

## Оглавление

Введение .....	2
История развития методов биоиндикации.....	4
Биоиндикация как метод определения загрязненности окружающей среды.....	6
Оценка качества среды с использованием метода флуктуирующей асимметрии.....	9
Объект исследования.....	13
Результаты исследований.....	18
Заключение .....	20
Приложение .....	21
Список литературы .....	23

## Введение

По состоянию видов-эдификаторов природного сообщества, от которых зависит его дальнейшее существование определяется устойчивость экосистемы. Такими объектами для оценки состояния городских и поселковых экосистем являются древесные растения. Наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы выбирают в качестве биоиндикаторов.

По степени развития отдельных органов и структур, интенсивности протекания основных процессов, их жизненному состоянию можно судить о соответствии условий среды потребностям живых организмов. Большое внимание при диагностике состояния древесных растений уделяется ассимиляционным органам, и в частности листам и хвое, поскольку они определяют рост и развитие всех других структур растительного организма.

Метод мониторинга окружающей среды, основанный на исследовании воздействия изменяющихся экологических факторов на различные характеристики биологических объектов и систем, дает представление о закономерностях и механизмах формирования реакции биологических систем на совместное действие факторов разной природы, биоиндикационные показатели ясно отражают картину состояния самих растительных организмов. Организм в нормальных условиях реагирует на воздействие среды посредством сложной физиологической системы буферных гомеостатических механизмов, поддерживающих оптимальное протекание процессов развития. Эти механизмы, под воздействием неблагоприятных условий, могут быть нарушены, что приводит к изменению развития. базовые изменения функционирования живых существ отражают изменение гомеостаза развития и находят выражение в процессах, протекающих на разных уровнях, от организменного до молекулярного, и соответственно, могут быть оценены с использованием различных методов по разным параметрам. Прежде всего, уровень гомеостаза развития может быть оценен с морфологической точки зрения [6]. Метод флуктуирующей асимметрии применяется для этой цели. Небольшие ненаправленные (случайные) отклонения от двусторонней симметрии у организмов или их частей (например, листьев березы) называют флуктуирующей асимметрией. Как индикатор состояния среды, степени антропогенного загрязнения величину флуктуирующей асимметрии используют у разных видов организмов.

**Актуальность** данной работы обусловлена тем, что исследований в этой области в районе проводилось недостаточно. За состоянием атмосферного воздуха в поселке недостаточный контроль, а работники лесного хозяйства при оценке состояния леса ограничиваются визуальным осмотром. Качество здоровья среды позволит определить вышеуказанная методика путем

изучения асимметрии листьев березы повислой. В результате работы будут выявлены оптимальные районы и районы, на которые необходимо обратить внимание общественности и администрации сельского поселения, для проведения независимой экспертизы с целью установления решающих факторов, влияющих на здоровье среды, и дальнейшего их устранения.

В связи с этим, **цель** исследования – в оценке экологического состояния поселка применить методы флуктуирующей асимметрии по листовой пластинке березы повислой (*Betula pendula* Roth.).

После постановки цели были определены **задачи**, необходимые для её решения:

1. Знакомство с морфологическим описанием березы повислой (*Betula pendula*);
2. Выбор различных мест произрастания березы повислой в п. Мисцево и проведение практической работы по сбору материала (берёзовых листьев).
3. Измерение флуктуирующей асимметрии берёзовых листьев (по пяти признакам).
4. Статистическая обработка результатов измерений.
5. Интерпретация результатов исследования.

**Предмет** исследования – экологическое состояние поселка Мисцево по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.).

**Объект** исследования: листовая пластинка березы повислой (*Betula pendula* Roth.).

**Новизна** работы в том, что, полученные в ходе практического исследования результаты и выводы дают определенную характеристику состоянию среды поселка Мисцево и возможность для ее дальнейшего изучения, данная тема исследована мало.

**Практическая значимость** работы в том, что проведена апробация методики оценки величины флуктуирующей асимметрии по характеризующим общие морфологические особенности листа признакам, путем промеров листа у растений с билатерально симметричными листьями в природно-экологических условиях поселка Мисцево на основании проведенных исследований разработаны практические рекомендации.

## История развития методов биоиндикации

Биоиндикация и биотестирование – две основные группы методов биологического контроля окружающей среды. Присутствие в окружающей среде того или иного загрязнителя определяется методами биоиндикации и биотестирования по наличию или состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки, т.е. обнаружением и определением биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. Применение биологических методов для оценки среды подразумевает, таким образом, выделение видов животных или растений, чутко реагирующих на тот или иной тип воздействия. В определенных условиях методом биоиндикации с использованием подходящих индикаторных организмов может осуществляться количественная и качественная оценка (без определения степени загрязнения) эффекта естественного и антропогенного влияния на окружающую среду.

Своими корнями использование живых организмов в качестве чувствительных к загрязнению окружающей среды уходит в древние века. Еще античные ученые сделали первые наблюдения: именно они обратили внимание на связь условий произрастания растений с их обликом. Широко известную работу «Природа растений», написал Теофраст, живший в 327 – 287 гг. до н. э., в ней содержится немало советов о том, как судить о свойствах земель по характеру растительности. В трудах римлян Плиния Старшего и Катона можно встретить аналогичные сведения.

Еще в I в. до н. э. Колумелла сформулировал идею биоиндикации с помощью растений: «Рачительному хозяину подобает по листве деревьев, по травам или по уже поспевшим плодам иметь возможность здраво судить о свойствах почвы и знать, что может хорошо на ней расти». Получив название ландшафтной биоиндикации, это направление, ныне, успешно используется в практических целях.

В России в XV и XVI вв., уже упоминались такие понятия, как «лес непашенный» и «лес пашенный», т.е. участки леса непригодные и пригодные для сведения под пашню.

А. П. Карпинского в нашей стране бесспорно считают основоположником оценки свойств почв и подстилающих горных пород по составу растительного покрова и особенностям развития растений, биоиндикационного использования растений. А.П.Карпинский писал о возможности растительной биоиндикации, и использовал характер распространения растений для составления геологических карт. Например, при поисках различных полезных ископаемых служат индикаторные растения и почвенные микроорганизмы. Также упоминания о растениях указателях горных пород, подземных вод, особенностей почв есть в трудах А. Н. Радищева и М. В. Ломоносова.

По словам Кашина, Иванова (1980), «растения являются высокоинформативным

индикатором уровня доступных форм химических элементов в окружающей среде и основным источником их для человека и животных. В связи с этим они представляют большой интерес в качестве эффективных объектов при экологическом мониторинге загрязнения окружающей среды ...» [3]. У.Д. Мэнинг и У.А. Федер (1985) определяют растение-индикатор как «растение, у которого признаки повреждения появляются при воздействии на него фитотоксичной концентрации одного загрязняющего вещества или смеси таких веществ. Индикаторными могут быть так же те растения, которые аккумулируют в тканях загрязняющие вещества или продукты метаболизма, получаемые в результате взаимодействия растения и загрязняющего вещества. Не может недооцениваться роль растений, как объектов генетических исследований, поскольку лишь благодаря им были установлены основные положения и принципы генетики и цитогенетики.

Ну а русский ученый-почвовед В. В. Докучаев внес самый большой вклад в развитие биоиндикации. Определить типы почв и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности человека можно по комплексам почвенных животных [6].

В XIX в., когда быстрыми темпами стали осваивать окраины нашей страны началось самое быстрое освоение биоиндикации. Сейчас целесообразно говорить и о степени влияния фактора на природный комплекс, а не только о его наличии или отсутствии фактора. Степень влияния на окружающую среду различна. Это позволяет ввести шкалу воздействий (например, сильное – слабое – нет воздействия). Это шкала экологического фактора позволяет более верно оценивать исследуемую территорию. В таком случае следует говорить о методе количественной оценки степени воздействия экологического фактора на окружающую природную среду. При помощи биоиндикации определяют интенсивность различных химических (рН, содержание солей и др.) и физических факторов (радиоактивность), а также устанавливают содержание в субстрате витаминов, гормонов, антибиотиков и др. биологически активных веществ. И так, по составу флоры и фауны вод, численному составу их отдельных представителей судят о степени и характере загрязнений, пригодности вод для питья и хозяйственных целей, а также об эффективности работы очистных сооружений.

На современном этапе биоиндикации и биомониторинга, наиболее важные задачи, состоят в разработке теоретических основ и методологии анализа реакции биологических систем на многофакторные воздействия с учетом дифференциальных отличий факторов риска, патогенных агентов, патотропных ситуаций, и патологических явлений в зависимости от экологических условий и состояния ценозов, популяций, организмов и отдельных экосистем.

## **Биоиндикация как метод определения загрязненности окружающей среды**

Биоиндикация является одним из методов определения уровня антропогенной нагрузки на биогеоценозы. Основанный на исследовании воздействия изменяющихся экологических факторов на различные характеристики биологических объектов и систем это достаточно эффективный метод мониторинга окружающей среды.

По состоянию видов-эдификаторов природного сообщества, от которых зависит его дальнейшее существование определяется устойчивость экосистемы. Древесные растения являются такими объектами для оценки состояния городских и поселковых экосистем. Наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы выбирают в качестве биоиндикаторов.

Теоретическая и практическая неполнота работ в области биоиндикации, в значительной мере, связана с объективными методологическими трудностями отображения и моделирования предметной области. Входящие в разные сообщества организмов, ценопопуляции одного и того же вида, характеризуются различными экологическими условиями обитания и их реакции на действие фактора могут существенно отличаться, что во многом осложняет оценку антропогенного воздействия на биотические компоненты экосистем. у видов со слабо выраженными механизмами популяционного гомеостаза Эти реакции, всегда достаточно контрастно выражаются в снижении физиологической устойчивости части особей к действию антропогенных факторов и, в конечном счете, в нарушении процессов репродукции. Для большинства видов, однако реагирование на любое техногенное воздействие (если, разумеется, оно не носит катастрофический характер) принципиально не отличается от выработанных в ходе эволюции тривиальных реакций на колеблющиеся изменения среды. К меняющимся условиям, в процессе адаптации биоценоза, включаются компенсационные механизмы и, при умеренных воздействиях, в популяциях вырабатывается некоторый средний, генетически обусловленный уровень интенсивности воспроизводства за счет «перераспределения факторов смертности». И только в том случае, изменяется генетический состав и идет подавление наиболее генерализированного свойства популяций – воспроизводственного процесса, когда давление антропогенных факторов выводит экосистему за рамки естественной изменчивости, происходит нарушение динамической стабилизации популяционных связей.

Для выявления качественных нарушений биотических процессов, происходящих в экосистемах под влиянием антропогенных факторов, необходимым условием является знание диапазона естественной изменчивости биоценозов, т.е. построение пространства состояния популяций. Возникает необходимость определения тех параметров, которые позволят с

заданной подробностью и точностью оценить состояние биоценоза, вычленив изменения, вызванные действием антропогенных факторов, и получить необходимую и достаточную информацию для прогноза возможных изменений состояния экосистемы. Однако знание «правил» внутреннего преобразования популяций в результате действия каких-либо факторов необходимо для получения такого «динамически достаточного описания» (термин Б.К.Павлова). Но мы не можем сформулировать эти «правила» до тех пор, пока не определим ряд необходимых и достаточных параметров описания состояния популяций, достаточно чувствительных, информативных и обладающих достаточной селективностью в рамках поставленной задачи. Относительно благополучно дело обстоит с описательным объяснением терминов. Например, согласно определению Н.Ф. Реймерса:

«Группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей - биоиндикатор... Индикаторное сообщество – сообщество, структуре, по скорости развития и благополучию отдельных популяций микроорганизмов, растений, грибов и животных которого можно судить об общем состоянии среды, включая, ее естественные и искусственные изменения» [4].

Безусловно, объективные факты, свидетельствуют о существовании тесного влияния факторов среды на биотические процессы экосистемы (поведенческие особенности, плотность популяций, динамику видовой структуры,). Такие факторы среды, как температура, свет, водный режим, соленость, биогенные элементы (микро- и макроэлементы), и другие на всех основных этапах жизненного цикла имеют функциональную важность для организмов. Однако, можно использовать обратную закономерность и судить, например, о типе физической среды, по видовому составу организмов, поэтому «биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. Это относится, в полной мере, ко всем видам антропогенных загрязнений».

Выборочным методом при оценке состояния биоценоза по соотношению видов в конкретной экосистеме возникают существенные методологические трудности биоиндикации. Исходя из понимания популяции, как совокупности особей, то информация, которую мы получили, не может быть экстраполирована за пределы временного периода или станции (полигона), на котором осуществлена выборка. Необходимо получить информацию о форме распределения вероятностей нахождения особей в той или иной точке пространства экосистемы. Исходя из найденного закона распределения, можно рассчитать число необходимых проб, обеспечивающих заданную точность интерполяции. Такой подход возможен для оценки состояния популяций на небольших площадях, например, в небольших замкнутых мелководных водоемах. Для крупных водоемов количество выборок

ограничивается временем, за которые можно сделать пробы в сходных условиях (например, даже в течение суток может произойти перераспределение планктонных особей в пространстве). Проблемы, связанные с изучением пространственно-временной дифференциации зоопланктона при проведении мониторинговых исследований, показаны, например, на большом экспериментальном материале О.М. Кожовой и Б.К. Павловым.

Биоиндикацию таким образом, можно определить, как совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, которые могли бы:

- адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения с учетом явлений синергизма действующих факторов;

- диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ и оценивать их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем.

Находясь в равновесии с факторами внешней среды, любая экосистема, имеет сложную систему подвижных биологических связей, которые нарушаются под воздействием антропогенных факторов. Прежде всего, влияние антропогенных факторов, и в частности, загрязнения отражается на видовом составе сообществ и соотношении численности слагающих их видов. Биологический метод оценки состояния системы позволяет решить задачи, разрешение которых с помощью физических и химических методов невозможно. Рекогносцировочная оценка степени загрязнения по составу бионтов позволяет быстро установить его санитарное состояние, определить степень и характер загрязнения и пути его распространения в экосистеме, а также дать количественную характеристику протекания процессов естественного самоочищения.

Биотестирование - использование в контролируемых условиях биологических объектов (тест-объектов) для выявления и оценки действия факторов (в том числе и токсических) окружающей среды на организм, его отдельную функцию или систему организмов [5].

Наиболее полно методы биотестирования разработаны для гидробионтов и позволяет использовать их для оценки токсичности загрязнений природных вод, контроля токсичности сточных вод, экспресс - анализа в санитарно-гигиенических целях, для проведения химических анализов в лабораторных целях и решения целого ряда других задач.

В качестве тест - объектов в зависимости от целей и задач токсикологического биотестирования применяются различные организмы: низшие и высшие растения, бактерии, водоросли, водные и наземные беспозвоночные и другие.

При сбросе в водоем токсических веществ, например, содержащихся в промышленных сточных водах, происходит обеднение и угнетение фитопланктона. Например, при обогащении водоемов биогенными веществами, содержащимися, в бытовых стоках, значительно

повышается продуктивность фитопланктона. Бурное развитие планктонных водорослей возникает при перегрузке водоемов биогенами, окрашивающих воду в зеленый, сине-зеленый, золотистый, бурый или красный цвета («цветение воды»). При наличии благоприятных внешних условий для развития одного редко двух-трех видов, наступает «цветение» воды. При разложении избыточной биомассы, выделяется сероводород или другие токсичные вещества. Это делает воду непригодной и для питья может приводить к гибели зооценозов водоема. В процессе жизнедеятельности многие планктонные водоросли нередко выделяют токсичные вещества. Антропогенным эвтрофированием водоемов называют увеличение в водоемах содержания биогенных веществ в результате хозяйственной деятельности человека, сопровождаемые чрезмерным развитием фитопланктона.

Необходимо отметить, что биоиндикация, подчеркивая всю важность биоиндикационных методов исследования, предусматривает выявление уже состоявшегося или происходящего загрязнения окружающей среды по функциональным характеристикам особей и экологическим характеристикам сообществ организмов. Постепенные же изменения видового состава формируются в результате длительного отравления водоема, и явными они становятся в случае в случае далеко идущих изменений. Видовой состав гидробионтов из загрязняемого водоема, таким образом, служит итоговой характеристикой токсикологических свойств водной среды за некоторый промежуток времени и не дает ее оценки на момент исследования.

Прибрежное обрастание - лучший индикатор опасных загрязнений, располагающиеся на поверхностных предметах у кромки воды. В чистых водоемах эти обрастания ярко-зеленого цвета или имеют буроватый оттенок. Белые хлопьевидные образования характерны для загрязненных водоемов. При повышении общей минерализации и избытке в воде органических веществ обрастания приобретают сине-зеленый цвет, так как состоят в основном из сине-зеленых водорослей. При плохой с избытками сернистых соединений могут сопровождаться хлопьевидными налетами нитчатых серобактерий – теотрикссов.

Анализ бентосных (придонных) беспозвоночных хорошие результаты дает. Оценка чистоты водоемов делается по отсутствию, либо преобладанию тех или иных таксонов [2].

### **Оценка качества среды с использованием метода флуктуирующей асимметрии**

Необходимость контроля окружающей природной среды диктует все возрастающее воздействие на её состояния, обеспечения её благоприятности для живых организмов и человека. биоиндикация, как серия биологических оценок в природе, как уже упоминалось выше является приоритетным, из всех методов оценки качества среды.

Лучшим вегетативным органом для деревьев считается лист растения. в листьях, при

антропогенных воздействиях, происходят морфологические изменения (уменьшение площади листовой пластины, появление асимметрии). В городе и поселке хорошими биоиндикаторами являются листья березы повислой (*Betula pendula* Roth.), дерева с высокими поглотительными качествами.

По мере накопления токсических веществ при формировании листовой пластины, происходит торможение ростовых процессов, и деформация листа. На деревьях, испытывающих высокую техногенную нагрузку, при окончательном формировании листовых пластин их площади меньше, чем на деревьях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях. Метод флуктуирующей асимметрии был выбран чтобы оценить состояние объекта биоиндикации.

Величина флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур листа березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в настоящее время широко используется для оценки уровня загрязнения окружающей среды, в том числе и предприятиями минерально-сырьевого комплекса (Криволицкий, 1993). Случайные незначительные отклонения от симметричного состояния билатеральных морфологических структур, обусловленные стохастичностью молекулярных процессов, лежащих в основе экспрессии генов (онтогенетическим шумом) представляют собой флуктуирующую асимметрию. При действии любых стрессовых факторов среды, которые приводят к усилению онтогенетического шума, нарушению стабильности морфогенеза листа, и как следствие, увеличению его асимметрии величина флуктуирующей асимметрии возрастает (Захаров, Яблоков, 1985).

В то же время известно, что при стрессе любой природы происходит изменение не только морфогенетических показателей, но и физиолого-биохимических, особенно тех, которые непосредственно связаны с процессом фенотипической адаптации. К таким показателям относится интенсивность перекисного окисления липидов (липопероксидации) – свободнорадикального окисления полиненасыщенных жирных кислот липидов (преимущественно липидов биомембран). К настоящему времени накоплен огромный фактический материал, позволяющий заключить, что усиление липопероксидации является универсальной клеточной реакцией на воздействие различных по своей природе стрессовых факторов, как у животных, так и у растений (Криволицкий, 1993). При этом повышенный уровень липопероксидации наблюдается и при хроническом действии антропогенных стресс-факторов на растительные объекты. Показано, что увеличение интенсивности данного процесса при стрессе является не только следствием нарушения перекисного гомеостаза, а представляет собой важный компонент адаптации. В частности, известно, что такой продукт липопероксидации как малоновый диальдегид обладает биологической активностью и может влиять на экспрессию генов, функции белков. Таким образом, все выше упомянутое объясняет

интерес исследователей к липопероксидации в плане использования показателей интенсивности этого процесса в фитоиндикации. В то же время вопрос о том, как соотносится изменение перекисного гомеостаза растений с оценкой состояния ценопопуляций, полученной с помощью характеристик стабильности развития (флуктуирующей асимметрии) до сих пор остается открытым.

Флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные (случайные) отклонения от двусторонней симметрии у организмов или их частей (например, листьев березы (*Betula pendula* Roth.)). Величину флуктуирующей асимметрии у разных видов организмов используют как индикатор состояния среды, степени антропогенного загрязнения.

В нормальных условиях организм реагирует на воздействие среды посредством сложной физиологической системы буферных гомеостатических механизмов. Под воздействием неблагоприятных условий эти механизмы могут быть нарушены, что приводит к изменению развития. Изменение гомеостаза развития отражают базовые изменения функционирования живых существ и находят выражение в процессах, протекающих на разных уровнях, от молекулярного до организменного, и могут быть оценены по разным параметрам с использованием различных методов. Прежде всего, уровень гомеостаза развития может быть оценен с морфологической точки зрения.

Флуктуирующая асимметрия позволяет оценить нестабильность развития организма. Флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные различия между правой и левой (R - L) сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Большинство авторов предлагает считать определение флуктуирующей асимметрии одним из морфологических методов оценки состояния и динамики биосистем, а сам показатель флуктуирующей асимметрии – индексом стабильности развития организма.

Основное требование к признакам, по которым ведется определение флуктуирующей асимметрии – относительно равная их величина, отсутствие влияния на них ряда факторов, среди которых большое значение имеет вычленение из общей асимметрии двух ее форм: направленной асимметрии и антисимметрии (Криволуцкий, 1993).

Д. Е. Гавриков и С. Г. Баранов сравнивали разные методы оценки окружающей среды с помощью исследования морфологических показателей в своей работе «Сравнение методов оценки флуктуирующей асимметрии листовых пластин *Betula pendula* Roth. и пришли к выводу, что данный метод может быть использован для оценки качества здоровья среды, так как сходные тенденции в флуктуации листовых пластин березы повислой (*Betula pendula* Roth.) были выявлены разными методами [1].

Лучшим вегетативным органом для древесных растений является лист растения. в

листьях. При антропогенных воздействиях происходят морфологические изменения (уменьшение площади листовой пластины, появление асимметрии). Хорошими биоиндикаторами в городе являются листья березы, дерева с высокими поглотительными качествами.

По мере накопления токсических веществ, при формировании листовой пластины, происходит деформация листа и торможение ростовых процессов. На деревьях, испытывающих высокую техногенную нагрузку, при окончательном формировании листовых пластин их площади меньше, чем на деревьях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях.

Можно сказать, что основной объект при характеристике стабильности развития и состояния здоровья среды - признаки листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.). Использование показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.), в настоящее время, рекомендовано в нормативных документах экологических служб.

Для оценки степени нарушения стабильности развития и разработана пятибалльная шкала последствий в нарушении стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.), или бородавчатой, выявленных в ответ на самые различные антропогенные воздействия. Диапазон значений интегрального показателя стабильности развития до 0,040 соответствует первому баллу (условная норма), от 0,040 до 0,044 – второму баллу, от 0,045 до 0,049 – третьему баллу, от 0,050 до 0,054 – четвертому баллу, от 0,054 и выше – пятому баллу (критическое состояние). 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 (Криволицкий, 1993).

Живые организмы очень чувствительны к изменениям в окружающей их среде. Некоторые из живых организмов служат удобными для человека индикаторами состояния среды. Чтобы живой организм был хорошим биоиндикатором, у него должны проявляться достаточно выразительно ответы на изменения в окружающей среде. Одним из таких выразительных ответов оказалось нарушение симметрии в строении некоторых организмов и их частей. Для сравнения между собой разных признаков, величину асимметрии следует учитывать в относительных величинах.

Шкала, которая помогает оценить степень отклонений в качестве природной среды от

нормы разработана для некоторых видов организмов. К настоящему времени такие балльные системы оценок ученые разработали для ряда видов растений, рыб, земноводных и млекопитающих. для практики Этот подход оказался очень полезным - для оценки последствий антропогенных воздействий и для фоновый мониторинга (в естественных условиях). Вот почему Министерство природных ресурсов Российской Федерации рекомендовало широко использовать этот метод при проведении оценки качества среды, ее благоприятности для человека в целом ряде ситуаций. А именно, для:

- определения состояния природных ресурсов;
- разработки стратегии рационального использования региона;
- определения предельно допустимых нагрузок для любого региона;
- выявления зон экологического бедствия;
- проведения работ по оценке воздействия на окружающую среду и при репрофилировании предприятий;
- оценки эффективности природоохранных мероприятий;
- создания особо охраняемых природных территорий.

В документе, рекомендованном Министерством, приведены списки видов растений и животных, с помощью которых можно проводить оценки качества среды во всех географических зонах на территории России, за исключением зоны тундр, полупустынь, пустынь и высокогорья.

В работе для оценки качества среды территории использовалось древесное растение - береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Проведение исследования основывалось на Методике, утвержденной распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р.

В зависимости от цели исследования определяется место сбора. Выбираются несколько модельных площадок в разных зонах изучаемой территории, если необходимо провести фоновый мониторинг. Для оценки последствий антропогенной нагрузки на определенный участок территории, выбирается подходящая площадка, на которой произрастает несколько взрослых берез с укороченными нижними побегами, а также подбирается площадка с похожими деревьями из места, заведомо не подверженного антропогенной нагрузке.

### **Объект исследования**

В качестве объекта исследования была использована берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) (рис.1).

Домен - Эукариоты

Царство – Растения

Подцарство – Зелёные растения

Надотдел – Высшие растения

Отдел - Цветковые

Класс – Двудольные

Порядок – Букоцветные

Семейство - Берёзовые

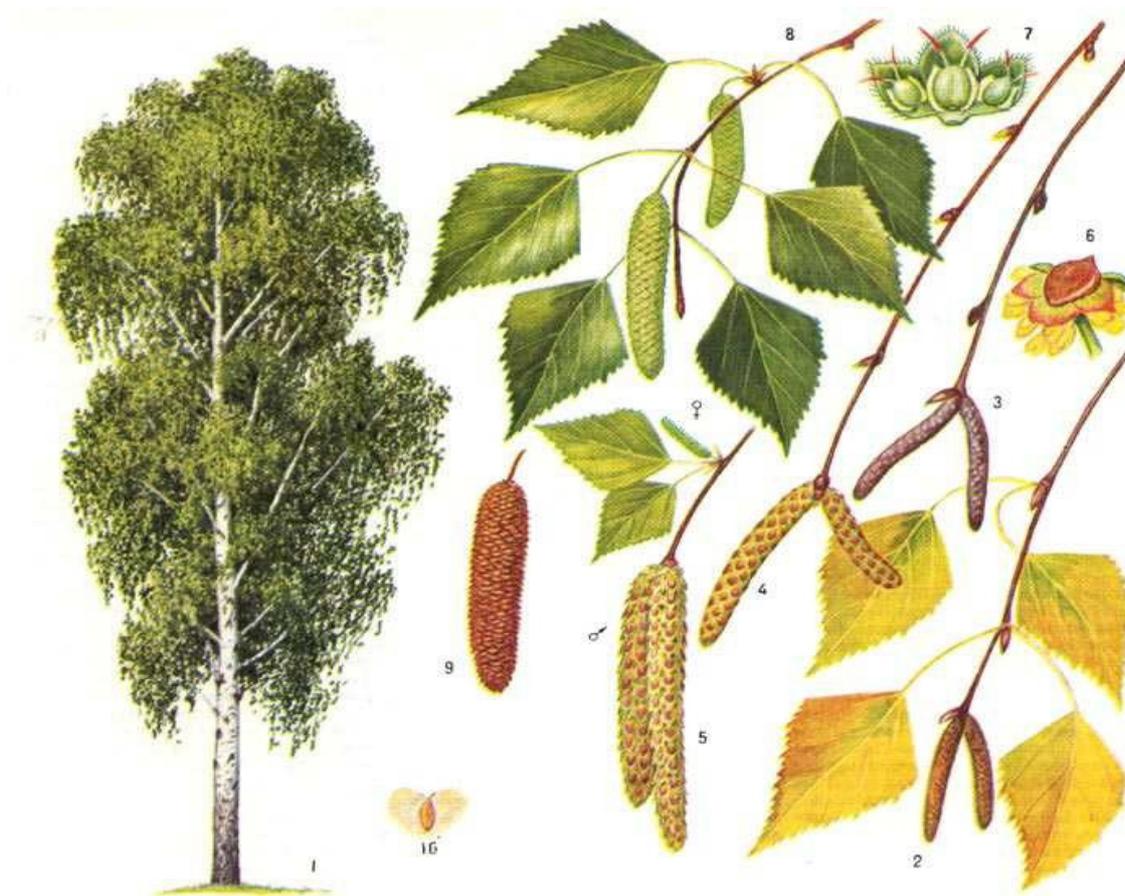


Рис. 1. Береза повислая (*Betula pendula* Roth.)

Берёза повислая: 1 - общий вид, 2 - осенняя ветвь с заложившимися листовыми и тычиночными почками, 3 - зимняя ветвь, 4 - весенняя ветвь с тронувшимися в рост листьями и тычиночными почками, 5 - ветвь с тычиночными и пестичными серёжками в пыления, 6 - мужской цветок, 7 - женский цветок, 8 - ветвь с плодовыми серёжками, 9 - зрелая плодовая серёжка, 10 - плод - крылатый орех.

Родовое название — от кельтского «betu» - береза и латинского *pendulus* - повислый.

Латинское наименование дерева *Betula*. В основе его лежит слово *batula*, от глагола *batuere*, переводимого как «бить» или «сечь» - напоминание о горькой судьбе не очень радивых школьников в прошлом, которым случалось отвеживать «березовой каши». В европейских языках большинство названий березы идет от индоевропейского «bhe» - светлый, сверкающий.

Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) - листопадное дерево семейства березовых, высотой

до 30 м с гладкой, белой, легко расслаивающейся корой. У старых деревьев кора оснований стволов с глубокими трещинами, черно-серая. Ствол прямой, ветви обычно повислые; молодые побеги красно-бурые, голые, покрыты смолистыми железками - «бородавочками». Листья очередные, треугольно-яйцевидные до ромбических, по краям двоякоострозубчатые, тонкокожистые, гладкие, темно-зеленые, молодые - клейкие, длиной 3-7 см, шириной 2,5-5 см. Почти яйцевидно-конусовидные, длиной 3-5 мм и толщиной 2-5 мм, слегка заостренные, прямые, блестящие с восковым, обычно клейким налетом. Мужские сережки длиной 5-6 см, повисающие, по 2-3 на концах ветвей; женские сережки цилиндрические, длиной 2-3 см, одиночные, на коротких боковых веточках. Плод - продолговато-эллиптический орешек с двумя перепончатыми крыльями, в 2 - 3 раза превышающими ширину орешка. В сережке содержится около 500 орешков. Цветет в мае - июне; плоды созревают в августе - сентябре. Живет 100-120 лет.

Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) произрастает на большей части территории страны. Наиболее обильна в Западной и Средней Сибири, а также в средней полосе европейской части страны.

Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) образует производные леса, возникающие на месте вырубленных или сгоревших сосняков, ельников, лиственничников, дубняков. Она быстро заселяет освободившиеся территории и господствует на них, создавая лишь временные группировки; в дальнейшем вытесняется другими древесными породами. Коренные древостой образует лишь в лесостепных и степных областях, особенно в Западной Сибири (характерные для ландшафта лесостепной зоны березовые колки). Часто встречается в разных типах леса в качестве примеси. Растет на сухих и влажных песчаных, суглинистых, черноземных и каменисто-щебнистых почвах; светолюбива. Выносит различные климатические условия, поэтому произрастает от тундры до степной зоны. Растет быстро, хорошо возобновляется порослью и самосевом.

Легко поддается механической обработке. Чрезвычайно неустойчива против гниения. Лучше всего сохраняется погруженной в воду.

Используется как фанерное сырьё, в производстве лыж, мелких резных игрушек.

Из древесины получают древесный уголь, уксусную кислоту, метиловый спирт, скипидар. При сухой перегонке коры образуется дёготь, применяемый в медицине и парфюмерии. Благодаря высокой теплотворности ценится как хорошее топливо.

Из ветвей вяжут веники для бани. Почки и листья применяют в народной и официальной медицине, они обладают мочегонным, желчегонным, потогонным, кровоочистительным, бактерицидным, противовоспалительным и ранозаживляющим действием. Листья выделяют фитонциды, способные убивать болезнетворные микроорганизмы уже через 3 часа (Коновалова, Шевырёва, 2007)

Берёзовые листья были собраны в следующих точках п. Мисцево:

1. группа деревьев около гвоздильного цеха;
2. группа деревьев напротив жилого дома № 31;
3. группа деревьев рядом с водоемом «Прудка».

При сборе материала строго придерживались тех методических требований, которые изложены в Методическом пособии В.М. Захарова, А.С. Баранова и другие «Здоровье среды. Методика оценки» [3].

Так как сбор материала следует проводить после остановки роста листьев, принято решение провести его в сентябре 2015 года.

При выборе деревьев важно учитывать, во-первых, четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду. Во избежание ошибок следует выбирать деревья с четко выраженными признаками березы повислой (*Betula pendula* Roth.). При сборе материала должно быть учтено возрастное состояние деревьев. Для исследования выбирают деревья, достигшие генеративного возрастного состояния.

У березы повислой (*Betula pendula* Roth.) с одной точки отбора равномерно вокруг дерева со всех доступных веток собирают сто листьев из нижней части кроны. 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. С растения собирают несколько больше листьев, чем требуется, на тот случай, если часть листьев из-за повреждений не сможет быть использована для анализа. Стараются выбирать побеги одного типа, например, только укороченные побеги. Все листья для одной выборки необходимо сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку. На этикетке указывается номер выборки, место сбора, дату сбора.

Собранные листья для непродолжительного хранения можно хранить в полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника. Для длительного хранения надо зафиксировать материал в 60% растворе этилового спирта или гербаризировать.

Для измерения лист березы нужно положить перед собой внутренней стороной вверх. У каждого листа измеряют по пять признаков справа и слева, как показано на рис. 1.

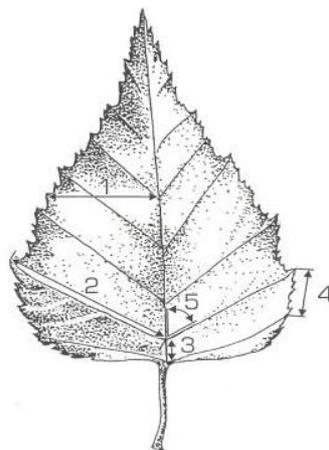


Рис.1. Схема морфологических признаков, используемых для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

- 1 - ширина левой и правой половинок листа.
- 2 - длина жилки второго порядка, второй от основания листа;
- 3 - расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка;
- 4 - расстояние между концами этих же жилок;
- 5 - угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Для измерений требуются: измерительный циркуль, линейка и транспортир.

Нужно измерить:

1. ширину половинки листа (посредине листовой пластинки);
2. длину второй от основания листа жилки (слева и справа от центральной жилки);
3. расстояние между первой и второй жилкой, считая от черешка, в месте прикрепления их к центральной жилке (слева и справа);
4. расстояние между первой и второй жилкой, считая от черешка, с внешнего края листа (слева и справа от центральной жилки);
5. угол наклона второй жилки к центральной (слева и справа).

Измерения проводятся в сантиметрах (пункты 1-4) и градусах (пункт 5).

Результаты исследований заносятся в таблицу 1. (Приложение 1.)

Величину асимметрии у растений рассчитывают как отношение разницы в оценках слева и справа к сумме этих оценок.

$$\frac{|L - R|}{|L + R|}$$

Чтобы получить интегральный показатель стабильности развития, сначала рассчитывают среднюю относительную величину асимметрии по всем признакам для каждого листа, сложив относительные величины асимметрии по каждому признаку и поделив эту сумму на число признаков. Затем рассчитывают среднее арифметическое по этому показателю для всех листьев с одной модельной площадки.

Полученные величины заносятся в соответствующие графы вспомогательной таблицы 2.

(Приложение 2)

Затем вычисляют величину асимметрии для каждого листа по всем признакам. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков.

Результаты вычислений заносят в последнюю графу вспомогательной табл.

На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития - величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднее арифметическое всех величин асимметрии для каждого листа (они занесены в последнюю графу табл. 2). Это значение округляется до третьего знака после запятой.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (*Betula pendula* Roth.) (табл. 3).

### Результаты исследований

Листовая пластина березы имеет четко выраженную двустороннюю симметрию. Принцип метода основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины, которые адекватно отражают уровень техногенного воздействия на растительность. Они характеризуются следующими интегральными показателями стабильности развития (усредненная величина показателей асимметрии по 100 листьям в выборке), которые приведены в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4. Интегральные показатели стабильности развития.

Место сбора образцов	Интегральный показатель асимметрии	Балл состояния.
Группа деревьев рядом с гвоздильным цехом	0,063	5 б.
Группа деревьев рядом с водоемом «Прудка»	0,059	5 б.
Группа деревьев рядом с жилым домом № 31	0,056	5 б.

При балльной оценке используется таблица соответствия баллов качества среды значениям коэффициентов асимметрии (табл.5).

ТАБЛИЦА 5. Балльная система качества среды обитания

Балл состояния				
1	2	3	4	5
<0,040 (условная норма)	0,040-0,044	0,045-0,049	0,050-0,054	>0,054 (критическое состояние)

Состояние здоровья среды в пределах поселка Мисцево вызывает беспокойство, т.к. показатель асимметрии высокий, что соответствует 5б. по шкале Захарова В.М., это критическое значение. Растения в таких условиях находятся в сильно угнетенном состоянии. Поэтому у них проявляются сильные отклонения от билатеральной симметрии. Вероятно, неблагоприятная экологическая обстановка влияет не только на растения, но на животных и человека. Возможно, что такие показатели связаны с деятельностью гвоздильного цеха, расположенного на территории поселка.

## Заключение

В ходе выполнения работы изучения путем флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* было определено качество здоровья среды..

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. В поселке Мисцево наблюдается высокий уровень загрязнения окружающей среды, что может быть вызвано деятельностью гвоздильного цеха.
2. Наибольший уровень загрязнения наблюдается в непосредственной близости с цехом.
3. Наименьший уровень загрязнения наблюдается рядом с жилым домом № 31.

Проведенное нами исследование было направлено на изучение последствий загрязнения окружающей среды на растительную компоненту экосистем, что позволило получить достоверную картину условий места произрастания растений и отразило состояние здоровья среды. Флуктуирующая асимметрия является чувствительным индикатором состояния природных популяций. На основании необходимых измерений и расчетов был рассчитан показатель стабильности развития березы повислой в трех местах поселка. В результате работы были выявлены те территории, на которые необходимо обратить внимание общественности и администрации сельского поселения, возможно, для проведения независимой экспертизы с целью установления решающих факторов, влияющих на здоровье среды, и дальнейшего их устранения. Кроме того, результаты данных исследований могут быть использованы на уроках биологии в 6 классе в теме «Основные экологические факторы и их влияние на растения.»

## Приложение

Приложение 1

**Пример таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков (промеры листа)**

Номер признака										
N	1		2		3		4		5	
	Слева	Справа								
1	2,4	2,5	3,6	3,8	0,7	0,9	0,6	0,4	62	50
2	1,6	1,4	2,4	2,5	0,6	0,7	1	0,9	50	50
3	1,6	1,6	2,5	2,6	0,6	0,5	0,7	0,9	40	34
4	2	2,1	2,7	2,8	0,8	0,8	1,3	1,4	52	48
5	1,4	1,4	2,3	2,0	0,5	0,4	1,1	1,0	45	38
6	2,7	2,5	4,0	4,4	0,3	0,4	1,3	1,5	65	58
7	1,8	1,5	2,5	2,4	0,4	0,5	1,1	1,0	63	52
8	2,7	2,5	4,1	3,9	0,3	0,3	1,3	1,6	56	60
9	1,9	1,8	2,6	2,7	0,5	0,6	1,2	1,6	56	54
10	2,0	1,9	3,2	2,9	0,9	0,7	1,3	1,1	53	50

**Пример вспомогательной таблицы для расчета интегрального показателя  
флуктуирующей асимметрии в выборке**

<b>N п/п</b>	<b>Номер признака</b>					<b>Величина асимметрии листа</b>
	1	2	3	4	5	
1	0,020	0,027	0,125	0,2	0,107	0,096
2	0,066	0,020	0,076	0,052	0	0,043
3	0	0,019	0,090	0,125	0,081	0,063
4	0,024	0,018	0	0,058	0,04	0,028
5	0	0,069	0,111	0,047	0,084	0,062
6	0,038	0,045	0,142	0,071	0,056	0,070
7	0,090	0,020	0,111	0,047	0,095	0,072
8	0,038	0,025	0	0,103	0,034	0,040
9	0,027	0,018	0,090	0,142	0,018	0,059
10	0,025	0,049	0,125	0,083	0,029	0,062

## Список литературы

1. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили. - М.: Центр экологической политики России, 2000. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методическое пособие для заповедников [Текст] / В.М.
2. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С. и др. Здоровье среды: практика оценки. / В.М. Захаров, А.Т.Чубинишвили, С.Г.Дмитриев, А.С.Баранов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000
3. Горышина Т. К. Экология растений / Т.К. Горышина - М.: Высшая школа, 1991.-с.310-315
4. Реймерс Н.Ф. Экологизация. Введение в экологическую проблематику / Н.Ф. Реймерс - М.: Изд-во РОУ, 1992.
5. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнителей наземных экосистем /Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1998.
6. Якушина Э.И. Древесные растения и городская среда. Древесные растения, рекомендуемые для озеленения Москвы / Э.И Якушина - М: Наука, 1990