

Биоиндикация и биотестирование как методы мониторинга состояния окружающей среды

Дубовец Денис Леонидович
Инженер по охране окружающей среды

Аннотация: В представленной работе описываются такие методы мониторинга состояния окружающей среды как биоиндикация и биотестирование. Дается информация об основных живых организмах которые могут быть применены для проведения мониторинга и признаки, по которым можно судить о загрязнении окружающей среды.

Ключевые слова: Окружающая среда; биоиндикация; биотестирование; растения; микроорганизмы; загрязнение.

Защита окружающей среды от антропогенного загрязнения – важнейшая проблема современности. В ее решении исключительно важная роль принадлежит созданию эффективных систем наблюдения и контроля за уровнем загрязнения объектов окружающей среды, так как успех регулирования их качества тесно связан с наличием достоверной информации о состоянии этих объектов. Источником такой информации является система мониторинга окружающей среды [1].

Мониторинг окружающей среды – это система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений ее состояния под воздействием природных и антропогенных факторов.

Мониторинг окружающей среды осуществляется в целях обеспечения государственных органов, юридических лиц и граждан полной, достоверной и своевременной информацией, необходимой для управления и контроля в области охраны окружающей среды и природопользования.

Мониторинг окружающей среды включает в себя наблюдения за объектами природной среды, природными ресурсами, растительным и животным миром, природно-техническими системами и источниками техногенного загрязнения, а также оценку и прогноз изменений состояния природной среды и происходящих в ней под влияние антропогенной деятельности процессов.

С помощью набора инструментальных методов химического, физико-химического, микробиологического анализа и других видов наблюдений постоянно отслеживаются состав и техногенные загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв, а также состояние и поведение источников антропогенных воздействий.

Мероприятия по выявлению и оценке источников и уровня загрязнённости природных объектов вредными веществами и другими техногенными загрязнителями в составе мониторинга окружающей среды подразделяются на виды: *инструментальный, инструментально-*

лабораторный, индикаторный и расчетный. Измерения и анализ уровня загрязненности осуществляют арбитражными и экспрессными методами.

На современном этапе, в индустриально развитых странах быстро совершенствуется техника приборного контроля качества водной и воздушной среды. Разработаны и применяются коммутационные системы непрерывного автоматического слежения за концентрациями загрязнителей воздуха, техника автоматического экспресс-анализа стоков, телеметрические спектральные анализаторы эмиссии в устьях источников, а также разнообразные портативные индикаторные приборы. В сети Интернет появились серверы, содержащие разнообразную и постоянно обновляющуюся информацию о данных мониторинга окружающей среды в странах Западной Европы, США, Канады и Японии.

В последние годы для решения задач экологического контроля и мониторинга все шире начинает использоваться космическая техника. Получаемые с помощью систем дистанционного зондирования Земли и оптико-электронных средств высокого разрешения, данные используются для построения многослойных электронных карт различной тематической направленности. Космические средства мониторинга в сочетании с наземными системами аналитического контроля, позволяют создать мощную информационную базу для управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью на региональном, национальном и глобальном уровнях [2].

Одним из ярких примеров использования методов космического мониторинга, являются визуальные наблюдения и снимки, сделанные с борта американского космического корабля «Аполлон», которые позволили обнаружить, что значительную часть необрабатываемых сегодня земель можно использовать в полезных целях. Если осушить 30 % затопляемых земель, и распахать их, то вновь получаемые площади позволят намного превысит площадь земель, которые сейчас используются под сельскохозяйственные культуры. Для сравнения, в настоящее время человечеством используется около 30% суши под сельхозугодия (10 % – пашня; 20 % – пастбища). Сделанные фотографии, также позволили обнаружить нашествие вредителей на поля и леса, в то время как по наземным наблюдениям не удавалось его прогнозировать. Таким образом, используя наблюдения со спутников, можно более эффективно бороться против вредителей наносящих огромный урон сельскому хозяйству [3].

Наряду с приборными методами оценки загрязнения природной среды, также используются методы так называемой биологической индикации и биологического тестирования, основанные на учете живых организмов (тест-объектов), особенно чувствительных к конкретным химическим загрязнителям [4].

Биоиндикация – 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 – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов [5].

В отличие от биоиндикации, при которой организмы извлекаются из природной среды и по их состоянию оценивается степень загрязнения, в биотестировании, качество воды, почвы, атмосферного воздуха, оцениваются посредством лабораторных объектов (животных, растительных, одноклеточных), помещенных в тестируемую среду. Например, произрастающая в своей естественной среде обитания береза, является биоиндикатором, а высаженный неподалеку от той же березы цветок, предназначенный для оценки качества окружающей среды – является тест-объектом.

В качестве биоиндикаторов и тест-объектов могут быть использованы представители всех «царств» живой природы: бактерии, грибы, водоросли, лишайники, мхи, некоторые высшие растения (особенно хвойные породы деревьев) и животные (чаще беспозвоночные).

Идеальный биологический индикатор должен удовлетворять ряду требований:

- быть типичным для данных условий;
- иметь высокую численность в исследуемом экотопе;
- обитать в данном месте в течение ряда лет, что дает возможность проследить динамику загрязнения;
- находится в условиях удобных для отбора проб;
- характеризоваться положительной корреляцией между концентрацией загрязняющих веществ в организме-индикаторе и объекте исследования;
- использоваться в естественных условиях его существования [5].

Использование растений в качестве биоиндикаторов

С помощью растений можно проводить мониторинг всех природных сред. Биоиндикаторные растения используются при оценке увлажненности и засоленности почв, гранулометрического и кислотного состава, плодородия, позволяют оценивать степень минерализации грунтовых вод и степень загрязненности атмосферного воздуха газообразными соединениями, а также при выявлении степени загрязненности водоемов поллютантами.

Наибольшее распространение получил в настоящее время метод *лихеноиндикации*, основанный на учете количества лишайников в городских насаждениях, районах крупных предприятий. Установлено, что лишайники особенно чутко реагируют на загрязнение атмосферы токсическими веществами. Своими слоевищами они активно поглощают атмосферные вещества, в частности тяжелые металлы. Поэтому по количеству вредных

веществ, содержащихся в лишайниках можно судить о степени загрязненности территории.

В качестве биоиндикаторов можно также использовать широко распространенные в наших лесах виды зеленых мхов (*бриоиндикация*). Данные виды используются в настоящее время в странах Западной и Северной Европы для мониторинга содержания тяжелых металлов в бриофитах (мохообразные) и гумусовом слое экосистем сосновых лесов [3].

В таблице 1 представлены признаки повреждения некоторых растений-индикаторов под влиянием химических веществ загрязнителей атмосферы.

Таблица 1 – Признаки повреждения некоторых растений-индикаторов под влиянием химических веществ загрязнителей атмосферы

<i>Воздействующие вещества</i>	<i>Растение индикатор</i>	<i>Внешние признаки повреждения растений</i>
Сернистый газ	Сосна обыкновенная	Концы хвоинок приобретают бурый оттенок
	Ель европейская	Хвоя буреет и опадает
	Лишайники	Массовая гибель. При концентрации выше 0,3 мг/м ³ наблюдается полное отсутствие лишайников – лишайниковая пустыня
	Ясень американский	Обширное, междужилковое обесцвечивание листьев
Аммиак	Бегония, бобы, томаты	Погибают при образовании смога
	Липа сердцевидная; Граб обыкновенный	На нижней части листьев появляется глянцеvitость или серебристость; при значительных концентрациях листья становятся тускло-зелеными, затем буреют или чернеют
Фтороводород	Гладиолус	Некротическая ткань появляется на вершине листа, а затем распространяется вниз по всей ширине листа

Использование животных и насекомых в качестве биоиндикаторов

Кроме зеленых насаждений, объектами биологического мониторинга также могут быть насекомые, поскольку они легко реагируют на антропогенные воздействия, обитают повсеместно и доступны для количественного учета. Например, ученые установили, что в районе золоторудных месторождений увеличивается содержание золота в майских жуках.

Известны случаи, когда под влиянием загрязнения среды меняется цвет насекомых, например, божьих коровок. Высказана гипотеза, что потемнение божьих коровок в регионах промышленных центров – это реакция на ухудшение освещения в результате загрязнения атмосферы.

В качестве биологического теста на чистоту воды могут использоваться «золотые» рыбки, которых разводят в аквариумах. В ходе исследования, рыбок помещают в специальный аквариум с речной водой. Учув загрязнения, «золотые» рыбки начинают метаться по объему аквариума и биться о его стенки.

Наблюдения за поведением рыб и содержанием отдельных компонентов в их организме, играет большое значение для контроля состояния водоемов. Было установлено, что по мере увеличения степени загрязненности, в европейских водоемах вначале исчезает лосось, затем форель, окунь и др [3].

Существует метод определения загрязненности воды ионами тяжелых металлов по изменению двигательной активности пиявок. Обычно при помещении пиявок в опытные сосуды у них наступает спад активности, однако при попадании в воду загрязняющих веществ, их состояние меняется на динамичное – с активным движением. Для биоиндикации также применяются методы люминесцентной микроскопии, основанной на способности некоторых соединений, входящих в состав клеток водорослей светиться, например, ярко-красным светом при облучении их ультрафиолетовыми или короткими синеволновыми лучами. Так например, ярко-красное свечение характерно для жизнеспособных клеток, тусклое – для клеток с ослабленной жизнедеятельностью, оранжево-красное – для отмирающих, а голубовато-зеленое – для мертвых клеток. Используя специальные шкалы, можно определить факт наличия или отсутствия токсичных веществ в исследуемой воде, а также иногда – их концентрацию.

Хорошим биоиндикатором на содержание некоторых тяжелых металлов могут служить дождевые черви. Польские исследователи изучавшие содержание цинка, меди, свинца и кадмия в почвах и тканях дождевых червей, взятых с озелененной территории вдоль дорог с интенсивным движением в Варшаве и с озелененной территории парков, расположенных на расстоянии 200 м от дорог. При проведении исследований было выявлено, что дождевые черви имеют склонность к аккумуляции в своих тканях значительного количества меди, свинец и особенно кадмий. При этом, содержание кадмия в тканях дождевых червей во много раз выше, чем в почвах. Также установлено, что содержание тяжелых металлов в тканях дождевых червей может служить хорошим показателем загрязнения почвы [3].

Использование микроорганизмов в качестве биоиндикаторов

Микроорганизмы – наиболее быстро реагирующие на изменение окружающей среды биоиндикаторы. Их развитие и активность находятся в прямой связи с составом органических и неорганических веществ в среде, так как микроорганизмы способны разрушать соединения естественного и антропогенного происхождения. На этом основаны принципы биоиндикации с

использованием микроорганизмов. Для получения качественных результатов, необходимо иметь сведения о составе, количестве и функциональной используемых микроорганизмов.

Так например, индикаторами фекального загрязнения воды и почвы являются сульфатредуцирующие бактерии *Clostridium perfringens*, *Streptococcus faecalis* и др. К бактериям-индикаторам загрязнения среды кадмием относятся: *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* и др. Показателями загрязнения воды соединениями ртути являются: *Flavobacterium*, *Escherichia* и др.

Вывод

Очевидно, что невозможно принимать меры по охране природных объектов, не имея информации об их состоянии, о тенденциях изменения этого состояния, наконец о факторах, которые влияют на эти тенденции. Мониторинг окружающей среды, дает наиболее достоверную, научную, обоснованную информацию для принятия решений по защите окружающей среды.

При этом, в настоящее время, оценка степени экологической опасности традиционно осуществляется путем определения в окружающей среде отдельных потенциально опасных веществ или воздействий и сравнения полученных результатов с законодательно установленными для них предельно допустимыми величинами. В то же время такой способ контроля имеет ряд существенных недостатков. Аналитические методы как правило трудоемки, не всегда экспрессны, требуют дорогостоящего оборудования, иногда дефицитного оборудования и реактивов, а также высококвалифицированного обслуживающего персонала. Но главный их недостаток в том, что эти методы не могут гарантировать достоверной оценки экологической опасности, сколь бы широким не был спектр анализируемых веществ. Ведь важны не сами уровни загрязнений и воздействий, а те биологические эффекты, которые они могут вызвать и о которых не может дать информацию даже самый точный химический или физический анализ.

Применение биоиндикации и биотестирования в составе биологического мониторинга, позволит не только снизить материальные и трудовые затраты по проведению мониторинга окружающей среды, но также позволит охарактеризовать состояние окружающей среды за длительный промежуток времени и выявить реакцию живых организмов на воздействие загрязняющих веществ.

Список использованных источников

1. Т.А. Жарская, А.В. Лихачева. Мониторинг окружающей среды: лабораторный практикум. – Минск : БГТУ, 2006. – 214с.
2. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа–Человек–Техника: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 343 с.
3. Маврищев В.В. Основы экологии : учебник – 3-е изд. – Минск : Выш. шк., 2007. – 447 с.
4. Стодницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: учебное пособие для вузов – 3-е изд. –СПб: Химия, 1997. – 240 с.
5. Мелехова О.П., Егорова Е.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. –М.: Академия, 2007. – 288 с.

© Д.Л. Дубовец, 2020