

УДК 574.2

**ПОКАЗАТЕЛИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ
Betula pendula Roth. В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ
УСЛОВИЯХ ТОЛЬЯТТИ**

© 2014 Ю.В. Беляева

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти (Россия)

Поступила 12.12.2013

В условиях современного города деревья испытывают на себе высокое антропогенное воздействие, а также воздействие биотических и абиотических факторов. Отмечается ухудшение состояния насаждений на парковых объектах озеленения г.о. Тольятти, а также остальных урбанизированных территориях. Для оценки интенсивности вредных факторов воздействия используется много различных методов. Одним из удобных и перспективных является метод оценки качества среды по показателям нарушения стабильности развития организмов. Данная методика опробована для *Betula pendula* Roth., произрастающей в условиях различных природных ценозов и внутригородских территорий городского округа Тольятти, Самарская область.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, *Betula pendula* Roth., стабильность развития, антропогенные, биотические и абиотические факторы.

Belyaeva Y.V. Indicators fluctuating asymmetry betula pendula Roth. in natural and anthropogenic conditions Togliatti – Togliatti in a modern city trees suffer the high anthropogenic impact, as well as the impact of biotic and abiotic factors. Marked deterioration stands on park facilities landscaping Togliatti, as well as other urban areas. To estimate the intensity of nuisances used many different methods. One convenient method is promising and assessment of environmental quality in terms of instability development of organisms. This technique was tested for *Betula pendula* Roth., growing in different natural conditions and intercity areas cenoses Togliatti, Samara Oblast.

Keywords: fluctuating asymmetry, *Betula pendula* Roth., stable development, anthropogenic, biotic and abiotic factors.

Возникшая на базе биологического мониторинга, система фитомониторинга техногенного загрязнения городской среды рассматривает возможность использования высших растений в контроле качества городской среды (Беляева, Саксонов, 2014). В такую систему входит оценка среды на основе наблюдений за жизненным состоянием, составом и численностью видов растений – фитоиндикация (Макеева и др., 2002). С помощью фитоиндикации можно оценить уровень конкретного экологического фактора косвенным путем, не прибегая к трудоемким экспериментам, и дать объективную оценку экологической ситуации в городе, а также прогнозировать дальнейшее влия-

Юлия Витальевна Беляева, аспирант, woodik007@yandex.ru

ние различных факторов. Одним из перспективных методов интегральной оценки качества среды, а также жизненного состояния и жизнедеятельности в целом древесных растений, является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии морфологических структур (Татарина, 2000). Методика привлекательна тем, что идет работа по признакам, характеризующим общие морфологические особенности листа путем промеров листа у растений с билатерально симметричными листьями (Захаров и др., 2000). На основе полученных данных, можно говорить о нарушении стабильности развития у древесных растений под воздействием различных антропогенных факторов и в том числе биотических и абиотических факторов.

Выявление влияния техногенного загрязнения, производится путем сравнения исследуемых городских сообществ с природными аналогами.

Объектом исследования является *Betula pendula* Roth. – вид растений рода Берёза (*Betula*), семейства Берёзовые (*Betulaceae*). Это одна из наиболее быстрорастущих древесных пород (Булыгин, Ярмишко, 2003). При благоприятных условиях данный вид достигает 25-30 м в высоту и до 80 см в диаметре. Очень светолюбива, ее крона ажурна, пропускает много света. *Betula pendula* Roth. Средне- требовательна к плодородию почвы. Корневая система *Betula pendula* Roth. сильно развита, но проникает в почву неглубоко. Сравнительно недолговечна, живёт до 120 лет, реже до более взрослого возраста (Гроздова и др., 1986).

Предметом исследования является наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития – флуктуирующая асимметрия листа как результат неспособности организма развиваться по точно определенным путям (Егорова и др., 2000). Под флуктуирующей асимметрией понимают мелкие ненаправленные отклонения от симметричного состояния (Захаров и др., 2006).

Исследования проводились в 2013 г. Место исследования – город Тольятти, который расположен на левом берегу Волги напротив Жигулей. Расположен в лесостепной зоне, климат умеренно-континентальный, лето нередко засушливое. Были выбраны пять точек сбора материала: Узюковский лес (контроль), лес пригородный, парк Победы, улица Банькина, промзона. В качестве контроля были выбраны насаждения *Betula pendula* Roth., произрастающие в лесу в двадцати пяти километрах от города. Сбор материала производился в июне (так как конец июня, начало июля наступает прекращение роста листьев), июле и в августе. Каждая выборка состояла из 100 листьев (по 10 листьев с одного дерева), которые были взяты из нижней части кроны дерева, на уровне поднятой руки и выше, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, запад, восток и юг, относительно равномерно вокруг дерева. Далее производили анализ по каждому растению. Всего было обработано 1500 листьев. Отбирались средневозрастные, относительно здоровые деревья, произрастающие в сходных экологиче-

ских условиях. В полевых условиях оценка жизненного состояния производилась визуальным способом, учитывая описанные в литературе диагностические показатели, фотоизображения и шкалу категорий жизненного состояния деревьев. За основу была взята методика В.А. Алексеева (1990).

Для оценки величины флуктуирующей асимметрии выбирались признаки, характеризующие общие морфологические особенности листа. С одного листа снимались показатели по пяти параметрам с левой и правой стороны листа, а так же были учтены данные по форме макушки листа. В общей сложности было снято 16500 показателей для статистической обработки. Величина асимметрии у каждой особи определяется по различию числа структур слева и справа. Популяционная оценка выражалась средней арифметической этой величины. Для пластического признака величина асимметрии у особи рассчитывалась как различие в промерах слева и справа отнесенная к сумме промеров на двух сторонах. Использование такой относительной величины необходимо было для того, чтобы нивелировать зависимость величины асимметрии от величины самого признака.

Система пластических признаков (параметров) *Betula pendula* Roth., используемая для оценки показателя флуктуирующей асимметрии, следующая: параметр 1 – ширина левой и правой половинок листа (для измерения лист складывали пополам, совмещали верхушку с основанием листовой пластинки, потом разгибали лист и по образовавшейся складке производили измерения: измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа); параметр 2 – расстояние от основания до конца жилки второго порядка, второй от основания листа; параметр 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; параметр 4 – расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка; параметр 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка. Промеры 1-4 снимались циркулем-измерителем, угол между жилками 5 измерялся прозрачным транспортиром (с точностью до 1 градуса).

Величина флуктуирующей асимметрии различных, даже нескоррелированных между собой признаков часто показывает согласованные изменения. Таким образом, информация, получаемая в отношении лишь ограниченного набора морфологических признаков, позволяет охарактеризовать уровень стабильности развития организма в целом. Чем выше уровень значений этого показателя, тем ниже уровень гомеостаза развития. Для оценки степени нарушения стабильности развития (отклонений состояния) организма использовалась пятибалльная шкала, разработанная для *Betula pendula* Roth. в европейской части России (Захаров и др., 2000, 2006). Для занесения и хранения числовых значений измерений использовалось компьютерное программное обеспечение Microsoft Excel. При статистической обработке материала использовались общепринятые параметры (Кавеленова, 2006).

Величина интегрального показателя стабильности развития – среднего относительного различия между сторонами на признак – изменялась по ме-

сяцам (июнь, июль, август): выборка № 1 составила от 0,034 до 0,035, соответствует одному баллу; выборка № 2 составила от 0,040 до 0,039, соответствует от одного до двух баллов; выборка № 3 составила от 0,046 до 0,042, соответствует от двух до трех баллов; выборка № 4 составила от 0,046 до 0,044, соответствует от двух до трех баллов; выборка № 5 составила от 0,054 до 0,057, соответствует от четырех до пяти баллов. Среднее относительное различие на признак для всей выборки за летний период – изменялось в выборках от 0,035 до 0,056, что составило от одного до пяти балла в 2013 г. Обобщенные результаты измерений по всем выборкам за летний период 2013 г. можно увидеть в табл. 1 и на рисунке.

Анализ полученных результатов в 2013 г. свидетельствует, что величина асимметрии признака зависит от расположения выборки исследования по отношению к объектам загрязнения (табл. 2).

На выборке № 5 (Промышленная зона Автозаводского района, улица Коммунальная) показатель асимметричности составил 0,056, что соответствует критическому состоянию среды (5 баллов).

Существенными нарушениями от нормального состояния обладают улица Банькина (Центральный район) и Парк Победы (Автозаводской район) по показателю асимметрии, соответствуют 3 баллам (загрязнено, «тревога»). Такие значения наблюдаются в неблагоприятных условиях, растение находится в угнетенном состоянии. На территории леса (расположенным за пределами города) показатель асимметрии соответствует 2 баллам, что соответствует относительно чистому состоянию среды («норма»). И наконец, контрольная выборка №1 (Узюковский бор, двадцать пять километров от города) показала асимметрию 0,035 – соответствует 1 баллу, это значит «чисто».

Сравнивая результаты июня, июля и августа 2013 г., можно данные выборки отнести к четырем точкам:

Точка критического значения – где максимальный показатель флуктуирующей асимметрии в 0,056 даже вышел за пределы критического состояния (0,055) – это Промышленная зона Автозаводского района. Здесь наблюдаются вредные неблагоприятные условия. **Точка загрязнения** – показатель флуктуирующей асимметрии 0,045 говорит о загрязненных районах – это Парк Победы Автозаводского района и улица Банькина Центрального района. **Точка относительной чистоты** – показатель флуктуирующей асимметрии 0,040 свидетельствует о незначительных нарушениях гомеостаза развития и об относительно благоприятной экологической обстановке – Лес городской. Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов. **Точка условной нормы** – показатель флуктуирующей асимметрии 0,035 свидетельствует о чистой, благоприятной обстановке – Узюковский бор. Сходный уровень показателя флуктуирующей асимметрии на территории Узюковского леса в 25 км от города и показателей в литературных источниках, позволяет использовать в качестве условного контроля именно этот район.

Таблица 1

Обобщенные результаты измерений
по всем выборкам за летний период 2013 г.

Выборка	Наименование	Интегральный показатель, 2013 г.				балл
		июнь	июль	август	лето	
1	Узюковский бор	0,034	0,035	0,035	0,035	1
2	Лес пригородный	0,040	0,040	0,039	0,040	2
3	Парк Победы	0,046	0,046	0,042	0,045	3
4	Баныкина улица	0,046	0,044	0,044	0,045	3
5	Промзона	0,056	0,054	0,057	0,056	5

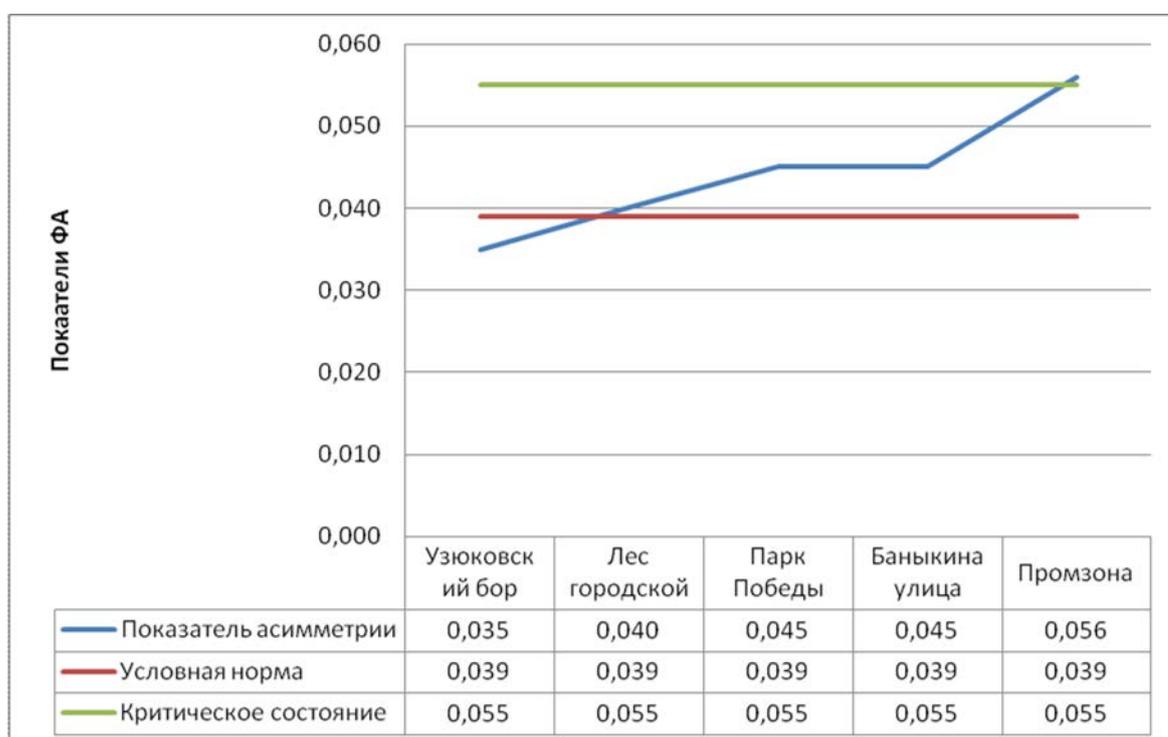


Рисунок. Сравнение полученных показателей ФА *Betula pendula* Roth. с нормативными показателями за лето 2013 г.

Характеристики точек сбора листьев
с образцами листовых пластинок *Betula pendula* Roth.

№	Характеристика выборки	Образцы листовых пластинок с выборки
1	<p>Узюковский бор (Узюковское лесничество Самарской области, 25 км от города) – контроль.</p> <p>Смешанный хвойно-лиственный лес за пределами города. Естественные насаждения. Деревья: береза повислая, сосна обыкновенная, рябина обыкновенная, дуб черешчатый, осина (тополь дрожащий), клен остролистный и т.д. Растения: крапива двудомная, сныть, костанка, ландыш, костер, мятлик, овсяница, иван-да-марья, лекарственная ромашка, полевой хвощ, мох зеленый.</p> <p>Источника техногенного загрязнения нет.</p>	 <p align="center">Узюковский бор</p>
2	<p>Лес пригородный (Тольяттинское лесничество, Автозаводской район).</p> <p>Смешанный хвойно-лиственный лес за пределами города (один километр от города). Естественные насаждения. Деревья: береза повислая, сосна обыкновенная, рябина обыкновенная, клен американский, клен остролистный, липа мелколистная, осина (тополь дрожащий), дуб черешчатый, бузина и т.д. Растения: крапива двудомная, сныть, костанка, ландыш, костер, мятлик, овсяница, лекарственная ромашка, полевой хвощ и т.д.</p> <p>Источника техногенного загрязнения нет.</p>	 <p align="center">пригородный лес</p>
3	<p>Парк Победы (Автозаводской район, г. Тольятти). Искусственные насаждения. Деревья: береза повислая, липа крупнолистная, тополь душистый, рябина обыкновенная, яблоня ягодная и т.д. Растения: мятлик, полевика, осот, пырей, сныть, полевой хвощ и т.д.</p> <p>Городские объекты: Дворец спорта «Волгарь», стадион «Торпедо», спортивный комплекс «Олимп», АЗС «ТНК», МАУ ДКИТ.</p> <p>Источники техногенного воздействия: густая сеть автодорог, пять остановок вокруг парка, четыре перекрестка, пропускной поток 1600-1900 единиц разнотипных транспортных средств в час в одну сторону.</p>	 <p align="center">Парк Победы</p>

№	Характеристика выборки	Образцы листовых пластинок с выборки
4	<p>Улица Баныкина (Центральный район, г. Тольятти).</p> <p>Искусственные насаждения. Деревья: береза повислая, тополь душистый, клены американский и остролистный и т.д. Растения: горец птичий, пырей ползучий и т.д.</p> <p>Городские объекты: Спидвейный трек «СТК им. Степанова», плавательный бассейн «Старт», Центральный автовокзал, ТГУ, Мэрия г.о.Тольятти, спортивный комплекс «Кристалл».</p> <p>Источники техногенного воздействия: густая сеть автодорог, 4 остановки рядом с местом сбора, один перекресток, пропускной поток 1000-1700 единиц разнотипных транспортных средств в час в одну сторону. Наружные силовые кабели, троллейбусные линии – источники электромагнитных полей.</p>	 <p style="text-align: center;">улица Баныкина</p>
5	<p>Промышленная зона (Автозаводской район, г. Тольятти).</p> <p>Искусственные насаждения. Деревья: береза повислая, тополь душистый, яблоня домашняя и т.д. Растения: горец птичий, сныть, пырей ползучий и т.д.</p> <p>Городские объекты: ЗЖБК ЗАО «Завод железобетонных конструкций», Железнодорожный вокзал, мастерская по ремонту электродвигателей.</p> <p>Источники техногенного воздействия: густая сеть автодорог, пропускной поток 1500-1900 единиц транспортных средств (преобладание грузовых машин, 70-80%) в час в одну сторону. Наружные силовые кабели, троллейбусные линии – источники электромагнитных полей.</p>	 <p style="text-align: center;">Промзона</p>

Показатель асимметрии указывает на наличие в среде обитания живых организмов негативного фактора. Это могут быть абиотические (затенение, бедная почва, погода года, климат), биотические (обитание биологического объекта на краю ареала) и антропогенные (урбанизация, автотранспорт, загрязнение вредными веществами) факторы (MacFarlena, 2002). Показатель откликается повышением на изменение фактора и стабилен при адаптации к имеющимся условиям. Таким образом, на основании периодического вычис-

ления показателя можно проследить изменения условий обитания объекта и состояния самого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В.А.** Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. 197 с.
- Беляева Ю.В., Саксонов С.В.** Критерии оценки эффективности зеленых насаждений города Тольятти // Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социально-экономических систем. Материалы междунар. конф. 19-21 мая 2014 г. Самара-Тольятти. Тольятти: Кассандара; Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2014. С. 34-38.
- Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т.** Дендрология: учебник. 2-е изд. стер. М.: МГУЛ, 2003. 528 с.
- Гроздова Н.Б., Некрасов В.И., Глоба-Михайленко Д.А.** Деревья, кустарники и лианы. М: Лесн. пром-сть, 1986.
- Егорова Е.И., Белолипецкая В.И.** Биотестирование и биоиндикация окружающей среды. Обнинск, 2000. 80 с.
- Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др.** Здоровье среды: методы оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
- Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. и др.** Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2006. 68с.
- Кавеленова Л.М.** Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи. Самара: Изд-во «Универс групп», 2006. 223 с.
- Макеева Т.И., Никонова Г.Н.** Оценка антропогенной нагрузки на территории по показателям стабильности развития растений // Проблемы и пути их решения: науч.-практ. конф., Москва, 30-31 окт., 2002. Материалы конференции. М., 2002. С. 201-207.
- Татарина Т.А.** Морфофизиологические особенности состояния древесных растений в городских экосистемах // Международная межвузовская школа-семинар по экологии, Москва, 17-21 апр., 2000. Материалы семинара. М., 2000. С. 38-39.
- MacFarlena G.R.** Leaf biochemical parameters in *Avicennia marina* (Forsk) Vierh as potential biomarkers of heavy metal stress in estuarine ecosystems // *Marine Pollution Bull.* 2002. V. 44, N 3. P. 244-256.