

БИОИНДИКАЦИЯ И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Е.В. Рассадина, кандидат биологических наук, УлГУ

Вторая половина XX века ознаменовалась осознанием человечеством того, что необходимо создание системы слежения за состоянием и изменением природной среды на планете Земля. Впервые вопрос о Международной программе глобальных наблюдений за изменением в биосфере был рассмотрен в 1971 г. научным комитетом по проблемам окружающей среды. При подготовке к конференции ООН по охране окружающей среды (Стокгольм, 1972 год) специалистами проводилось обсуждение вопросов, связанных с созданием глобальной системы мониторинга. Под мониторингом было решено понимать систему непрерывного наблюдения, измерения и оценки состояния окружающей среды. В ходе работы конференции была выработана рекомендация по разработке и принято решение по созданию ГСМОС – глобальной системы мониторинга окружающей среды (Global Environmental Monitoring Systems – GEMS).

В дальнейшем понятие мониторинга несколько расширилось, в связи с чем его можно определить как «систему наблюдений и контроля за состоянием окружающей человека природной среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рационального использования природных ресурсов и предупреждения о критических ситуациях, вредных для существования живых организмов».

Термин «мониторинг» появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по

окружающей среде в 1972 г. Под мониторингом было решено понимать систему непрерывного наблюдения, измерения и оценки состояния окружающей среды.

Мониторинг окружающей среды – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды. Этим термином называют регулярные, выполняемые по единообразной заданной программе наблюдения природных сред, природных ресурсов, растительного и животного мира, позволяющие выделить изменения их состояния и происходящие в них процессы под влиянием антропогенной деятельности.

Экологический мониторинг – таким образом организованный мониторинг окружающей природной среды, при котором: во-первых, обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов), а также оценка состояния и функциональной целостности экосистем; во-вторых, создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

Если говорить о структуре мониторинга, то она выглядит следующим образом (таблица 1).

К целям мониторинга относятся: оценка наблюдаемых изменений и выявление эффекта

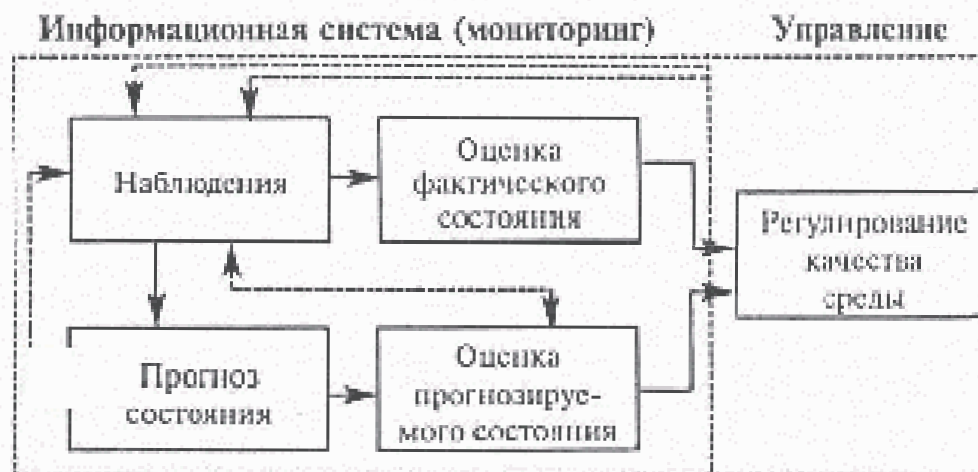


Рис.1. Блок-схема системы мониторинга

деятельности человека, прогноз предполагаемых изменений состояния окружающей среды, а также принятие решений для предотвращения отрицательных последствий деятельности человека и разработка стратегии оптимального отношения общества к окружающей среде. Задачами мониторинга окружающей среды являются: наблюдение за состоянием и изменением природной среды, а также выявление причин, вызывающих изменения последней.

В настоящее время мониторинг окружающей среды осуществляется прежде всего с целью контроля антропогенного воздействия на биосферу.

Поскольку окружающая среда включает в себя большое количество факторов, способных оказывать влияние на состояние биотической и абиотической компонент биосферы, то мониторинг состояния окружающей среды должен базироваться на следующих независимых элементах: мониторинг окружающей природной среды, мониторинг преобразованной и искусственной окружающей среды, а также мониторинг антропосферы. В свою очередь каждый из этих элементов подразделяется на некоторое число характерных для него составляющих.

Одной из компонент мониторинга окружающей природной среды является биологический мониторинг – система наблюдений, оценки и прогноза любых изменений в биоте, вызванных факторами антропогенного происхождения. Структура биологического мониторинга довольно сложна. Он строится из отдельных подпрограмм исходя из принципа, основанного на уровнях организации биологических систем. Так, генетический мониторинг соответствует субклеточному уровню организации, экологический мониторинг – популяционному и биоценологическому уров-

ням. Каждому уровню соответствует свой набор биологических переменных.

Первоочередная задача биологического мониторинга заключается в наблюдении за уровнем загрязнения биоты. Отклики или биологические последствия, связанные с воздействием загрязнений, регистрируются в рамках специальных подпрограмм. Биологический мониторинг призван расширять и углублять систему знаний и методов о наблюдении, оценке и прогнозе состояния биотической составляющей биосферы в целях создания основы для управления качеством окружающей среды. В его состав входят: разработка систем раннего оповещения, диагностика и прогнозирование. Главными этапами деятельности при разработке систем раннего оповещения являются отбор подходящих организмов и создание автоматизированных систем, способных с достаточно большой точностью выделять сигналы «отклика». Диагностика подразумевает обнаружение, идентификацию и определение концентрации загрязняющих веществ в биотической составляющей на основе широкого использования организмов-мониторов (индикаторов). Прогноз состояния биотической составляющей окружающей среды может осуществляться на основе биотестирования и экотоксикологии.

Наиболее простым примером экстремальной реакции живого на сильное воздействие вредных факторов является массовая гибель животных и растений. Если в природной среде мы наблюдаем массовую гибель насекомых, животных, рыб или растений, значит, на данной территории существует фактор, вызвавший это явление. О данном случае необходимо информировать соответствующие службы. Принять меры к его устранению.

Например, медицинская пиявка (*Hirudo*

1. Структура мониторинга окружающей среды

МОНИТОРИНГ		
НАБЛЮДЕНИЕ	ОЦЕНКА	ПРОГНОЗ
за состоянием окружающей среды и за факторами, на нее воздействующими	фактического состояния окружающей среды	состояния окружающей среды

medicinalis) является одним из индикаторов загрязнения водоемов. Ареал ее охватывает обширные области на Украине и в Белоруссии, после катастрофы на Чернобыльской АЭС в водоемах, попавших в зону радиоактивного загрязнения, в первую очередь погиб этот вид, многие другие гидробионты приспособились к изменившимся условиям среды [5].

Другим видом реакции живых организмов на менее сильное воздействие вредных факторов проявляется в их угнетенном состоянии, замедлении роста, аномалиях развития. Так, например, при попадании избытка отдельных элементов в почву, листья растений могут приобретать неестественную окраску (от бледно-желтой до красно-фиолетовой).

Наиболее чувствительны к тем или иным изменениям среды так называемые индикаторные виды. Эти виды очень чувствительны к определенным факторам и четко реагируют на их изменения, даже если остальные, менее чувствительные к данному фактору виды легко такие изменения переносят.

Биоиндикация – оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию биоты в природных условиях. Для учета изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов.

Биоиндикатор – группа особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде.

Поскольку изменения биологических систем довольно часто могут быть обусловлены антропогенными факторами, то само понятие «биоиндикация» можно сформулировать следующим образом: Биоиндикация – это обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ.

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** [3].

С помощью биоиндикаторов можно обнаруживать места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений; по ним можно проследить скорость происходящих в окружающей среде изменений; только по биоиндикаторам можно судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы. Живые биоиндикаторы имеют ряд преимуществ перед химическими методами оценки состояния окружающей среды, широко применяемыми в настоящее время:

- * они суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом,

- * в условиях хронической антропогенной нагрузки биоиндикаторы могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы,

- * исключают необходимость регистрации физических и химических параметров среды,

- * делают необязательным применение дорогостоящих и трудоемких физических и химических методов для измерения биологических параметров; живые организмы постоянно присутствуют в окружающей человека среде и реагируют на кратковременные и залповые выбросы токсиантов, которые можно не регистрировать при помощи автоматической системы контроля с периодичным отбором проб на анализы,

- * фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений,

- * указывают пути и места скоплений различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих веществ в пищу человека,

- * позволяют судить о степени вредности синтезированных человеком веществ для природы и человека и позволяют контролировать действие этих веществ,

- * помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различающиеся по своей устойчивости к антропогенному воздействию, так как одинаковый состав и объем загрязнений может привести к различным реакциям природных систем в разных географических зонах.

Наконец, биоиндикаторы вскрывают тенденции развития окружающей среды.

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 [3].

Использование живых организмов в качестве биологических индикаторов на изменение среды вызывает необходимость разработки ряда критериев, на основе которых можно подбирать индикаторные виды. По отношению к животным такими критериями могут быть: доступность в большом спектре местообитаний в течение сезона, невысокая миграционная способность, питание в загрязняемых экосистемах, высокий метаболизм, быстрое чередование генераций. Этим требованиям, а также ряду других в высокой степени удовлетворяют почвообитающие беспозвоночные, составляющие 90-99% биомассы и 95 % видового состава наземных биоценозов. Они реагируют на антропогенное воздействие более чутко и раньше, чем это можно обнаружить на основе анализов почвы и физических измерений. В сельском хозяйстве по почвенным беспозвоночным можно оценивать влияние пестицидов, минеральных удобрений, агротехники. На урбанизированных территориях они являются биоиндикаторами распространения тяжелых металлов, радионуклидов, кислых осадков, загрязнения воздуха, свидетельствуют об изменении водного режима почв при мелиорации земель. Почвообитающие беспозвоночные, подходящие для биоиндикации, имеют следующие достоинства: достаточную многочисленность во всех биотопах, ведут оседлый образ жизни, являются накопителями некоторых элементов, имеют широкий ареал распространения, методы их сбора достаточно хорошо разработаны. Очень важной особенностью этой группы животных является тот факт, что циклы развития многих из них длятся по 3-4 года и в результате даже при малых концентрациях животные получают высокую суммарную дозу загрязняющего вещества. Следует также учитывать, что почвообитающие беспозвоночные находятся в контакте с загрязняющими почву веществами практически в течение всей своей жизни.

Значение этой группы беспозвоночных как биоиндикаторов велико для биогеоэкологических, сельскохозяйственных и лесохозяйственных исследований, а также организации охраны окружающей среды. С их помощью можно выявлять малые, но уже опасные отклонения в окружаю-

щей среде. А, следовательно, своевременно принимать меры по устранению или нейтрализации действия антропогенных факторов [2].

Наряду с беспозвоночными для целей биоиндикации могут быть использованы и животные иных групп, в частности, некоторые позвоночные. Требования, предъявляемые к данной группе организмов, несколько отличаются от таковых для беспозвоночных. Это связано с рядом причин, ограничивающих биоиндикационную роль наземных позвоночных животных. В отечественной литературе предлагаются следующие критерии для позвоночных-биоиндикаторов: принадлежность к разным трофическим звеньям (поскольку степень концентрации веществ растет от автотрофов к гетеротрофам и крупным хищникам, целесообразно при индикации какого-либо загрязнения среды брать представителей разных звеньев); оседлость; широкий ареал распространения; сравнительно высокая эвритопность; принадлежность к естественным сообществам (синантропные виды часто весьма существенно отличаются по микроэлементному составу от степени загрязнения региона); простые методы добычи животных. Учитывается также и тот факт, что численность вида должна обеспечивать достаточное количество материала для химических анализов. Считается также, что число видов-индикаторов для каждого региона должно быть ограничено. В связи с этим в лесной зоне для целей биоиндикации предлагались следующие виды животных – европейский и алтайский крот, обыкновенная бурозубка, рыжая и красная полевки, бурый медведь, а также лось. Большинство исследователей не предлагается для целей аккумулятивной биоиндикации использование птиц, поскольку в большинстве своем они мигрируют либо перемещаются на большие расстояния и в разных направлениях в поисках корма, что не позволяет оценивать степень загрязнения среды с достаточно высокой надежностью.

Достаточно удобны для биоиндикации земноводные и пресмыкающиеся, хотя и им в настоящее время отведена незначительная роль. В то же время лягушки и ящерицы могут быть четким показателем содержания в почве и воде многих токсичных веществ. Например, при содержании в почве свинца в количестве 22,4 мг/кг сухого вещества, в лишайниках его было 65,2 мг, а в ящерицах 75,3 мг/кг. В теле лягушек в городе содержание свинца в 8 раз выше, чем на селе, а хрома у городских ящериц в 15 раз больше. Лучшим индикатором загрязнения среды можно считать зеленую жабу. В печени обитающей на суше жабы олова в 70 раз больше, чем у зеленых

лягушек в воде [4].

Несмотря на большое количество критериев для подбора биоиндикаторов среди животных организмов все их можно свести в две основные группы: многочисленность животных и их постоянная связь с антропогенным фактором. На основании этих требований было предложено использовать в качестве биологических индикаторов загрязнения среды мышевидных грызунов, почвенную мезофауну и почвенную микрофауну. Все эти группы животных в настоящее время довольно широко используются в экологическом нормировании радиоактивного загрязнения почв.

Следует, однако, заметить, что надежно классифицировать животных биоиндикаторов, создать их универсальную систему для всех антропогенных соединений и любых условий невозможно. Слишком по-разному они реагируют на яды, промышленные загрязнения среды и радиоактивные вещества. Однако система биоиндикации на конкретное загрязнение весьма реальна.

Биоиндикация может осуществляться на разных уровнях организации биологических систем. С повышением уровня организации возрастает и сложность системы, вследствие чего биоиндикация более низкого уровня включается в более высокие. К уровням биоиндикации можно отнести: биохимические и физиологические реакции, анатомические и морфологические, поведенческие и биоритмические отклонения, флористические и фаунистические изменения в сообществе, ценоотические и биогеоценоотические изменения, а также изменения ландшафтов.

Использование биоиндикации с целью оценки изменения среды выдвигает ряд требований, соблюдение которых весьма необходимо для получения достоверных результатов. Среди последних можно назвать следующие: относительная быстрота проведения исследований, получение достаточно точных и воспроизводимых результатов, присутствие объектов, применяемых в биоиндикации в большом количестве и с однородными свойствами, а также диапазон погрешности по сравнению с иными методами тестирования не более 20%.

Поскольку с возрастанием степени воздействия человека на окружающую природную среду биоиндикация приобрела весьма большую актуальность, еще в 1982 г. на XXI Общей ассамблее Международного союза биологических наук была выработана программа «Биоиндикаторы». Эта программа подразделила все биологические системы, которые могут быть использованы в целях

биоиндикации на шесть групп в соответствии с шестью биологическими дисциплинами.

Микробиология. Микроорганизмы быстро реагируют на загрязнение воды и почвы. Некоторые из них весьма чувствительны к определенным веществам, другие участвуют в процессах распада загрязнителей. Перемены в сообществе микроорганизмов могут быть вызваны присутствием в среде их обитания специфических токсических агентов.

Ботаника. Для обнаружения специфических загрязнений воздушного бассейна возможно применение чувствительных видов. К их числу относятся низшие растения, лишайники, грибы, многие высшие растения. Соответствующий подбор организмов позволяет обнаруживать кратковременное либо длительное воздействие загрязнителей. Индикационными свойствами помимо отдельных видов обладают и фитоценоотические характеристики растительных сообществ в целом.

Зоология. Изучение отдельных видов и их сообществ может дать много сведений о накоплении химических веществ в теле животных. Данные, полученные с помощью зоологических объектов, могут быть использованы при определении степени токсичности веществ в продуктах питания человека.

Клеточная биология и генетика. Превосходными биоиндикаторами являются клеточные и субклеточные компоненты организма, адаптированные к определенным условиям среды.

Сравнительная физиология. Многие животные при появлении новых агентов в окружающей среде изменяют свое поведение. Некоторые загрязнители нарушают нормальный ход жизненно важных обменных процессов. Химические вещества, попав в организм, могут оказывать воздействие на функционирование ряда систем.

Гидробиология. Зоны распределения или спектр видов, чувствительных к качеству воды, отражают состояние водного бассейна. Необходим лишь подбор соответствующих индикаторных видов для конкретных токсикантов [1, 3].

В последние годы в связи с быстрым развитием атомной энергетики возникла также необходимость выбора видов-индикаторов для оценки теплового и радиоактивного загрязнения среды. Из видов-гидробионтов в качестве такого биоиндикатора можно предложить медицинскую пиявку.

Литература

1. Безкоровайная И.Н. Биологическая диагностика и индикация почв / И.Н. Безкоровайная. – Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2001.
2. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв / М.С. Гиляров. – М.: Наука, 1965.
3. Климентова Е.Г. Биодиагностика и биоиндикация почв / Е.Г. Климентова, Л.М. Громов. – Ульяновск: УлГУ, 2004.
4. Криволицкий Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д.А. Криволицкий. – М.: Наука, 1994.
5. Никонов Г.И. Медицинская пиявка. Основы гирудотерапии / Г.И. Никонов. – СПб., 1998.

УДК-302

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАДКОВ В ВИДЕ СНЕГА СО СВАЛОК И ПОЛИГОНОВ ТБО НА ПРИМЕРЕ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.М.Романова, В.Н. Намазова, Ульяновская ГСХА

В начале 60-х годов нашего столетия человечество впервые стало осознавать серьезность встающих перед ним экологических проблем и хрупкость самого существования жизни на планете Земля. Реальностью стали глобальное потепление климата, возникновение озоновых дыр над полюсами, убиквитарное распространение токсикантов и загрязнение воды, воздуха, почв, продуктов питания вредными химическими веществами, вымирание многих видов растений и животных, снижение биоразнообразия в результате деятельности растущего народонаселения планеты. Загрязнение природной среды газообразными, жидкими и твердыми веществами и отходами производства, вызывающее деградацию среды обитания и наносящее ущерб здоровью населения, остается наиболее острой экологической проблемой, имеющей приоритетное социальное и экономическое значение. Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду характеризуется производством большого количества загрязняющих веществ, отходов и другими факторами, которые приводят к изменению естественных ландшафтов, загрязнению атмосферы и природных водных объектов. Непрерывное увеличение промышленного производства химических веществ и расширение их ассортимента

неизбежно влекут за собой усиление вызываемой ими экологической нагрузки. Превышение порогов надежности экологических систем под действием экстремальных факторов антропогенного происхождения может являться причиной существенных изменений условий существования и функционирования биосферы [1, 2].

В экологическом аспекте любые химические загрязнения являются чужеродным комплексом в экосистеме, и их принято подразделять на четыре класса опасности: I – чрезвычайно опасные, II – высоко опасные, III – умеренно опасные и IV – малоопасные. Сегодня, когда скорость увеличения вредного воздействия антропогенных и техногенных факторов и интенсивность их влияния уже выходит за пределы «экологического коридора» и создает прямую угрозу жизни и здоровью населения, всестороннее изучение экотоксикантов и разработка мер борьбы с их распространением и повреждающим действием являются актуальной проблемой всемирного значения. Основные агенты воздействия атмосферы на гидросферу – атмосферные осадки в виде дождя и снега. Поверхностные и подземные воды суши имеют главным образом атмосферное питание и вследствие