**Министерство образование РФ**

**МГУЛ**

**Кафедра экологии и защиты леса**

**Фитоиндикация загрязнений окружающей среды в условиях города**

МОСКВА 2010

**Содержание**

1. Введение...................................................................................2
2. Биоиндикация..........................................................................2
3. Значения морфологических изменений растений для биоиндикации..........................................................................3
4. Морфологические изменения растений, используемые для биоиндикации..........................................................................4
5. Проблема оценки морфологических изменений у растений....................................................................................7
6. Фитоиндикация загрязнения воздуха.....................................8
7. Фитоиндикация загрязнения почвы.......................................11
8. Фитоиндикация городских насаждений................................13
9. Ель – индикатор загрязнения городской среды....................15
10. Список используемой литературы....................................16

**Введение.**

Насаждения являются обязательным составляющим современной, культурной урбосреды, но испытывают на себе повышенное антропогенное воздействие. В связи с этим необходимо отслеживания состояния насаждений и окружающий среды. Методы фитоиндикации сочетают мониторинг насаждений и выявление реакции растений на различные загрязнители с отслеживанием экологической обстановки. Фитомониториг в отличие от точечных инструментальных методов позволяет оценивать влияние загрязнителей на сообщества, и давать представление о длительном воздействии загрязнителей, и прогнозировать их дальнейшее влияние. Кроме этого, существующие нормативы ПДК основываются на реакциях животных организмов, в то время как пороговые концентрации ряда растений являются более низкими. Все это позволяет утверждать, что фитомониторинг необходим для объективной оценки экологической ситуации городской среды.

**Биоиндикация.**

Биоиндикация – это оценка качества природной среды по состоянию её [биоты](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B0). Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов.

Для биоиндикации пригодны в основном два метода – пассивный и активный мониторинг. В первом случае у свободно живущих организмов исследуются видимые или незаметные повреждения или отклонения от нормы, являющиеся признаками стрессового воздействия. При активном мониторинге пытаются обнаружить те же самые воздействия на тест-организмах, находящихся в стандартизированных условиях на исследуемой территории.

Обычно результаты биоиндикации хорошо поддаются математической обработке. С помощью линейного и нелинейного дискриминантного анализа для каждого временного интервала можно выявить достаточно надежные биоиндикационные признаки, дискриминантные функции которых, например, одновременно представляют собой математическое описание систем индикации. Тем самым предоставляется возможность применения биоиндикации в системе контроля среды, основанной на ЭВМ.

**Значение морфологических изменений растений для фитоиндикации.**

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

И сейчас наиболее применяемые методы биоиндикации учитывают морфологические изменения высших растений. Основой для этого являются в первую очередь незначительные затраты труда при наблюдении и оценке наблюдаемых явлений. Измерения чаще всего могут проводиться без специальных лабораторий и обученного персонала. Для некоторых стрессовых факторов уже испытаны и иногда специально подобраны различные морфологические индикаторы, с помощью которых возможна кратко- или долговременная индикация как при низких, так и при высоких дозах воздействия. Современные исследования уделяют главное внимание стандартизации тест-материала и условий его применения.

В ряде стран морфологические индикаторы используются в национальной системе мониторинга. С помощью методов биоиндикации, основанных на морфологии растений, получена большая часть картосхем антропогенного влияния. Морфологические методы индикации находят также применение при селекции устойчивых линий лесных, плодовых и декоративных деревьев.

**Морфологические изменения растений, используемые для биоиндикации.**

***Микроскопические изменения.***

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

Хлороз (бледная окраска листьев между жилками, например, у растений на отвалах, остающихся после добычи тяжелых металлов, или сосновой хвои при слабом воздействии различных вредных газов, иногда обратимая у молодых листьев); пожелтение краев или определенных участков листьев (например, у лиственных деревьев под влиянием хлоридов); покраснение (накопление антоциана в виде пятен на листьях смородины и гортензии под действием SO ); побурение или побронзовение (у лиственных деревьев часто начальная стадия тяжелых некротических повреждений; у елей и сосен служит для дальней разведки зон дымовых повреждений); изменения окраски, при которых листья производят впечатления как бы пропитанных водой (часто – первые стадии некрозов; сходство с морозными повреждениями), а также появление серебристой окраски поверхности листьев.

Некрозы – отмирание ограниченных участков ткани – важные симптомы повреждений при индикации, иногда довольно специфичные. Следует различать:

- точечные и пятнистые некрозы (отмирание тканей листовой пластинки в виде точек и пятен; например, очень характерны серебристые пятна после воздействия озона у табака сорта Bel W3, а также у Urtica urens и Begonia semperflorens);

- межжилковые некрозы (характерные, четко отграниченные формы у лип, поврежденных поваренной солью, применяемой для таяния льда); сочетание межжилковых и краевых некрозов приводит к появлению узора типа «рыбьего скелета»;

- верхушечные некрозы (в особенности у однодольных и хвойных; характерны темно-бурые, резко отграниченные некрозы кончиков хвои у пихты и сосны после воздействия SO или белые, обесцвеченные некрозы верхушек листьев у Gladiolus «Snow Princess» под влиянием HF);

- некрозы околоплодника (например, после воздействия SO на семечковые плоды, особенно вблизи цветков).

При развитии некрозов сначала наблюдаются изменения в окраске (при действии SO чаще всего образуются грязно-зеленые, пероксиацетилнитрата – пропитанные водой, O - металлически блестящие пятна, хлоридов – хлорозы). После гибели клеток пораженные участки оседают, высыхают и могут за счет выделения дубильных вещество окрашиваться в бурый цвет (часто у деревьев) или спустя несколько дней выцветать до беловатой окраски (тюльпаны, лук, гладиолусы, зерновые культуры и другие однодольные).

Некротические пятна часто имеют темные края, особенно у двудольных. Позднее в месте некроза могут появиться разрывы (главным образом на нежных сочных листьях – у салата, корнеплодов), сходные с погрызами или повреждениями градом. Некрозы могут также поражать целую почку (при радиоактивном облучении). Количественная оценка некрозов чаще всего происходит путем определения процентной доли поврежденной листовой поверхности, для чего могут быть использованы вспомогательные таблицы. Возможно также планиметрирование или бонитировка по пятиступенчатой шкале.

Преждевременное увядание происходит, например, под действием этилена в теплицах. Цветки гвоздики при этом не раскрываются, а лепестки орхидей увядают; при воздействии SO обратимо вянут листья малины.

Опадение листвы (дефолиация) в большинстве случаев наблюдается после появления некрозов или хлорозов. Примерами служат уменьшение продолжительности жизни хвои, ее осыпание у ели, сбрасывание двухиглых укороченных побегов у сосны, преждевременное опадение листвы у лип и конских каштанов под влиянием соли, применяемой для таяния льда, или у крыжовника и смородины под действием SO .

Дефолиация приводит к сокращению ассимилирующей площади, а следовательно, к сокращению прироста, а иногда к растормаживанию почек и преждевременному образованию новых побегов. У хвойных пород легко можно определить возраст хвои, так как прирост побегов у них идет строго ритмично. Чаще всего при этом оценивается процент сохранившейся хвои на участке побега, соответствующем данному годичному приросту. Продолжительность жизни листьев у летнезеленых растений нужно определять путем мечения и более частого наблюдения.

Изменения размеров органов по большей части неспецифичны. Так, в окрестностях предприятий , производящих удобрения, у сосен хвоя удлиняется под действием нитрата и укорачивается под действием SO ; у ягодных кустарников дым вызывает уменьшение размеров листьев. С другой стороны, ненормально крупные листья пневой поросли на отмирающих деревьях наблюдаются, например, при повреждении HCl.

Изменения формы, количества и положения органов. Аномальная конфигурация листьев отмечена, например, у лиственных деревьев после радиоактивного облучения; в результате локальных некрозов возникает уродливая деформация, перетягивание, вздувание или искривление листовой пластинки, фасциация или искривление побегов, сращение или расщепление отдельных органов, увеличение или уменьшение в числе частей цветка, смена пола и другие аномалии развития под действием гормональных гербицидов или радиоактивного облучения.

Изменение направления, формы роста и ветвления. Примерами являются изменение направления роста корней у одуванчика при изменении уровня грунтовых вод, образование стелящихся побегов и ветвление у Dicranum polysetum, кустовидная и подушечная форма роста деревьев, например лип, при устойчивом сильном загрязнении атмосферы HCl или

SO , изреживание кроны и изменение бонитета ствола у поврежденных дымом хвойных пород.

Ползучие главные оси побегов, тесно расположенные узкие листья, малая высота растений и хорошая запасающая способность, как правило, наблюдаются у растений на территориях с высокой концентрацией газообразных выбросов.

Изменения прироста по большей части неспецифичны, однако широко применяются для индикации, так как являются более чувствительным параметром, чем некрозы, и позволяют непосредственно определять снижение продуктивности используемых человеком растений. Измеряют главным образом изменение радиального прироста древесных стволов, прироста в длину побегов и листьев, длины корней.

Изменения плодовитости при действии антропогенных стрессоров наблюдаются у многих растений. В качестве примера можно назвать уменьшение продуктивности у черники в загрязненной газообразными выбросами атмосфере.

***Микроскопические изменения.***

Изменение размеров клетки. Примерами служат увеличение клеток смоляных ходов у сосен, поврежденных SO , уменьшение клеток эпидермиса листьев как реакция на газообразное загрязнение.

Изменения субклеточных структур, например блокирование плазмодесм, расширение цистерн эндоплазматического ретикулума, отложение под действием Zn сферического электроноплотного вещества в различных мембранах фасоли в гидропонной культуре, набухание тилакоидов у различных растений, обработанных SO , образование кристаллических включений в хлоропластах фасоли при воздействии газообразного хлора, грануляция плазмы и разрушение хлоропластов у деревьев, поврежденных SO и CL .

Плазмолиз. Отслаивание плазмы от клеточной стенки как следствие действия кислоты и SO . Еловая хвоя в областях, свободных от выхлопных газов, дает выпуклый плазмолиз (исключительно зимой), а хвоя в условиях загрязненного городского воздуха в течение всего года обнаруживает вогнутый плазмолиз.

Изменения степени ксероморфизма листьев как следствие газообразных выбросов и форма приспособления к ним выражаются в увеличении числа устьиц, толщины кутикулы, густоты опушения, толщины листа и степени суккулентности (отношения сырой вес: сухой вес).

Изменение структуры древесины: например, снижение качества сосновой древесины в результате незначительного ее образования летом и выпадения годичных колец при воздействии SO . Исчезновение годичных колец у мягкодревесинных пород под влиянием поваренной соли, применяемой для таяния льда, слабое одревеснение корней злаков при обработке гербицидами.

**Проблема оценки морфологических изменений у растений.**

При определении морфологических изменений желательно иметь некоторый опыт, чтобы не путать симптомы повреждений и уметь правильно оценивать воздействие климата, почвы, стадии развития и времени года. Некоторые естественные факторы могут вызвать симптомы, сходные с антропогенными нарушениями. Поэтому при работе с биоиндикаторами необходимо считаться с возможностью присутствия вредителей, а также учитывать предыдущие погодные условия. Воздействие климатических и эдафических факторов на устойчивость или на картину повреждения до сих пор почти не изучено. Имеются данные, что симптомы повреждения SO у ели и сосны ослабляются в результате применения удобрений. Влажность воздуха и освещенность влияют решающим образом на формирование некрозов при газовом загрязнении. При высокой влажности воздуха и почвы растения становятся особенно восприимчивыми; зимой явное снижение устойчивости вызывается повышением температуры. Пока еще слишком мало известно и о роли постоянно наблюдаемых кратковременных колебаний уровня атмосферного загрязнения. В большинстве случаев его воздействие усиливается пропорционально росту концентрации.

При 12-часовом воздействии 3 мг м SO у редиса повреждается только 2% поверхности листьев, а при трехчасовом воздействии 12 мг м SO - 77%.

Внутренние факторы тоже затрудняют оценку изменений у растений. Наблюдается различная чувствительность.

- на различных возрастных стадиях. При воздействии SO на стадии семядолей и после образования корнеплода у редиса повреждается свыше 85% листьев, а на стадии двух первых листьев – всего лишь 12%; зерновые, напротив, оказались наиболее восприимчивыми на стадии трех листьев;

- у органов различного возраста. Хвоя сосны особенно сильно поражается SO на первом году жизни, затем устьица закрываются. В случае гладиолусов при воздействии HF наименьшее некротическое поражение наблюдается у наиболее молодых и старых листьев;

- в различное время дня и года (в зависимости от интенсивности обмена веществ, особенно ассимиляции при действии SO и роста при повреждении O ). К выбросам, содержащим SO , листья, как правило, примерно вчетверо более устойчивы ночью, чем днем; хвоя весной и летом значительно восприимчивее, чем осенью и зимой;

- у различных особей генетически неоднородных популяций. Здесь достоверность результатов обеспечивается применением обычных статистических методов (t-тест, u-тест, установление минимального размера выборки). Однако в результате быстрой эволюции может произойти адаптация к стрессору и индикаторы станут давать неверные данные.

- при различной предрасположенности. Еловая хвоя, предварительно подвергшаяся воздействию городского воздуха, значительно чувствительнее к SO , чем находившаяся в чистом воздухе. Возможна и физиологическая приспособленность к стрессору. Случайную предрасположенность нельзя исключить даже при генетически однородном растительном материале и одинаковых условиях культивирования. Поэтому при активном мониторинге для каждой контрольной площади необходимо несколько тест-растений.

Многообразие этих влияний показывает, что получить точные количественные данные о динамике и величине стрессовых воздействий на основе морфологических изменений, как правило, невозможно, зато довольно точно могут быть оценены биологические последствия, например масштабы потерь урожая.

**Фитоиндикация загрязнения воздуха.**

Чистый воздух как существенная предпосылка для нормального развития организмов содержит ряд веществ, которые повсюду на Земле представлены в равных объемных долях.

Присутствующие только в виде следов газы либо попадают из более высоких слоев атмосферы, либо являются результатом разложения и гниения отмерших организмов. Они могут возникать и вследствие погодных влияний. Поэтому изменения состава воздуха, отмечаемые на больших пространствах, не всегда вызваны действиями человека, они могут быть результатом биологических процессов в местах, не затронутых антропогенным влиянием. Так, например, над огромными площадями, занятыми хвойными лесами, происходит скопление терпенов и изопренов, над болотами скапливается

СН , над очагами гнилостных процессов – H S и NH , над морями и океанами – амины, СО, галогениды, N O, NH , сульфаты и нитраты. Вулканы выбрасывают весьма существенные количества SO , H , CO и H S. То же можно сказать о пыли и аэрозолях, состоящих из спор, пыльцы, органических и минеральных частиц, поднимаемых пыльными или песчаными бурями, а также поставляемых выбросами вулканического происхождения. Наконец, следует напомнить о саже и пепле от крупных пожаров. Все это присутствует в чистом воздухе в виде его непостоянных составляющих, появившихся без вмешательства человека.

Так что провести четкую грань между антропогенным и природным загрязнением воздуха не представляется возможным. И тем не менее остается непреложным тот факт, что загрязнение атмосферы веществами, которые до индустриализации вовсе отсутствовали или имелись в весьма незначительных количествах, за последние десятилетия приняло угрожающие размеры.

Антропогенное загрязнение воздуха отмечалось еще в средние века: уже тогда использование в качестве топлива каменного угля приводило к образованию вредных газов. В результате расширения и концентрации промышленных объектов и жилищных комплесков, а также с развитием транспорта во всех современных промышленно развитых странах загрязнение воздуха достигло таких масштабов, которые требуют принятия мер противодействия загрязнению и контроля за состоянием воздуха.

Загрязнение воздуха имеет место, когда одно или несколько загрязняющих воздух веществ или их смеси содержатся в воздухе в таких количествах и так длительно, что создают опасность для человека, животных, растений или имущества, способствуют нанесению ущерба или тем или иным образом отрицательно сказываются на самочувствии человека и состоянии его имущества. Для некоторых из этих веществ установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) кратковременного (до 30 мин) и долговременного загрязнения (24 ч). Набор следовых веществ, загрязняющих воздух, очень широк. Следует назвать в первую очередь:

- газообразные неорганические вещества, такие, как SO , H S, NO , Cl , CO, SiF ;

- минеральные кислоты, такие, как HCl, HF, H SO , HNO ;

- радионуклиды, например стронцый-90, цезий-137, иод-129,

плутоний-240, радий 226, америций-241;

- простые органические вещества: альдегиды, эфиры, углеводороды, кетоны, фенолы, крезолы и т.д.;

- вещества с сильным запахом, например меркаптаны и амины;

- полициклические углеводороды, например 3,4-бензпирен и 1,12-бензперилен;

- пылевидные вещества и смеси веществ: сажа, летучая зола, угольная пыль, цементная пыль, токсичная пыль, обогащенная оксидами металлов, свинцом, мышьяком.

Таблица 1. Важнейшие газообразные загрязнители воздуха

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Источник загрязнения | Особенности, ПДК, мг м |
| Двуокись серы (SO ) | Электростанции и домашние топки (бурый, каменный уголь, мазут); Химические предприятия, металлургические заводы, заводы сульфитной целлюлозы, коксовые заводы | Дыхательный и ассимиляционный яд (радиус действия до 30 км)  ПДК = 0,50 ПДК = 0,05 |
| Фтористый водород  (HF)  Тетрафторид кремния (SiF ) | Предприятия фтористых химикатов, заводы фосфорных удобрений, алюминиевые заводы, цеха травления стекла, глазуровальные фабрики, кирпичные заводы, керамическая промышленность, потребители угля. | Токсичен уже в малых дозах (радиус действия около 1-5 км). Склонен к образованию аэрозолей  ПДК = 0,02 ПДК = 0,005 |
| Серный ангидрид (SO ) | Заводы серной кислоты, отопление нефтепродуктами | Разъедающее действие. Действует на близких расстояниях в сочетании с SO |
| Хлористый водород (HCl)  Хлор (Cl ) | Электролиз с выделением хлора, оцинкование, калийная промышленность, сжигание отходов полихлорвинила, бурого угля с повышенным содержанием солей | Большей частью действуют на близком расстоянии  HCl: - ПДК = 0,05,  ПДК = 0,015  Cl: ПДК = 0,10,  ПДК = 0,03 |
| Соединения свинца (Pb) | Выхлопные газы, химическая промышленность | Нагрузка на организм в районах городских агломераций, вблизи оживленных транспортных магистралей, химических заводов  Pb: ПДК = 0,0007  СО: ПДК = 3,0,  ПДК = 1,0  NO : ПДК = 0,10,  ПДК = 0,04 |
| Сероводород  (H S) | Производство светильного газа, сульфатной целлюлозы, вискозы; коксовые, нефтеперегонные заводы | Клеточный и ферментный яд  ПДК = 0,015  ПДК = 0,008 |
| Аммиак (NH ) | Комбинаты промышленного откорма животных, навозная жижа, производство азотных удобрений | Ущерб на близком расстоянии, комбинированное действие с SO  ПДК = 0,3, ПДК = 0,1 |
| Фотоокислители (О , пероксиацетил-нитрат) | В особых метеоусловиях образуются из выхлопных газов в нижних слоях воздуха | В областях с интенсивным транспортным движением и сильной солнечной радиацией |

От загрязнения воздуха страдают животные, растения и сами люди. Следует иметь в виду, что человек и животное адаптированы к содержанию в воздухе примерно 21% (по объему) кислорода, в то время как растения с их ассимиляционным аппаратом приспособлены к значительно более низким концентрациям в атмосфере углекислого газа – порядка 0,03 (по объему), и потому более чувствительны к концентрациям вредных веществ в воздухе. По этой причине растения особенно пригодны для обнаружения начальных вредных изменений в составе воздуха биосферы и им придается особое значение как биоиндикаторам атмосферного загрязнения.

Для того чтобы выявить действие загрязнителей на живые организмы, можно пользоваться как активным, так и пассивным мониторингом.

При активном мониторинге оправдал себя метод организмов-уловителей. Для этой цели в тест-камеры помещают особо чувствительные к загрязнениям воздуха растения. В контрольной и экспериментальной камерах в течение определенного экспериментального периода поддерживаются стандартизированные условия. В то время как в контрольном варианте происходит постоянная фильтрация вредных веществ, в экспериментальную камеру поступает неотфильтрованный воздух. Циркуляция воздуха обеспечивается работой насоса.

Для активного мониторинга рекомендуется целый ряд растений, часть которых представлена в таблице 2, где указаны индикаторы как специфических, так и комплексных воздействий атмосферного загрязнения.

При пассивном мониторинге для изучения последствий загрязнения используются индикаторные свойства свободно живущих организмов исследуемой области.

Таблица 2. Биоиндикаторы вредных веществ в воздухе при активном мониторинге.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Компоненты загрязнений | Биоиндикаторы | Симптомы |
| Фтористый водород (HF) | Тюльпан, гладиолус, касатик, петрушка кудрявая | Некрозы верхушек и краев листьев. Накопление втора в сухом веществе |
| Озон (О ) | Табак, шпинат, соя | Некротические пятна на верхней стороне листа, некрозы верхней стороны листьев |
| Пероксиацетилнитрат | Краписа жгучая, мятлик однолетний | Полосчатые некрозы на нижней стороне листьев, полосчатые некрозы листьев |
| Двуокись серы (SO ) | Люцерна, гречиха, подорожник большой, горох, клевер инкарнатный | Межжилковые некрозы и хлорозы |
| Двуокись азота | Шпинат, махорка, сельдерей | Межжилковые некрозы |
| Хлор (Cl ) | Шпинат, фасоль, салат | Побледнение листьев, деформация хлоропластов |
| Этилен (С Н ) | Петуния, салат, томат | Отмирание цветочных почек, мелкие цветы у петунии, закручивание листьев, повышение пероксидазной активности |
| Фторид-ион, ионы металлов (Pb, Zn, Cd, Mn, Cu) | Райграс многоцветковый, полевица ползучая и полевица тонкая  Конский каштан | Накопление в сухом веществе |
| Сочетание вредных веществ в воздухе (SO , HCl, NO , HF) | Пихта, ель, сосна | Снижение содержания хлорофиллов a и b, уменьшение возраста игл и задержка роста |

**Фитоиндикация загрязнения почвы.**

Загрязнение почвы проявляется в основном в двух формах:

- физическое изменение связано с различными, прежде всего механически действующими, агентами, способными, особенно если они влияют на ризосферу, привести к существенным нагрузкам на соответствующие экосистемы. Они могут быть связаны с химическими изменениями или часто приводят к таким изменениям;

- химическое загрязнение вызвано веществами, действующими в виде газов, растворов или твердых тел и не вызывающими при этом, по крайней мере в начальной стадии, изменений физического характера.

**Физическое изменение почвы.**

Причинами физических нагрузок на почву являются:

а) прямые механические воздействия:

- повышенное давление на поверхность почвы (транспорт, вытаптывание).

б) процессы, связанные с перемещением почвы (водная, ветровая эрозия, эоловые отложения, особенно вследствие промышленных выбросов).

Наблюдаемое уплотнение почвы определяется пенетрометрически. Параллельно в лаборатории и в поле можно провести исследования важных экологических параметров (прорастание, рост побегов и корней, продуктивность).

Подорожники демонстрируют, например, видоспецифичные различия к уплотнению почвы. В результате представляется возможным путем оценки популяционно-экологических параметров названных видов использовать полученные данные для биоиндикации. Действие на фитоценозы можно проследить, анализируя описания растительности или с помощью длительных наблюдений на экспериментальных квадратах.

**Химическое загрязнение почвы.**

Исходя из агрегатного состояния и способа действия загрязнителей, упрощенно их можно подразделить на следующие группы:

- газы (особенно серосодержащие промышленные выбросы, галогениды и окислы азота);

- пыль (зола, известковая пыль, частицы, содержащие тяжелые металлы, особенно промышленные выбросы);

- соли (переносимые воздухом и водой, особенно при посыпании зимой улиц для удаления льда или при добыче и переработке соли);

- агрохимикаты (средства защиты растений, удобрения);

- органические газы и жидкости (прежде всего продукты ископаемых видов топлива);

- радиоактивные осадки (главным образом при загрязнении ими воздуха).

Изменение химических параметров почвы отражается спустя короткий или длительный период на росте и продуктивности отдельных видов, их популяций или приводит к более или менее сильным нарушениям структуры фитоценозов и даже к развитию сукцессий.

По причине физико-химической специфики отдельных почв при одинаковой интенсивности и продолжительности действия химического стрессора степень и форма возникающего химического загрязнения может быть различной. Для биоиндикации это важно, поскольку между химической обстановкой и ее влиянием на биоценоз не обязательно существует линейная зависимость. Решающее значение для действий на биологическом уровне имеет по этой причине соотношение интенсивности стрессора и специфической реакции буферной системы почвы.

**Фитоиндикация городских насаждений.**

Фитомониторинг строится на основе ответных реакций растений на весь комплекс условий местообитания, несводимый непосредственно на влияние техногенного загрязнения. Выявление влияния техногенных условий, производится путем сравнения исследуемых городских сообществ с природными аналогами или внесением растений в загрязненную область. В случае наличия в сообществе видов-интродуцентов, необходимо учитывать уровень отклонения условий в данном климате от оптимума. Так как, ответные реакции на загрязнение наблюдается у всех растений, то необходимо выделить наиболее удобные для индикации виды и признаки. Применение методов фитоиндикации, по сравнению с инструментальными методами имеет ряд недостатков, в частности, в быстро меняющихся условиях - присутствует некоторая необъективность, и отклонение результатов особенно в годы с экстремальными условиями. Ощутимым минусом является, то, что при использовании для анализа урбосреды, нужно следить за всеми компонентами системы, и любое их изменение может привести к сбою системы анализа

При создании системы фитомониторинга нужно использовать ряд принципов позволяющих получать наиболее объективную информацию:

- Определение генезиса существующих насаждений.

- Составление перечня видов городских насаждений.

- Учет различных абиотических факторов, формирование по ним бальных шкал, для систематизации существующих насаждений и выделение групп (например, в пределах одного балла) по которым необходимо вести отдельный учет для выявления влияния фактора загрязнения.

- Модельные площадки для сбора информации располагать в соответствии с размещением объектов озеленения и пунктами аналитического контроля за состоянием окружающей среды. Они должны располагаться в различных функциональных зонах города и пригородных насаждениях.

- При анализе данных, учитывать весь комплекс условий местообитания.

- На основе данных, исследований, должны быть выделены наиболее значимые виды-биоиндикаторы, по реакциям: количественным либо качественным, на загрязнители.

- При анализе полученных данных, учитывать особенности вегетационного периода.

- Сбор данных осуществлять в одном вегетационном периоде, как для отдельного вида, так и при анализе сообщества в целом.

- При использовании методов разработанных на других территориях необходима, их предварительная апробация.

Все методы фитоиндикации, можно разделить на две группы:

1. Выявление наиболее устойчивых к токсикантам видов.
2. Подбор наиболее чувствительных растений к действию токсикантов и определение степени загрязнения атмосферу по ответным реакциям конкретных видов.

Распространенным методом фитоиндикации является лихеноиндекация. Лишайники используются на основе их высокой чувствительности к загрязнителям, широко известен тот факт, что в загрязненных территориях лишайники отсутствуют. Это связано с тем, что лишайники в отличие от растений поглощают вещества всем талломом без предварительной фильтрации воды почвой. Конкретным методом оценки концентрации диоксида серы в окружающей среде является реакция лишайников. При его концентрации выше 0,3 мг/м3 наблюдается полное отсутствие лишайников - лишайниковая пустыня. При уровне в 0,05 мг/м3 - 0,20 мг/м3 присутствуют ксанории, фисулы, анатихии, леканоры. Богатство лишайниковой флоры свидетельствует о концентрации не более 0,05мг/м3. Наиболее чувствительным к диоксиду серы является эпифитный лишайник Hypogymnia physodes, при концентрации 0,23мг/м3, его полное отмирание происходит в течении двадцати девяти суток, а при 0,08 мг/м3 некроз 60% таллома. Индикаторами на диоксид азота, являются лишайники, как эпифитные, так и эпигейные содержащие азотофиксирующие сине-зеленые водоросли, но механизмы определения по ним существенно отличаются. Так при увеличении концентрации диоксида азота его концентрация в эпифитных лишайниках увеличивается, что связано с его поглощением из воздуха и из осадков, а талломе эпигейных способных к азотофиксации, его общая концентрация уменьшается, как предполагается, это связано с нарушением азотистого обмена. Сходный эффект, так же вызывает диоксид серы.

Анализом мхов методом масс-спектрометрии можно выявить загрязнение тяжелыми металлами, мхи проявляют наибольшую способность к их накоплению.

Удобными объектами для изучения влияния условий обитания являются виды хвойных. Хвойные рассматриваются в связи с возможностью круглогодичных наблюдений. При исследовании хвойных для биоиндикации используют разнообразные параметры (опадаемость хвои, ее пигментация, количество воска кутикулы, содержание фенолов, интенсивность фотосинтеза). Анализируется окраска хвои (нарушение пигментации), количество воска, содержание фенольных соединений. При превышении предела выносливости листьев, по содержанию диоксида серы, происходит их опадание. Соединения фтора дают специфическую реакцию хвои, побеление листовой пластинки у основания, и последующее потемнение, связанное с некрозом, уменьшается площадь листьев у хвойных и лиственных.

Самым уязвимым процессом в организме растения, является фотосинтез. Наличие загрязнителей вызывает его нарушения. В приделах малых концентраций токсиканта изменения можно обнаружить по снижению активности фотосинтеза. Нарушения происходят также во многих биохимических процессах. О них можно судить по показателям водного режима, количественному составу пигментного аппарата, активности ферментов, состоянию антиоксидантной системы, накоплению фенольных соединений, свободных аминокислот, пролина. Показатели асимметричности листовой пластинки, как критерии нарушения стабильности развития органов растений, связанного с действием поллютанта. Уровень транспортного загрязнения атмосферы влияет на такие морфометрические показатели состояния деревьев как высота, средние размеры листовых пластинок, количественный показатель ажурности кроны. Доля жизнеспособной, дефектной пыльцы, показатели метаболизма пыльцевых зерен, являются точным показателем за счет уязвимости мейоза. Морфологические, физиолого-биохимические показатели плодов и семян, онтогенез. Так же могут использоваться специфические параметры: радиальный прирост у древесных растений и микоризация.

Чувствительно к соединениям фтора относятся гладиолусы. Тяжелые металлы можно выявить по показателям листьев Avicennia marina (Forsk.) Vierh, в частности по пероксидазной активности, и по соотношению хлорофилла a и b.

Таким образом, описанные объекты и методы пригодны для объективной оценки урбанизированной среды. Направленность изучения реакции растений на загрязнение, позволяет более наглядно видеть его последствия. Изучение урбосообществ, дает возможность, наметить общие пути их стабилизации, и возможной замены видов при увеличении антропогенной нагрузки. Фитоиндикацию следует рассматривать, как важное дополнение инструментальных методов, позволяющих оценить перспективу и весь комплекс воздействия техногенеза на окружающую среду.

**Ель – индикатор загрязнения городской среды.**

Некоторые газообразные загрязняющие вещества, особенно оксиды серы и азота, попадая в поры хвои, наносят прямой ущерб. Они способствуют снижению интенсивности фотосинтеза и роста растений, что проявляется в сокращении продолжительности пребывания хвои на побеге, ее изреженности и пожелтения. Такие изменения видны визуально. Кроме того, поллютанты разрушают восковые оболочки хвои, что наряду с облегчением попадания внутрь патогенных микроорганизмов и ухудшения механической регуляции, обуславливают избыточную потерю воды. Согласно опытным данным, как изреживание и пожелтение хвои, так и уменьшение ее влажности отмечается в еловых насаждениях с нарастанием загрязнения атмосферы территории. Загрязняющие вещества являются так же причиной поражения почвенной микрофлоры, вымывания важных питательных веществ и насыщения алюминием. С увеличением его содержания ухудшается функциональность тонких корневых волосков, вследствие чего снижается всасывание воды и питательных компонентов из почвы. Еще более информационным может служить изменчивость содержания и состава метаболитов ассимиляционного аппарата. Весьма чувствительными индикаторами системы “среда- растительный организм” являются терпеноиды.

**Список используемой литературы:**

1. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем под редакцией Р. Шуберта.
2. Биологические методы оценки природной среды под редакцией доктора биол. наук Н.Н. Смирнова.
3. Статья Оплеухина А.А. «Методы фитоиндикации городских насаждений».
4. <http://improvement-environment.ru>. Рубрика: окружающая среда городов и растительность.
5. И.Г. Семенкова, Э.С. Соколова «Фитопатология».