

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Кафедра экологии, природопользования и экологической инженерии
Верхне-Обское бассейновое водное управление
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области
ОГБУ «Облкомприрода»

ЭКОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

**Стратегия использования природного капитала
в интересах устойчивого развития Арктики
и регионов**

Сборник научных трудов

Выпуск 2

Издательство
Литературное
бюю

Томск – 2018

ем: сборник научных трудов. Томск: Литературное бюро, 2017. С. 7–8.

2. Воробьев Р.А. Эколого-физиологические особенности видов рода ель (*Picea* L.) при оценке перспективности интродукции в Нижегородской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук М., 2014. 26 с.

3. Кавеленова Л.М., Лищинская С.Н., Карандаева А.Н. Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды в лесостепи (на примере Самары) // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 91–96.

4. Плаксина И.В., Судачкова Н.Е., Романова Л.И., Милутина И.Л. Сезонная динамика фенольных соединений

в лубе и хвое сосны обыкновенной и кедра сибирского в посадках различной густоты // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 103–108.

5. Старикова Е.А., Воскресенская О.Л., Сарбаева Е.В. Изменение пигментного комплекса ели колючей в условиях городской среды // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. Октябрь. С. 46–48.

6. Титова М.С. Динамика фотосинтезирующей активности хвои *Picea ajanensis* и *Picea smithiana* в условиях зеленой зоны г. Уссурийска // Вестник ИРГСХА. 2013. Вып. 57. С. 47–53.

7. Хелдт Г.-В. Биохимия растений; пер. с англ. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 471 с.

Изучение флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roch.) в условиях урботерритории г. Томска

Воробьева А.В., Ильинских Е.Н., Ильинских Н.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

Проведено биоиндикационное исследование для оценки качества среды отдельных территорий г. Томска (вдоль Московского тракта и ул. Нахимова) с помощью показателя флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* Roch. Установлена эффективность использования этого метода в условиях городской среды и выявлены наиболее загрязненные участки на изучаемой территории.

Ключевые слова: береза повислая, флуктуирующая асимметрия, морфологические показатели, цитогенетический мониторинг, эколого-гигиенический мониторинг.

Оценка качества среды является важной задачей при осуществлении мероприятий в области природопользования и для обеспечения экологической безопасности. Одним из подходов по оценке качества среды служит оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии морфологических структур. Данный принцип основан на нарушении симметрии листовой пластины у древесных форм растений под воздействием антропогенных факторов [1].

Цель работы – провести биоиндикационное исследование для оценки качества среды отдельных территорий г. Томска с помощью показателя флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* Roch.

Объектом исследования данной работы является береза повислая *Betula pendula* Roch., данный вид широко распространен на территории Евразии и часто используется в городских насаждениях. Сбор листьев проводился в центре г. Томска вдоль улиц с интенсивным автомобильным движением. В качестве контроля были выбраны городские парки. Для исследования были определены две территории, которым присвоили условные названия: район № 1 (вдоль Московского тракта) и район № 2 (ул. Нахимова). Район № 1 включал: участок № 1 (Московский тракт, 2, 3, 5/7, 6/2, 6/4), № 2 (Московский тракт, 29–31, 33–38, 39–41, 42–44, 48–50). В качестве контрольного рассматривали участок в Университетской роще. Район № 2 включал: участок № 1 (площадь Южная, ул. 19 Гвардейской дивизии, Коларовский тракт, 1, ул. Нахимова, 40, 44), участок № 2 (Лагерный сад, Нахимова, 1, 3, 12, 12а). Контролем служил стадион «Политехник». Сбор листьев был проведен с 30 деревьев в

соответствии с методикой В.М. Захарова [3]. С каждого дерева было собрано по 100 листьев, всего проанализировано 3 000 листьев. Листья примерно одинакового размера собирали с нижней части кроны, с максимального количества доступных веток, относительно равномерно вокруг дерева с укороченных побегов. Листья с одного дерева отмечены этикетками с датой и местом сбора проб [3].

Измерение листьев проводился по пяти параметрам с правой и левой стороны: 1) ширина половины листа (для этого его складывают пополам, прикладывая макушку листа к основанию, потом разгибают и по образовавшейся складке производят измерения); 2) длина второй жилки второго порядка от основания листа; 3) расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4) расстояние между концами этих жилок; 5) угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка. Первые четыре параметра снимаются циркулем и линейкой, угол между жилками измеряется транспортиром. Для статистического анализа при проведении данной работы использовалась программа Microsoft Excel. Проводились сравнение средней величины флуктуирующей асимметрии с помощью t-критерия Стьюдента.

Величина асимметричности оценивается с помощью интегрального показателя – *величины среднего относительного различия на признак* (среднее арифметическое отношение разности к сумме промеров листа слева и справа, отнесенное к числу признаков) по методике В.М. Захарова [3, 4]. Измеряли параметры листа по пяти признакам (слева и справа). Значение промеров с левой и правой стороны обозначали как Хл и Хп соответственно.

Определяли относительное различие между значениями признака слева и справа (Y) для каждого признака. Находили разность значений измерений по одному признаку для одного листа, а затем сумму этих же значений, разность делили на сумму. Данное вычисление производилось по каждому признаку, в результате получалось пять значений Y для одного листа, затем для каждого листа в отдельности [3]. Затем находили значение среднего относительного различия между сторонами для каждого листа (Z). Для этого сумму относительных различий (Y) необходимо разделить на число признаков (N = 5).

В конце проводилось вычисление среднего относительного различия между сторонами для выборки. Для этого все значения Z складывали и делили на число значений. Данный показатель характеризует степень асимметричности организма, для которого разработана пятибалльная шкала отклонения от нормы (табл. 1), в которой 1 балл – условная норма, а 5 баллов – критическое состояние [3].

Таблица 1

Пятибалльная шкала показателя, характеризующего степень асимметричности организма

Баллы	Значения показателя асимметричности	Качество среды
1	До 0,055	Условно нормальное
2	0,055–0,060	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
3	0,060–0,065	Средний уровень отклонения от нормы
4	0,065–0,070	Существенные (значительные) отклонения от нормы
5	Более 0,070	Критическое состояние

Показано, что качество среды в выбранных районах (табл. 2) варьирует от 1 до 3 баллов.

Таблица 2

Значения показателя флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой *Betula pendula* Roch. на территории вдоль Московского тракта (район № 1) и ул. Нахимова (район № 2) г. Томска

Параметр	Показатель флуктуирующей асимметрии листьев	
	Район № 1	Район № 2
Контроль	0,043 ± 0,007	0,047 ± 0,005
Участок 1	0,061 ± 0,009* P = 0,01	0,06 ± 0,01* P = 0,03
Участок 2	0,045 ± 0,006 P = 0,6	0,064 ± 0,01* P = 0,03

* достоверность различий с контролем.

На улице Московский тракт (район № 1) установлено, что на территории участка № 1 качество среды имело средний уровень отклонения от нормы (3 балла) и показатель флуктуирующей асимметрии листьев

достоверно отличался от значений, полученных на контрольном участке в Университетской роще (P = 0,01), в то время как на участке № 2 состояние среды соответствовало условно нормальному уровню (P = 0,6). На улице Нахимова (район № 2) были выявлены существенные отличия показателей асимметрии на обоих участках № 1 и 2 от соответствующих значений, полученных на контрольной территории на стадионе «Политехник» (P = 0,03). Качество среды на территории этих участков также имело средний уровень отклонения от нормы (3 балла).

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности метода флуктуирующей асимметрии листьев для экологического мониторинга в городской среде. Стоит отметить, что показатели флуктуирующей асимметрии листьев березы в выбранных участках коррелируют с разной степенью загрязненности данных районов. При возрастании антропогенной нагрузки на окружающую среду, в том числе на популяцию живых организмов, значение показателя асимметрии увеличивается [6]. Установлены достоверные различия показателя флуктуирующей асимметрии пластины листьев березы повислой *Betula pendula* Roch. в наиболее загрязненных участках обследованной территории г. Томска от соответствующих значений в более экологически благополучной контрольной местности. Указанные различия между опытом и контролем свидетельствуют о неблагоприятном качестве окружающей среды вдоль изученных улиц в центре г. Томска. Вместе с тем полученные данные находятся в пределах, определенных для показателя флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой в условиях городской среды в ряде других городов. Так, например, в г. Воронеже значение показателя флуктуирующей асимметрии составляет 0,044–0,047, а в г. Ханты-Мансийске 0,053–0,057 [2, 5].

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ-ОГОН № 15-06-10190 и РФФИ № 13-06-00709.

Список литературы

1. Архипова Т.С. Изучение асимметрии листьев березы для оценки качества среды. URL: <http://livescience.ru>.
2. Гуртяк А.А., Углев В.В. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317, № 1. С. 200–204.
3. Захаров В.М. Асимметрия животных: популяционно-феногенетический подход. М.: Наука, 1987. 216 с.
4. Захаров В.М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) // Экология. 2001. № 3. С. 177–191.
5. Калаев В.Н., Игнатова И.В., Третьякова В.В. и др. Биоиндикация загрязнения районов г. Воронежа по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2011. № 2. С. 168–175.
6. Кустова Л.М. Применение методов флуктуирующей асимметрии листовой пластины березы повислой для оценки экологического состояния. URL: <http://kpfu.ru/portal/docs/F314845130/Kustova>.