

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
Центральный ботанический сад  
Научно-практический центр по биоресурсам  
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича  
Институт леса



## **Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов**

Материалы III Международной конференции,  
посвященной 110-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского  
(7–9 октября 2015 г., Минск, Беларусь)

**В двух частях  
Часть 1**

**Секция 1. Ресурсы и биоразнообразие растительного мира:  
современное состояние, воспроизводство, охрана  
и устойчивое использование**

**Секция 2. Современные направления изучения  
ботанических коллекций для сохранения  
и рационального использования  
биоразнообразия растительного мира**

Минск  
«Конфидо»  
2015

УДК 502.174:574.1(082)

ББК 20.18я43

П78

**Редакционная коллегия:**

*д.б.н., чл.-кор. НАН Беларуси В.В. Титок (ответственный редактор),*

*д.б.н. Е.И. Анисимова,*

*к.б.н. Б.Ю. Аношенко,*

*к.б.н. Д.Б. Беломесецева,*

*к.б.н. П.Н. Белый,*

*д.б.н. Е.И. Бычкова,*

*к.б.н. Т.В. Волкова,*

*к.б.н. Л.В. Гончарова,*

*д.б.н. С.А. Дмитриева,*

*к.б.н. Е.Я. Куликова,*

*к.б.н. А.В. Пугачевский,*

*д.б.н., чл.-кор. НАН Беларуси В.П. Семенченко,*

*к.б.н. В.А. Цинкевич*

Материалы печатаются в авторской редакции.

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций.

П78 **Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов:** материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского. (7–9 октября 2015, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: В.В. Титок [и др.]. – Минск: Конфидо, 2015. – 514 с.

ISBN 978-985-6777-74-8.

В сборнике представлены материалы III Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов», посвященной 110-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского. Часть 1: секция 1 «Ресурсы и биоразнообразие растительного мира: современное состояние, воспроизводство, охрана и устойчивое использование» и секция 2 «Современные направления изучения ботанических коллекций для сохранения и рационального использования биоразнообразия растительного мира».

**УДК 502.174:574.1(082)**

**ББК 20.18я43**

**ISBN 978-985-6777-74-8**

© ГНУ «Центральный ботанический сад  
Национальной академии наук Беларуси», 2015  
© Оформление. ЗАО «Конфидо», 2015

## Дендрофлора как объект для оценки качества среды в Брестской, Гродненской и Гомельской областях

Кароза С.Э.

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь, karoza01@ya.ru*

**Резюме.** Использовали методологию оценки здоровья среды, основанную на расчете степени флуктуирующей асимметрии листьев древесных растений. Установлена возможность оценки экологического условия произрастания липы (*Tilia cordata* Mill.), клена (*Acer platanoides* L.) и тополя (*Populus nigra* L.) с помощью показателя асимметрии листовой пластины.

**Summary.** Karoza S.E. **Dendroflora as an object for the estimation of the environment's quality in the Brest, Grodno and Gomel regions.** We used the methodology of environmental health evaluation, which is based on a calculation of the degree of leaves of wood plants fluctuating asymmetry. The possibility to evaluate ecological conditions of linden (*Tilia cordata* Mill.), maple (*Acer platanoides* L.) and poplar (*Populus nigra* L.) with the leaf plate asymmetry index help is determined.

Экологическая обстановка в Беларуси, несмотря на принимаемые меры, в силу ряда причин остается сравнительно неблагоприятной, особенно в городах с развитой промышленностью. Большой вклад в загрязнение среды вносит увеличение количества автотранспорта [1]. Это отрицательно влияет не только на здоровье населения, но и на состояние всех организмов биоценозов, подвергающихся антропогенной нагрузке. Но даже одинаковая антропогенная нагрузка может неодинаково воздействовать на разные экосистемы и их объекты, так как на уровень воздействия экологических факторов влияют климат, геологические особенности, ландшафт, степень хозяйственной освоенности

территории и другие, часто очень трудно учитываемые факторы [2]. В этих условиях целесообразно проводить оценку состояния окружающей природной среды всеми доступными методами, в том числе с помощью биомониторинга. В качестве модельных объектов для биомониторинга можно использовать представителей различных царств. Но обычно выбирают наиболее доступные и массовые объекты: растения и беспозвоночные. Достаточно перспективным направлением является фитоиндикация, так как растения не передвигаются, имеют большую ассимиляционную поверхность и поэтому чувствительны ко всему комплексу неблагоприятных условий среды [3].

Одним из методов биомониторинга является оценка стабильности развития популяций по степени флуктуирующей асимметрии. Флуктуирующая асимметрия представляет собой случайные незначительные отклонения от симметричного состояния билатеральных морфологических структур, обусловленные стохастичностью молекулярных процессов, лежащих в основе экспрессии генов [4]. По мнению В.М. Захарова, повышение флуктуирующей асимметрии на групповом уровне указывает на дестабилизацию процесса развития в популяции. Она наблюдается на относительно низком уровне нарушений, что дает возможность использовать ее как неспецифический индикатор незначительного отклонения параметров среды от фонового состояния. Такой подход потенциально позволяет на основе фенотипического анализа определить наиболее уязвимые элементы экосистемы и оценить ее состояние в целом, в том числе и на загрязненных радионуклидами территориях [5]. Минимальный показатель степени флуктуирующей асимметрии обнаруживается при оптимальном значении или небольшом диапазоне исследуемых параметров среды. При отклонении параметров среды от оптимальных значений ее уровень неспецифично возрастает.

В качестве объектов для биомониторинга среды по степени флуктуирующей асимметрии удобно использовать листовые пластинки древесных культур, так как их изъятие в достаточном для статистической обработки количестве не приводит к гибели или даже ухудшению состояния растений. В России наиболее часто для этой цели как на охраняемых природных территориях, так и в загрязненных районах анализировали листья березы повислой и липы мелколистной, в отдельных публикациях найдены сведения об использовании дуба черешчатого и ольхи черной [6]. В Беларуси найдены сведения о применении в таких исследованиях только березы повислой [7]. В г. Бресте этим методом было достаточно подробно проанализировано экологическое состояние различных районов города [8].

Целью исследований являлось расширение спектра используемых в Беларуси видов древесных растений для биомониторинга методом оценки степени флуктуирующей асимметрии. Для этого использовали попарное сравнение степени флуктуирующей асимметрии в выборках липы сердцевидной, клена остролистного и тополя черного, произрастающих на одних и тех же участках. Первоначально оценивали степень флуктуирующей асимметрии липы (*Tilia cordata* Mill.), так как для анализа ее листовых пластинок существуют методические рекомендации [6]. Но, по исследованиям С.Г. Баранова, только один из признаков отражал стабильность развития и показал существенное высокое значение флуктуирующей асимметрии, характеризующее популяцию в г. Климовске как неблагополучную. Поэтому автор сделал вывод о малой пригодности предложенных признаков листовой пластинки для оценки стабильности развития [9]. Однако Л.И. Аткина в Екатеринбурге использовала аналогичные признаки и балльную шкалу, применяемые для березы повислой, и пришла к выводу о возможности оценки экологических условий произрастания липы мелколистной с помощью показателя асимметрии листовой пластинки [10].

Для сравнительного анализа флуктуирующей асимметрии первоначально использовали по 100 листьев от пяти деревьев каждого вида из двух точек г. Бреста. Анализ листьев березы проводили стандартно по унифицированной интегральной системе морфогенетических показателей [4]. Статистическую обработку выполняли в Microsoft Excel при помощи макросов. Для оценки степени нарушения стабильности развития использовали пятибалльную шкалу оценки отклонений состояния организма от условной нормы. Пер-

вый балл шкалы характерен для выборок растений из благоприятных условий, а пятый балл – критическое значение, характерное для сильно загрязненных территорий. Оценку стабильности развития по липе сердцевидной также проводили по пяти признакам, близким к таковым для березы (рис. 1).

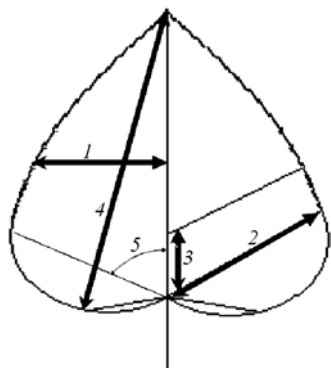


Рис. 1. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития липы сердцевидной

В г. Слониме Гродненской области анализировали первоначально по 100, а затем по 400 листьев из нижней части кроны от пяти деревьев липы сердцевидной, собранных из пяти точек города с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Полученные по г. Бресту результаты свидетельствовали о существенном изменении состояния растений (соответствующем 4-му баллу шкалы) в районе, загрязненном выхлопными газами транспорта. Различия были достоверными с вероятностью 0,001. Попарное сравнение показателей листьев березы и липы показало, что различия между выборками липы из разных точек также были достоверны, а между выборками листьев березы и липы из одинаковых точек – недостоверны [11]. Таким образом, сделан вывод, что при применении выбранных пяти признаков липа сердцевидная может использоваться для оценки состояния окружающей среды в экологических исследованиях с ориентировкой на балльную шкалу, разработанную для березы повислой.

В г. Слониме при размере выборок в 100 листьев в четырех из пяти точек сбора степень флуктуирующей асимметрии была небольшой, соответствующей II баллу шкалы (на границе II и III баллов) (табл. 1). При увеличении размера выборки до 400 листьев размер показателя в двух выборках незначительно повысился, и состояние среды в них стало соответствовать III баллу шкалы [12].

Таблица 1. Интегральный показатель стабильности развития липы сердцевидной в разных районах г. Слонима при различных размерах выборки ( $n$ )

Место сбора	Интегральный показатель стабильности развития		Балл по шкале оценки отклонений от условной нормы	
	$n = 100$	$n = 400$	$n = 100$	$n = 400$
Парк (1)	0,0438±0,00062	0,0451±0,00046	II	III
Ул. Мирошника (2)	0,0477±0,00044	0,0468±0,00044	III	III
Ул. Ершова (3)	0,0428±0,00038	0,0407±0,00031	II	II
Район Альбертин (4)	0,0441±0,00039	0,0460±0,00037	II	III
Ул. Советская (5)	0,0415±0,00033	0,0397±0,00033	II	II

При попарном сравнении показателей флуктуирующей асимметрии при выборке в 100 листьев было установлено, что различия были достоверны по критерию Стьюдента с вероятностью 0,05 только между 2-й и 5-й выборками. При анализе выборок из 400 листьев между 1-й и 3-й выборками различия стали достоверными с  $P = 0,01$ , а между выборками 1 и 5, 2 и 3, 2 и 5, 3 и 4, 4 и 5 – с  $P = 0,001$ . Вероятно, объем выборки в 100 листьев является не совсем достаточным, а в 400 – избыточным. Возможно, оптимальной может быть выборка в 200 листьев.

Листья клена остролистного (*Acer platanoides* L.) явились объектом исследования в г. Калининичи Гомельской области. Для их анализа была разработана своя система промеров, также включающая пять признаков (рис. 2).

Результаты анализа степени флуктуирующей асимметрии для выборок из 300 листьев свидетельствовали о том, что балльную шкалу оценки состояния качества среды, разработанную В.М. Захаровым для березы повислой, нельзя использовать для клена

остролистного, так как интегральный показатель у листовых пластинок клена оказался намного выше, и все выборки клена и березы различались с максимальной степенью достоверности (табл. 2). Вероятно, для клена требуется разработка собственной балльной шкалы, но можно приблизительно ориентироваться на шкалу, предложенную для березы А.Б. Стрельцовым [13].

Исследования по сравнению степени флуктуирующей асимметрии листьев тополя черного и березы повислой проводили в г. Кобрине и окрестностях д. Городечно по тем же пяти признакам, принятым для березы повислой (табл. 3). Анализ результатов показал, что рассчитанные показатели в обоих случаях в городской черте выше, но при этом их значения для тополя намного больше, чем для березы. Разница между двумя выборками листьев березы и двумя выборками листьев тополя по критерию Стьюдента была

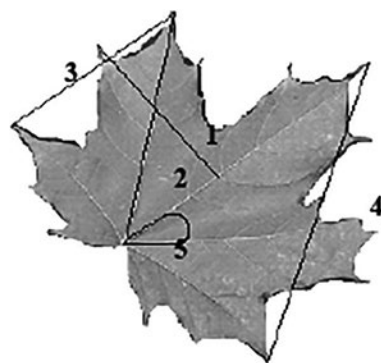


Рис. 2. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития клена остролистного

Таблица 2. Коэффициент флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой и клена остролистного в г. Калинковичи

№ выборки	ул. Князева		ул. 50 лет Октября		Парк культуры и отдыха	
	Береза	Клен	Береза	Клен	Береза	Клен
1	0,040±0,0005	0,062±0,0016	0,044±0,0014	0,062±0,0015	0,040±0,0005	0,050±0,0004
2	0,043±0,0015	0,063±0,0016	0,050±0,0006	0,062±0,0018	0,040±0,0003	0,050±0,0007
3	0,040±0,0006	0,063±0,0017	0,045±0,0014	0,065±0,0016	0,042±0,0016	0,055±0,0016
Среднее	0,041±0,0005	0,063±0,0017	0,046±0,0015	0,063±0,0017	0,041±0,0005	0,052±0,0007

Таблица 3. Интегральный показатель степени флуктуирующей асимметрии листьев березы и тополя черного в г. Кобрине и д. Городечно

Объект исследования	Место отбора проб	
	г. Кобрин	д. Городечно
Береза повислая	0,0592±0,0018	0,0547±0,0020
Тополь черный	0,0812±0,0032	0,0789±0,0026

недостоверна, а попарное сравнение значений тополя и березы показало максимальную достоверность различий. Таким образом, при оценке качества среды по анализу степени флуктуирующей асимметрии листьев тополя [14] нельзя ориентироваться даже на шкалу А.Б. Стрельцова, и до создания адекватной шкалы можно сравнивать только абсолютные значения. Но и для березы повислой величина интегрального показателя была очень высокой, что, впрочем, отмечал и А.П. Колбас, где в условиях г. Бреста показатель флуктуирующей асимметрии в разных точках варьировался в 0,047–0,097, и даже фоновый мониторинг в НП «Беловежская пуца» показал высокие значения нестабильности (третья категория) [8].

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- липа сердцелистная, клен остролистный и тополь черный могут использоваться наряду с березой повислой для целей биомониторинга методом определения интегрального показателя степени флуктуирующей асимметрии;
- для липы можно использовать разработанную для березы повислой шкалу для перевода абсолютных значений этого показателя в степень благоприятности среды, а для клена остролистного и особенно тополя черного требуется разработка индивидуальных переводных таблиц.

## Список литературы

6. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2012 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь / под общ. ред. С.И. Кузьмина. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые, граф. данные (173 Мб). – Минск, «БелНИЦ «Экология». – 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
7. Каплин, В.Г. Биоиндикация состояния экосистем / В.Г. Каплин, – Самара, 2001. – 143 с.
8. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – Киев: Наукова думка, 1978. – 246 с.
9. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров [и др.] – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
10. Захаров, В.М. Последствия Чернобыльской катастрофы. Здоровье среды / В.М. Захаров, Е.Ю. Крысанова. – М.: Моск. отд. Международного фонда «Биотест», 1996. – 88 с.
11. Захаров, В.М. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили. – М.: Изд. Центра экол. политики России, 2001. – 78 с.
12. Крапивина, Н.С. Анализ качества городской среды на основе биотестирования / Н.С. Крапивина, В.Н. Кипень, С.Б. Мельнов // Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века: материалы 10-й междунар. науч. конф., 20–21 мая 2010 года, г. Минск, Республика Беларусь. – Минск, 2010. – С. 210–211.
13. Колбас, А.П. Использование показателей стабильности развития древесных растений для оценки качества среды городских территорий (на примере г. Бреста) / А.П. Колбас // Природнае асяроддзя Полесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зборнік навуковых прац, Т. 1 – Брэст, 2010. – С. 60–64.
14. Баранов, С.Г. Изучение признаков для оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластины липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) южной части Московской области / С.Г. Баранов // Фундаментальные медико-биологические науки и практическое здравоохранение: сборник науч. тр. по материалам 1-й междунар. телеконф., СибГМУ, Томск, 20 янв.–20 февр. 2010 г. / СибГМУ; редкол.: Н.Н. Ильинских [и др.]. – Томск, 2010. – С. 43–46.
15. Аткина, Л.И. Опыт использования липы мелколистной для фитомониторинга в г. Екатеринбург / Л.И. Аткина, А.Л. Агафонова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2009. – Вып. 189. – С. 22–24.
16. Басалай, Е.Н. Оценка здоровья среды в Брестском районе по степени флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой и липы сердцевидной / Е.Н. Басалай, С.Э. Кароза // Состояние природной среды Полесья и сопредельных территорий: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов. Брест, 23–24 марта 2012 г. / Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина; под общ. ред. Л.Н. Усачевой. – Брест, 2012. – С.21–23.
17. Докшина, А.Ю. Оценка здоровья среды в г. Слониме по степени флуктуирующей асимметрии листьев липы сердцевидной / А.Ю. Докшина, С.Э. Кароза // Эколог. вестн. – 2011. – № 2 (16). – С. 27–32.
18. Стрельцов, А.Б. Региональная система биомониторинга / А.Б. Стрельцов. – Калуга: Изд-во Калужского ЦНТИ, 2003. – 158с.
19. Крупко, К.В. Тополь черный как объект для биомониторинга методом анализа степени флуктуирующей асимметрии листьев / К.В. Крупко // Сб. материалов 2-й региональной науч.-практ. конф. молодых ученых; Брест, 23 апреля 2015 г. / Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина; под общ. ред. С.М. Ленивко. – Брест, 2015. – С. 37.