

УДК 504.064.3

## СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ КАК ИНДИКАТОР ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ

Парфирьева Анна Юрьевна

магистрант  
Томский государственный университет, Томск

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** В статье описывается пример использования методов биоиндикации для оценки состояния окружающей среды. Рассматривается взаимосвязь между выбросами загрязняющих веществ и отклонением в развитии морфологических частей растений от строгой билатеральной симметрии.

**Ключевые слова:** экология; выбросы загрязняющих веществ; мониторинг; биоиндикация; асимметрия листьев.

---

## STABLE DEVELOPMENT OF BETULA PENDULA ROTH AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL HEALTH

Parfireva Anna Yurevna

undergraduate  
National Research Tomsk State University, Tomsk

**Abstract.** The article describes an example of using the bioindicator methods for the environmental assessment. The interrelation between pollutant emissions and abnormalities in the development morphological parts of plants from strict bilateral symmetry is considered.

**Key words:** ecology; emissions of pollutants; monitoring; bioindication; asymmetry of leaves.

**Введение.** Окружающая нас природная среда постоянно подвергается негативному воздействию со стороны человека. Оно выражается в различных видах загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, а также в преобразовании компонентов этих оболочек, прямо или косвенно вызывая ухудшение качества среды.

Какое-либо изменение качества среды в большей или меньшей степени отражается на стабильности развития живых организмов, вызывая ответную реакцию на условия существования. Это позволяет использовать живые организмы для оценки здоровья среды. Она может производиться по наиболее характерному для данной природной зоны виду растения или животного, который отличается наибольшей чувствительностью к каким-либо изменениям экологических факторов. Оценка качества природной среды по состоянию её живых организмов называют биоиндикацией.

Средовое воздействие на растение отражается в отклонениях развития его морфологической частей от строгой билатеральной симметрии, называемое флуктуирующей асимметрией. Наиболее показательны в определении флуктуирующей асимметрии листья растений [1]. Использование листьев в качестве материала для исследований – достаточно простой метод, он не требует специального оборудования и определенных навыков но, тем не менее, позволяет получить достаточно объективные данные.

Подобный метод биоиндикации можно применить для исследования качества атмосферного воздуха в городе Колпашеве Томской области, которое формируется под воздействием котельных теплоэнергетических предприятий. В 2008 году в рамках программы «Газификация Колпашевского городского поселения» началась модернизация муниципальных котельных, которая включала в себя строительство 15 газовых модулей вместо 28-ми угольных и нефтяных котельных, в качестве топлива вместо угля стал использоваться природный газ. Это оказало влияние на состоя-

ние природной среды: снизилось количество источников загрязнения, уменьшился валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу.

В настоящее время газовые котельные разной мощности расположены в пределах центральной части города, однако в одном из микрорайонов на окраине города до сих пор функционируют угольные котельные. Можно предположить, что в связи с таким рассредоточением источников загрязнения, воздух в городе не может быть повсеместно однороден по химическому составу.

С 2011 года в Колпашеве приостановлен мониторинг атмосферного воздуха на основе отбора и химического анализа проб, поэтому определение качества воздуха больше не представляется возможным. Для получения данных был проведен мониторинг здоровья среды в городе посредством оценки стабильности развития березы бородавчатой как представителя местной биоты, который выделяется как чувствительный биоиндикатор по низкой пылевой и газовой устойчивости [2].

**Материалы и методы исследования.** Оценка производилась на 4-х площадках в разных частях города. Они выбирались в зависимости от степени антропогенной нагрузки:

- площадка № 1: воздействие газовой котельной малой мощности;
- площадка № 2: воздействие мощной газовой котельной;
- площадка № 3: воздействие угольной котельной;
- площадка № 4: территория без антропогенного влияния.

На каждой площадке с помощью определителя растений выбирались 10 деревьев вида Береза бородавчатая (повислая) – *Betula pendula* Roth. Растения были примерно одинакового возраста и произрастали в схожих условиях (отдельно стоящие деревья с хорошей освещенностью и режимом увлажнения).

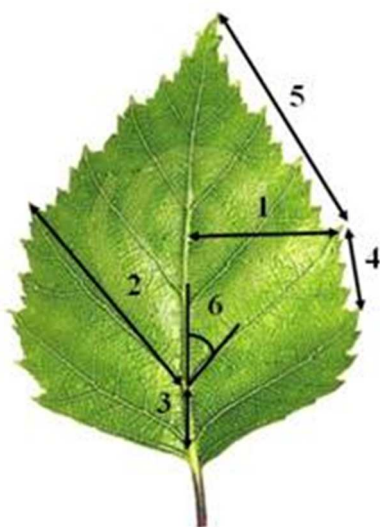
В качестве билатерально симметричной морфологической структуры для отбора проб были выбраны листья. Они отбирались равномерно вокруг каждого дерева с укороченных побегов нижней части кроны, были

схожего размера и малой степенью поврежденности. Период отбора: конец июля – начало августа, после остановки роста листьев.

Объем выборки: 400 листьев (10 листьев с 10-ти деревьев на каждой из 4-х площадок). Для правильной интерпретации полученных результатов листья с каждого дерева хранились отдельно и обрабатывались до начала увядания.

Для исследования использовалась методика, разработанная Захаровым [1]. Она основана на выявлении признаков асимметрии листьев с помощью системы замеров. Для измерения лист помещают перед собой стороной, обращенной к верхушке побега. С каждого листа снимают показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа (рис. 1):

1. Ширина левой и правой половинок листа, мм. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Потом разгибают лист и по образовавшейся складке производят измерения.
2. Длина жилки второго порядка, второй от основания листа, мм.
3. Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка, мм.
4. Расстояние между концами этих же жилок, мм.



**Рис. 1. Схема замеров листовой пластинки березы бородавчатой для определения показателя флуктуирующей асимметрии**

Для замеров использовался измерительный циркуль, линейка и транспортир. Промеры 1-4 снимались циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измерялся транспортиром. Результаты измерений были занесены в таблицу для последующих расчетов.

Величина асимметрии у растений рассчитывалась как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Расчет проводился в несколько действий:

1. Сначала определялись относительные величины асимметрии для каждого признака ( $A_{п}$ ) по формуле:

$$A_{п} = |L - R| / |L + R|, \quad (1)$$

где  $L$  – значение показателя с левой половины листа,

$R$  – значение показателя с правой половины листа.

2. Затем вычислялся показатель асимметрии для каждого листа ( $A_{л}$ ). Для этого суммировались значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делились на число признаков:

$$A_{л} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{п_i}, \quad (2)$$

где  $A_{п}$  – относительные величины асимметрии для каждого признака;

$i$  – номер признака;

$n$  – количество признаков.

3. На последнем этапе определялась средняя арифметическая всех величин асимметрии всех листьев каждого дерева для каждой площадки. Полученное значение – величина флуктуирующей асимметрии ( $\Phi A$ ):

$$\Phi A = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p A_{л_j}, \quad (3)$$

где  $A_{л}$  – показатель асимметрии для каждого листа;

$j$  – номер листа в выборке;

$p$  – количество листьев в выборке.

Для оценки отклонения развития листьев растений от нормы была использована пятибалльная шкала, в которой за I балл принимались благоприятные условия развития растений с минимальным значением величин

ны флуктуирующей асимметрии листовой пластины, а за V баллов – критическое состояние качества среды с максимальным значением ФА [3].

Полученные значения занесены в таблицу 1.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Одной из главных задач исследования являлось определение качества среды в разных частях города. Из данных таблицы 1 видно, что полученные значения ФА свидетельствуют о разной степени загрязненности районов.

Таблица 1

**Результаты оценки качества среды города Колпашево по величине флуктуирующей асимметрии**

№	Описание площадки	ФА	Стабильность развития (балл)	Качество среды
1	зона воздействия газовой котельной (1 труба с объемом выхода газовой смеси 4 куб. м/с)	0,040	I	условно нормальное
2	зона воздействия мощной газовой котельной (3 трубы с валовым объемом выхода газовой смеси 9,3 куб. м/с)	0,049	III	средний уровень отклонений от нормы
3	зона воздействия угольной котельной (1 труба с валовым объемом выхода газовой смеси 1,5 куб. м/с, склады угля и шлака углей)	0,051	IV	существенные (значительные) отклонения от нормы
4	контрольная, для получения фоновых данных (лесной массив в 15 км от города)	0,039	I	условно нормальное

Площадка № 1 со слабым воздействием антропогенных факторов (газовая котельная малой мощности) близка по качеству среды к контрольной площадке № 4, отдаленной от каких-либо источников воздействия.

На площадках № 2 и 3 отмечается отклонение от нормы: в районе воздействия мощной газовой котельной стабильность развития расте-

ний оценивается в III балла, что говорит о среднем уровне загрязнения, а в районе воздействия угольных котельных в IV балла – значительный уровень загрязнения.

**Заключение.** Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что метод определения стабильности развития березы бородавчатой для оценки здоровья среды является достаточно простым и эффективным.

Этот метод удобен с точки зрения интегральной оценки. Полученные значения отражают результат не сиюминутного воздействия, а долгосрочного, а состояние среды оценивается в целом: качество атмосферного воздуха, почвенного покрова, почвенной влаги.

Метод имеет и отрицательные стороны. Нельзя с точностью определить источник загрязнения, например, в данном случае нельзя с точностью утверждать, что котельные являются единственным источником загрязнения, влияющим на развитие растений. Кроме котельных такими источниками могут быть автотранспорт и небольшие предприятия. Также минусом является ограниченность периода отбора материала: вегетационный период как раз приходится на время меньшего воздействия источников загрязнения.

Тем не менее, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что степень загрязнения в разных районах города Колпашево не одинакова, и котельные теплоэнергетического предприятия оказывают на нее влияние.

## Список использованных источников

1. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
2. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова думка, 1978. 246 с.
3. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). М.: Министерство природных ресурсов РФ Государственная служба охраны окружающей среды (Росэкология), 2003. 40 с.