П. Лебедев // Вопросы экологии при изучении биологических дисциплин. – Вологда, 2004.
2. Лебедев В.П. Биотестирование загрязнения и токсичности водной среды / В.П. Лебедев // Экологическая культура и образование. – Вологда: Изд. центр ВИРО, 2006.
3. Петрова В.В. Оценка жизнеспособности семян как критерий оценки мутагенности среды / В.В. Петрова // Экологическая культура и образование. – Вологда: Изд. центр ВИРО, 2006.
4. Пожаров В.В Определитель токсичности вод по хемотоксической реакции инфузорий / В.В. Пожаров. – СПб, 1995.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

Удобным объектом биоиндикации являются лишайники, хорошо различимые и постоянно присутствующие на различных видах деревьев. Выбор места исследования должен быть связан с постоянно действующими загрязнителями. Лишайники – растительные организмы симбиотической природы (гриб+водоросль). В настоящий момент широко используются в качестве биоиндикаторов при проведении разовых и многолетних (мониторинговых) исследований состояния экосистем разного ранга.

Они обладают повышенной чувствительностью к различным загрязняющим веществам антропогенного происхождения, в первую очередь к газообразным, интенсивно аккумулируют тяжелые металлы и ряд органических веществ, обладающих канцерогенным эффектом.

Лихеноиндикация достаточно оперативна и проводится в течение короткого времени, лишайники начинают первыми реагировать на загрязнение воздуха (наряду со мхами) и при концентрациях поллютантов, значительно ниже установленных ПДК.

Все это усиливается кумулятивным эффектом, что и позволяет объективно и корректно оценивать степень антропогенного воздействия на исследуемый объект.

Определенные лишайники по разному реагируют на присутствие газообразных загрязнителей и их концентрацию. Очень чувствительными считаются виды родов *Usnea*, *Brioria*, *Cetraria*, *Parmelia*. Средней чувствительностью обладают виды родов *Evernia*, *Ramalina*. Низкой чувствительностью отличаются виды родов *Xanthoria*, *Physcia*, *Lecanora*, *Caloplaca*. При лихеноиндикации используют эпифитные лишайники, селящиеся на стволах деревьев. Некоторые виды предпочитают хвойные породы, другие – лиственные, часто с определенной кислотностью коры. Эпифитные лишайники предпочитают старые деревья, так как характер поверхности коры (крупнобугристая, мелкобугристая, трещиноватая, чешуйчатая, гладкая) имеет большое значение. Многие виды лишайников имеют небольшие размеры, малозаметную окраску и даже растут внутри наружного слоя коры, поэтому при проведении лихеноиндикационных наблюдений следует очень тщательно осматривать выбранные модельные деревья.

При лихеноиндикации одним из главных вопросов является выбор критериев, по которым будет оцениваться чистота воздуха и даваться количественный и качественный анализ степени его загрязнения. Можно использовать следующие показатели.

1. Флористико-таксономические: видовое и таксономическое разнообразие лихенофлоры территории в целом и отдельных ее участков; соотношение таксономических групп на отдельных участках изучаемой территории и видовую насыщенность таксонов.

2. Аутэкологические и биоморфологические: соотношение групп видов лишайников на определенных участках изучаемой территории.

3. Геоботанические: проективное покрытие лишайников на стволах деревьев и динамика его изменения вдоль выбранных трансект или на серии пробных площадей, покрывающих сетью изучаемую территорию; пространственное распределение и частота встречаемости видов на территории объектов исследования.

4. Анатомо-морфологические: соотношение проективного покрытия здоровых и пораженных лишайников заранее выбранных ви-

дов; соотношение (%) количества здоровых и фертильных спор в апотециях, а также количество апотециев на единицу площади слоевища лишайника или на одно растение; соотношение (%) количества видов лишайников, размножающихся половым способом и вегетативно на разных участках исследуемой территории.

5. Физиолого-биохимические: содержание хлорофилла в пробах определенного вида лишайника и пространственная динамика его изменения вдоль выбранных трансект или на серии пробных площадей при разном удалении от источника загрязнения воздуха; содержание тяжелых металлов, органических веществ и серы в пробах лишайников, собранных с разных участков и на разном удалении от источника загрязняющих веществ.

Лихеноиндикацию можно проводить по одному из предложенных показателей или по целому их комплексу. Полезно также привлекать результаты анализов проб снега и дождя, фитоиндикацию с помощью высших растений и мхов.

Чаще всего применяют картирование и трансплантацию. Под картированием понимается нанесение на карту населенного пункта или местности полученных в ходе исследования данных в виде цифровых значений или условных значков и выделение на их основе участков с разным уровнем загрязненности воздуха.

Карта помогает впоследствии оценить степень влияния промышленных предприятий на окружающую их местность, проследить направление эмиссий вредных веществ, их количественную и качественную динамику. При трансплантации на выбранных пробных площадках или вдоль трансект на разном расстоянии от источника загрязнения монтируются образцы лишайников из чистых местообитаний. В течение определенного времени за ними ведется наблюдение, по результатам которого судят о концентрации загрязнителей в воздухе, скорости, расстоянии и направлении их переноса в атмосферных массах. Особенно удобна трансплантация при мониторинге экологической обстановки в городах.

Лишайники очень неприхотливы, могут селиться даже на голых скалах, однако нуждаются в очень чистом воздухе. Малейшее загрязнение атмосферы, не влияющее на большинство высших растений,

вызывает их массовую гибель: у них нет непроницаемой кутикулы, благодаря чему газообмен происходит свободно через всю поверхность; большинство токсичных газов концентрируется в дождевой воде, а лишайники впитывают ее всей своей поверхностью в отличие от цветковых растений, которые поглощают воду в основном из почвы; большинство цветковых растений в наших широтах активны только летом, когда уровень загрязненности среды ниже, а некоторые лишайники обладают способностью к росту при температуре ниже 0°С; лишайники не способны избавляться от пораженных ядовитыми веществами частей своего тела. Главный враг лишайников в городах – сернистый газ, который определяет распространение некоторых эпифитных лишайников. Ученые установили, что чем выше уровень загрязнения природной среды сернистым газом, тем больше серы содержится в слоевищах лишайников.

Биоиндикация интегрального загрязнения атмосферного воздуха

1. На топографической карте (плане) местности, подлежащей экологической разведке, выбираются площадки в районах с различными видами и степенью загрязнения. Площадки биоиндикации нумеруются. Их размер составляет 50 х 50 м.

2. В пределах выбранной площадки осматривают деревья, покрытые лишайниками.

3. От земли до высоты 1,5 м с помощью палетки измеряют площади заселения лишайников на стволе дерева.

4. Высчитывают среднюю площадь лишайников на стволах всех деревьев площадки.

5. Суммируют площади лишайников одного вида на отдельных породах деревьев.

6. Для оценки состояния загрязненности изучаемых территорий используют два вида лишайников как наиболее устойчивые к загрязнениям атмосферы и широко распространенные.

7. Собранная и определенная коллекция лишайников хранится.

С помощью метода лихеноиндикации выявлено, что загрязнение окружающей среды непосредственно влияет на распространение и биологическое разнообразие лишайников.

Литература

1. Чхобадзе, А.Б. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха / А.Б. Чхобадзе // Экологический мониторинг в школе. – Вологда: Русь, 1988. – С. 152 163.
2. Чхобадзе, А.Б. Лихеноиндикация состояния окружающей среды / А.Б. Чхобадзе // Методы изучения состояния окружающей среды. – Вологда: Русь, 1996. – С. 38 42.

АСИММЕТРИЯ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ, КАК ИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Важность оценки состояния природных популяций растений состоит в том, что именно растения являются основными продуцентами, их роль в экосистемах трудно переоценить. Растения – чувствительный объект, позволяющий оценивать весь комплекс воздействий, характерный для данной территории в целом, поскольку они ассимилируют вещества и подвержены прямому воздействию одновременно из двух сред: из почвы и из воздуха. В связи с тем, что растения ведут прикрепленный образ жизни, состояние их организма отражает состояние конкретного локального местообитания. Удобство использования растений заключается в доступности и простоте сбора материала для исследования.

Специфика растений как объекта исследования предъявляет определенные требования к выбору видов. При выборе вида и зависимости от задачи исследования необходимо учитывать, что, в силу прикрепленного образа жизни, мелкие травянистые виды растений в большей степени, по сравнению с древесными видами, могут отражать микробиотопические условия (как естественные: локальные различия типа почвы, влажности и других факторов, так и антропоген-

ные – точечное загрязнение). Для выявления микробиотопических различий предпочтительны травянистые растения, а для характеристики больших территорий лучше использовать древесные растения.

Для удобства оценки величины флуктуирующей асимметрии рекомендуется не использовать растения с заведомо асимметричными листьями.

Сбор материала следует проводить после остановки роста листьев.

Каждая выборка должна включать в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений). Листья с одного растения лучше хранить отдельно, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи. Для этого рекомендуется собранные с одного дерева листья связывать за черешки. Все листья, собранные для одной выборки, сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку с указанием номера выборки, места сбора, даты сбора.

При выборе растений важно учитывать четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду, условия произрастания особи и возрастное состояние растения. Поскольку многие растения подвержены гибридизации, которая может повлиять на уровень стабильности их развития, то рекомендуется выбирать растения с четко выраженными видовыми признаками. Листья должны быть собраны с растений, находящихся в одинаковых экологических условиях. Рекомендуется выбирать растения, растущие на открытых участках, поскольку многие виды светолюбивы, условия затенения являются для них стрессовыми и могут существенно снизить стабильность развития. Для исследования рекомендуется выбирать растения, достигшие генеративного возрастного состояния. Для исследований предлагается использовать лист как орган, обладающий билатеральной симметрией. Рекомендуется собирать листья из одной и той же части кроны с разных сторон растения. У березы повислой листья лучше собирать из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток, относительно равномерно вокруг дерева, используются листья с укороченных побегов. Размер листьев должен быть сходным, средним для данного растения. Поврежденные листья могут быть использованы для анализа, если не затронуты участки, с

которых будут сниматься измерения. Рекомендуется собирать с растения несколько больше листьев, чем требуется, на тот случай, если часть листьев из-за повреждений не сможет быть использована для анализа.

Таблица 1. Величина промеров листа

№	Ширина половинок листа, мм		Длина второй жилки, мм		Расстояние между основаниями 1 и 2 жилок, мм		Расстояние между концами 1 и 2 жилок, мм		Угол между центральной и 2 жилкой	
	лево	право	лево	право	лево	право	лево	право	лево	Право
1										
2										
3										
4										

Разница между промерами левых и правых половинок листа делится на сумму промеров по каждому признаку. Например, 26 23: 49. Полученное значение (0,06) внести в соответствующую строку таблицы 2.

Таблица 2. Вспомогательная таблица для расчета интегрального показателя флуктуирующей ассиметрии в выборке

№	Величина ассиметрии признаков					Величина ассимет-рии листа
	Ширина половинок листа, мм	Длина второй жилки, мм	Расстояние между основаниями 1 и 2 жилок, мм	Расстояние между концами 1 и 2 жилок, мм	Угол между центр. и 2 жилкой	
1						
2						
3						
4						

Сумму величин асимметрии по 5 признакам разделить на 5. Получится величина асимметрии листа. Затем сложить значения величины асимметрии листа (по 10 листьям), разделить на 10, получится средняя величина показателя стабильности развития для данной выборки (табл. 3).

Таблица 3. Определение уровня атмосферного загрязнения по величине показателя стабильности развития для березы повислой

Балл	Величина показателя стабильности развития	Шкала
I	<0,040	Условная норма
II	0,040 – 0,044	Слабое влияние неблагоприятных факторов
III	0,045-0,049	Загрязненные районы
IV	0,05-0,054	Загрязненные районы
V	>0,054	Критическое значение

Для оценки степени нарушения стабильности развития удобно использовать пятибалльную оценку (см. *таблицу 3*). Пока такая шкала предложена только для березы, поскольку для этого объекта собран достаточно обширный материал. Первый балл шкалы – условная норма. Значения интегрального показателя асимметрии (величина среднего относительного различия на признак), соответствующие первому баллу, наблюдаются обычно в выборках растений из благоприятных условий произрастания, например, из природных заповедников. Пятый балл – критическое значение, такие значения показателя асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находятся в сильно угнетенном состоянии.

Если величина асимметрии листьев достигает критического значения, то следует предполагать высокую степень загрязнения окружающей среды промышленными и транспортными выбросами.

Литература

1. Захаров, В.М. Здоровье среды: Методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методическое руководство для заповедников / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева и др. – М., 2000. – С. 36 41.

МОНИТОРИНГ ФАУНЫ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Хозяйственная деятельность в той или иной степени охватывает практически всю территорию, при этом всегда возводятся временные или постоянные объекты. Во время строительства любых объектов полностью или почти полностью происходит разрушение местообитаний животных и, как следствие, очень значительные изменения в составе фауны, численности и распределении видов. Оценка влияния строительства и мониторинг воздействия строительного объекта на фауну помогут выработать меры по снижению негативного влияния строительных работ и самих объектов на животный мир. Следует учитывать, что строительство и эксплуатация объектов оказывает комплексное воздействие на фауну.

Техногенные воздействия на животный мир при строительстве и эксплуатации объектов различны. К прямым воздействиям относятся механические нарушения, загрязнения, внетехнологические нарушения и аварийные ситуации, к косвенным – изменение гидрологического режима, изменение ресурсного потенциала территории.

Использование при строительстве объектов существующих технологий, строительной и транспортной техники предполагает создание механических нагрузок.

Почвенные и малоподвижные животные полностью погибают на месте строительного котлована, сопровождающих дорог, карьеров, постоянных и временных технологических площадок, на территории специально сооружаемых жилых комплексов. Подвижные животные вытесняются, избегая действия строительной и транспортной техники, шумового воздействия. Крупные, осторожные животные при регулярной работе различной техники мигрируют в более спокойные места. Это неизбежные потери.

Вокруг площадок, где растительный покров в разной степени нарушен, способны выжить преимущественно мелкие беспозвоночные, но их сообщества и популяции отдельных видов очень неустойчивы и подвержены значительным колебаниям. В таких условиях могут временно существовать крылатые формы насекомых, которые,

благодаря своей подвижности, избегают механического воздействия. Из позвоночных животных лишь некоторые виды птиц более или менее благополучно могут приспосабливаться к строительству, используя стройплощадку в качестве гнездового или кормового участка. При строительстве происходит полное или частичное разрушение мест размножения или зимовок земноводных и пресмыкающихся, которые, ввиду их слабых миграционных способностей, не находят благоприятных условий и пропускают сезон размножения или погибают в неподходящих для зимовки местах.

При строительстве и эксплуатации объектов для земноводных, мигрирующих к нерестовым водоемам или местам зимовок, практически непреодолимым препятствием оказываются глубокие траншеи и кюветы с отвесными стенками. По завершении строительства на меньшей части территории происходит восстановление исходных сообществ животных, на большей части формируются вторичные сообщества, весьма далекие по составу и структуре от исходных. Животные заселяют и вновь созданные техногенные субстраты. Характер и скорость процессов восстановления/формирования фауны зависит от особенностей естественных экосистем.

В процессе эксплуатации могут происходить новые нарушения, связанные с обслуживанием построенных объектов, ликвидацией аварийных ситуаций, а также не предусмотренной проектом деятельностью. Самым широко распространенным видом механических нарушений и шумового воздействия на животный мир является интенсивное движение техники, оказывающее наиболее значительное влияние в период размножения животных. При интенсивном движении техники происходит гибель насекомых, амфибий, птиц.

Как последствие строительства и функционирования промышленных и гражданских комплексов возможно поступление загрязнителей в атмосферу, воду, непосредственно на почвенно-растительный покров.

Внетехнологические нарушения являются результатом сопутствующей деятельности. К их числу относятся рекреационные нагрузки: уплотнение почв, беспокойство осторожных видов животных, охота и рыболовство, в том числе браконьерство. В этом случае увеличивается территория влияния объекта на фауну.

Важной причиной трансформации почвенно-растительного покрова является изменение гидрологического режима попавшей в зону воздействия территории.

При строительстве многих объектов необходимы котлованы, траншеи, дренаж, дороги с плотным покрытием, что приводит к изменению стока или накоплению воды и, как следствие, к изменению состава фауны.

Особое значение ресурсов животного мира заставляет выделить специальное направление зоомониторинга. Оно включает контроль изменения ресурсного потенциала в результате комплекса воздействий. Реакция фауны на воздействия при строительстве и эксплуатации объектов различна. При механических воздействиях происходит изменение видового разнообразия, изменение состава и структуры сообществ животных, изменение структуры фауны.

Под влиянием техногенных механических воздействий уменьшается видовое разнообразие фауны. В таежной зоне в результате механического воздействия и шума из мест строительства мигрирует большинство крупных видов животных. Непосредственно от механического воздействия погибают обитатели почвы, наземные беспозвоночные.

При движении транспортных средств происходит массовая гибель летающих насекомых и земноводных. Опасность в отношении последних усиливается в связи с тем, что у амфибий на всю жизнь запоминаются маршруты миграций. Постоянная гибель части популяции может привести к ее угнетению, снижению численности, устойчивости, фрагментации и исчезновению с территории. Таким образом, техногенные механические нарушения приводят к изменению видового разнообразия. В качестве индикатора можно рассматривать число видов, а также увеличение или снижение встречаемости ряда видов и их групп.

Характер трансформации сообществ зависит от направления и интенсивности воздействия на среду обитания животных через изменение структуры и влажности почвы, структуры и состояния растительных сообществ, изменение микроклимата и прямое влияние через фактор беспокойства и промысел. При слабых нагрузках основным ре-

зультатом является уменьшение в сообществах доли осторожных видов животных, реагирующих иногда даже на однократное беспокойство. При более интенсивных, но не разрушающих растительные сообщества воздействиях изменяется видовой состав за счет миграций крупных видов. Более интенсивные влияния на растительность – небольшие по площади вырубки – приводят к смене доминантов; изменяется видовое разнообразие за счет распространения опушечных видов животных; меняется горизонтальная и вертикальная структура сообществ; меняется структура биомассы. Большинство же техногенных воздействий приводит к разрушению растительности. В сохранившихся фрагментах не могут поддерживаться благоприятные условия для всего комплекса исходной фаунистической группировки. Формируются сообщества животных, состав и структура которых практически не зависят от источника нарушений и исходного сообщества.

На значительной части территории, отводимой для сооружения объектов, коренные растительные сообщества заменяются посттехногенными растительными группировками. Также новые условия создаются за счет изменения почв, освещенности, микроклимата, ветровой деятельности. В результате фауна не может прийти в исходное состояние.

Процессы восстановления фауны до состояния, близкого к исходному, долговременны и требуют, прежде всего, восстановления исходного характера растительности на значительной площади. Техногенные нарушения приводят к расширению открытых типов местообитаний, которые на первых этапах восстановления фауны заселяются пионерными видами животных. После зарастания неиспользуемых площадок кустарником и подростом распространяются кустарниковые, опушечные виды животных. При дальнейшем восстановлении леса формируется фауна преимущественно за счет более южных форм. Коренные, таежные виды животных практически никогда не занимают ключевых позиций в таких восстанавливающихся сообществах.

Под влиянием антропогенных воздействий происходит изменение структуры сообществ животных, потеря коренных сообществ, и увеличение роли вторичных сообществ, формирующихся на техногенных субстратах. Индикатором может служить соотношение нена-

рушенных и находящихся на разных стадиях восстановления/формирования сообществ.

Трансформация фауны при изменении условий увлажнения связана с изменением растительных сообществ, формирующих среду обитания животных. Эти процессы наиболее активны в болотных комплексах. В этом случае в связи с обводнением коренным образом меняется почвенная фауна. В лесных и луговых сообществах изменение гидрологического режима также приводит к изменению видового состава и структуры почвенной фауны. Может происходить изменение видового состава грызунов, различные виды которых предпочитают разные условия увлажнения. Последствием такого процесса может быть изменение эпидемиологической обстановки на территории, поскольку грызуны играют значительную роль в формировании эпидемиологической ситуации. Индикатором может служить изменение состава и структуры сообществ.

РЕАКЦИЯ НА ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Если в выбросах преобладают окислы азота, происходит закисление территории, что оказывает влияние на фауну. Симптомы повреждения животных – некрозы, химические ожоги. Более чувствительны к ним организмы с тонкой, влажной кожей: черви, амфибии. Под влиянием паров воды оксиды азота превращаются в азотную кислоту, что приводит к возникновению кислотных дождей. Азотные загрязнения могут оказывать непосредственное воздействие на животных, вызывать подкисление среды, приводить к эвтрофикации субстратов.

Чувствительны к пылевому загрязнению малоподвижные животные, животные с тонкими покровами. Обычно интенсивное запыление вызывает их гибель, но это почти не поддается контролю.

Реакция фауны на атмосферные загрязнения проявляется с нескольких сторон: индивидуальная, видо- и/или группоспецифическая, изменение состава и структуры сообществ животных. В случае повторяющихся высоких концентраций загрязнителей, способных вызвать ожоги, или однократного выброса большой поражающей силы может произойти: локальное уничтожение фауны; поражение чувст-

вительных видов, активизация толерантных или способных к быстрому восстановлению. Это также может привести к трансформации сообществ животных.

В связи с постоянным поступлением загрязнителей, например, азота в среду будет происходить накопление в организме животных нитратов и нитритов.

Для анализа динамики загрязнения компонентов экосистем и окружающей человека среды возможно определение концентрации в животных веществ, содержащихся в атмосферных выбросах. В качестве объектов мониторинга в таком случае могут использоваться различные гидробионты, в которых накопление загрязнителей происходит со стоком фактически со всего бассейна, и хищные наземные животные, концентрирующие загрязнители по цепям питания.

Бензин и дизельное топливо вызывают поражение кожи и гибель животных, но, в зависимости от климатических и ландшафтных условий, в течение нескольких лет испаряются или вымываются из почвенного слоя. Места разлива заселяются толерантными к загрязнению видами насекомых и других беспозвоночных.

Наиболее губительное действие нефтепродукты оказывают на животных, обитающих в воде или влажных местах. Нефтепродукты, образуя поверхностную пленку на воде или коже животных, препятствуют газообмену и приводят к гибели животных. Постоянное попадание нефтепродуктов в нерестовые водоемы может привести к деградации популяций.

Бытовые стоки вызывают изменение растительности, иногда приводят к заболачиванию, эвтрофикации, активизации эрозионных процессов. Такие изменения условий среды угнетают чувствительные виды животных и могут оказаться благоприятными для экологически пластичных видов, что в итоге приведет к их расселению и дальнейшему вытеснению чувствительных видов. Следует помнить и о том, что неконтролируемый сброс бытовых отходов или аварийные ситуации в водоснабжении и канализации могут привести к ухудшению санитарно-эпидемиологического состояния, а живущие в таких условиях синантропные виды животных часто становятся распространителями возбудителей.

В связи с охарактеризованной выше реакцией фауны на техногенные воздействия можно вести мониторинг по следующим параметрам и характеристикам.

Механические нарушения и их последствия: изменение видового разнообразия; изменение распространения, встречаемости, обилия, запасов некоторых видов животных; изменение состава и структуры животного населения; изменение структуры фауны; направление и скорость процессов восстановления/формирования сообществ животных на нарушенных и рекультивированных территориях.

Загрязнения: изменение видового разнообразия; изменение встречаемости и обилия некоторых видов животных; изменение устойчивости животных; изменение содержания загрязнителей в животных; изменение состава и структуры сообществ животных; изменение структуры фауны.

Таким образом, строительство оказывает огромное воздействие на фауну, может приводить к полному и значительному разрушению сообществ животных. Следовательно, трудно выработать рекомендации по снижению ущерба для фауны при строительстве и эксплуатации различных объектов. Мониторинговые исследования в этом направлении, использование их результатов были бы очень полезны для регулирования или снижения негативного влияния строительных объектов, пусть даже небольших по размерам. И если практически невозможно препятствовать возведению какого-либо объекта, то создать щадящие условия для животных и сохранить фауну – вполне решаемая задача.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
НАСЕКОМЫЕ, КАК ИНДИКАТОРЫ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ 4
Методика исследования популяций *Adalia bipunctata* 6
ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ –
ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВЫ 8
Метод почвенных раскопок 10
ЭНЕРГИЯ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ОДУВАНЧИКА
ЛЕКАРСТВЕННОГО (*TARAXACUM OFFICINALE WIGG* .)
ИЗ РАЗНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН 12
Лабораторная оценка семян 13
Образец наблюдений 15
ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ
ВОДНОЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ БИОТЕСТОВ 16
Методика биотестирования 16
ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ 19
Биоиндикация интегрального загрязнения
атмосферного воздуха 22
АСИММЕТРИЯ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ, КАК ИНДИКАТОРА
ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ 23
МОНИТОРИНГ ФАУНЫ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ 27
РЕАКЦИЯ НА ЗАГРЯЗНЕНИЯ 31

Учебное пособие

Оказова З.П., Сидаков А.Г.

Методы биоиндикации в оценке состояния окружающей среды городских территорий

Компьютерная верстка: Ясакова М.А.

Подписано в печать 18.05.2012. Формат бумаги 84x108 1/32.
Бум. Офс. Гарнитура шрифта «Times New Roman».
Усл. п.л. 2,25. Тираж 100.

Издательство Северо-Осетинского государственного педагогического института.
362003, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. К. Маркса, 36.