

УДК 574.4:504.054:666.94 (476)

А. М. Николайчук¹, М. Н. Вашкевич²

¹Кандидат биологических наук, лаборатория экологической физиологии растений ГНУ, старший научный сотрудник, «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

²Младший научный сотрудник, лаборатория экологической физиологии растений ГНУ, «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ ЗАВОДОВ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С использованием методики оценки качества среды по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой проведено изучение морфологических показателей исследуемого объекта в точках, заложенных на различном расстоянии от заводов цементной промышленности нашей республики, а также определено качество среды. Результаты исследований показали, что уровень флуктуирующей асимметрии чувствителен к действию промышленного загрязнения. Огромное влияние на него оказывает расстояние от источника загрязнения, а также открытость и защищенность участка.

Ключевые слова: асимметрия, листовая пластинка, техногенное воздействие, устойчивость, предприятия цементной промышленности.

Введение

Актуальность экологического мониторинга приобрела особую значимость в конце XX в. с увеличением антропогенного воздействия на окружающую среду. Важный элемент биологического мониторинга – растения. Древесные растения выступают в роли своеобразного живого фильтра, поглощая из воздуха пыль и разнообразные химические загрязнения. Согласно исследованиям некоторых ученых, растительность поглощает из воздуха и связывает 50-60% токсических газов, в то время как атмосферная влага – 5-20%, почва – 5-10%, водоемы и животные – менее 5% [1]–[3]. Степень устойчивости растений даже к одному и тому же виду токсических газов зависит от многих причин: расстояния от источника загрязнения, времени суток, погодных условий, интенсивности выброса вредных примесей, а также от физико-географических условий.

Использование фитоиндикационных методов позволяет получить более объективную информацию о состоянии растений, произрастающих в зонах повышенной антропогенной нагрузки, а также дает основание для экологического прогноза на исследуемой территории. Одним из перспективных подходов для интегральной биологической характеристики среды является оценка состояния популяций по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии (ФА) морфологических структур [4].

Принцип метода основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины растения под действием антропогенных факторов. ФА представляет собой незначительные ненаправленные различия между правой и левой сторонами и является результатом ошибок в ходе индивидуального развития организма. При нормальном состоянии окружающей среды их уровень минимален, а при возрастающем негативном воздействии увеличивается, что ведет к повышению асимметрии. Показатель ФА позволяет фиксировать даже незначительные отклонения параметров среды, еще не приводящих к существенному снижению жизнеспособности особи [5].

При формировании листовой пластины, по мере накопления токсических веществ, происходит торможение ростовых процессов и деформация листа. При окончательном формировании листовых пластин на деревьях, испытывающих высокую техногенную нагрузку, их площади меньше, чем на деревьях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях [6].

Стабильность развития, т.е. способность организма функционировать без отклонений от нормы, является чувствительным показателем состояния природных популяций. В свою очередь, оценка ФА представляет собой и способ формализации степени этих отклонений [6].

Кроме того, метод ФА достаточно прост с точки зрения сбора, хранения и обработки материала. Он не требует специального сложного оборудования, но при этом позволяет получить интегральную оценку состояния организма при всем комплексе возможных воздействий [4].

Цель и методы исследования.

Целью нашего исследования явилось определение качества здоровья среды путем изучения флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающей на различном удалении от цементных заводов нашей республики.

Для решения поставленной задачи нами были отобраны листья березы повислой из семи точек, характеризующихся разной удаленностью от основных источников загрязнения (цементных заводов):

Точка 1. Красносельский завод стройматериалов. Лесополоса у завода.

Точка 2. Красносельский завод стройматериалов (Росское лесничество, ПП-3). Лесополоса на расстоянии 2 км 300 м от завода.

Точка 3. Красносельский завод стройматериалов (Юго-восточнее от завода). Отдельно стоящие деревья березы повислой на расстоянии 2 км 600 м от завода.

Точка 4. Кричевский цементный завод (Краснобудское лесничество, ПП-2). Лесополоса на расстоянии 2 км 450 м от завода.

Точка 5. Кричевский цементный завод (Краснобудское лесничество, ПП-3). Лесополоса на расстоянии 3 км 380 м от завода.

Точка 6. Костюковичский цементный завод (Костюковичское лесничество, ПП-1). Лесополоса на расстоянии 2 км 260 м от завода.

Точка 7. Волковысский район (контроль). Точка была взята в качестве контроля на расстоянии 40 км от Красносельского цементного завода.

Сбор листьев проводился в июле 2016 г. Каждая выборка включала в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений) [6]. Для исследования выбирали деревья, достигшие генеративного возрастного состояния. Листья собирали из нижней части кроны, с укороченных побегов.

Методика определения стабильности развития *Betula pendula* Roth по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок основана на системе промеров листа. Для этого на каждой листовой пластинке выполнялось по 5 измерений с левой и правой стороны листа. Никакой специальной обработки и подготовки материала не требуется. Материал был обработан сразу после сбора. Измерения проводились на свежесобранном материале в лабораторных условиях с помощью измерительного циркуля, линейки и транспортира. Расчет интегрального показателя стабильности развития производился по методике В.М. Захарова [6].

Все расчеты производились с помощью программы Microsoft Office Excel 2010. Для оценки качества среды использовалась пятибалльная шкала степени нарушения стабильности развития *Betula pendula* Roth, разработанная В.М. Захаровым и др. (таблица 1). Пока такая шкала предложена только для березы, поскольку для этого объекта собран достаточно обширный материал.

Таблица 1. – Балльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине флуктуирующей асимметрии для листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) (по В.М. Захарову, 2000)

Балл	Качество среды	ФА
I	Условно нормальное	< 0,040
II	Начальные (незначительные) отклонения от нормы	0,040–0,044
III	Средний уровень отклонения от нормы	0,045–0,049
IV	Существенные (значительные) отклонения от нормы	0,050–0,054
V	Критическое состояние	> 0,054

Значения интегрального показателя асимметрии, 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 [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Как видно из таблицы 2, интегральный показатель стабильности развития березы повислой во всех обследованных нами точках превышает величину условной нормы (<0,040). В районах Костюковичского цементного завода (в точке ПП-1) и Красносельского завода стройматериалов зафиксированы наиболее высокие показатели ФА (0,059 и 0,055), что соответствует V баллам по шкале оценки качества среды и характеризуется как критическое состояние.

Таблица 2. – Показатели ФА *Betula Pendula* Roth на обследованных объектах

Район исследования	Место сбора образцов	Интегральный показатель ФА	Балл состояния	Качество среды
Красносельский завод стройматериалов	Красносельский завод стройматериалов	0,055	V	Критическое состояние
	Юго-восточнее от завода	0,050	IV	Существенное отклонение от нормы
	ПП-3 Росское лесничество	0,047	III	Средний уровень отклонения от нормы
Кричевский цементный завод	ПП-2 Краснобудское лесничество	0,053	IV	Существенное отклонение от нормы
	ПП-3 Краснобудское лесничество	0,046	III	Средний уровень отклонения от нормы
Костюковичский цементный завод	ПП-1 Костюковичское лесничество	0,059	V	Критическое состояние
Волковысский район	ПП-9 Контроль	0,042	II	Незначительное отклонение от нормы

Существенное отклонение от нормы отмечается на расстоянии 2 км 450 м от Кричевского цементного завода в точке ПП-2, а также в районе Красносельского завода стройматериалов у березы повислой, произрастающей юго-восточнее от завода, соответствует IV баллу по шкале оценки качества среды.

Минимальным коэффициентом характеризуется выборка листьев березы повислой в Волковысском районе (0,042), качество среды здесь оценивается как «незначительное отклонение от нормы» и соответствует II баллам по шкале оценки качества среды. В точках ПП-3, расположенных в Росском и Краснобудском лесничествах, интегральный показатель стабильности развития для березы повислой составляет 0,047 и 0,046 соответственно и характеризуется как средний уровень отклонения от нормы.

Как видно из рисунка 1, на территории, прилегающей к Красносельскому заводу стройматериалов, прослеживается взаимосвязь показателей величины ФА от расстояния объекта исследования до источника загрязнения. Отмечено, что интегральный показатель стабильности развития уменьшается по мере удаления от источника загрязнения (в скобках показано расстояние от завода до точки отбора проб листьев березы для измерения ФА). Тем не менее, в юго-восточной точке от завода, которая находится на расстоянии 2 км 600 м, у отдельно стоящих деревьев березы повислой показатель ФА листьев выше, чем у листьев, отобранных в Росском лесничестве на расстоянии 2 км 300 м от завода, что может объясняться направлением преобладающих ветров, выпадением осадков и др.

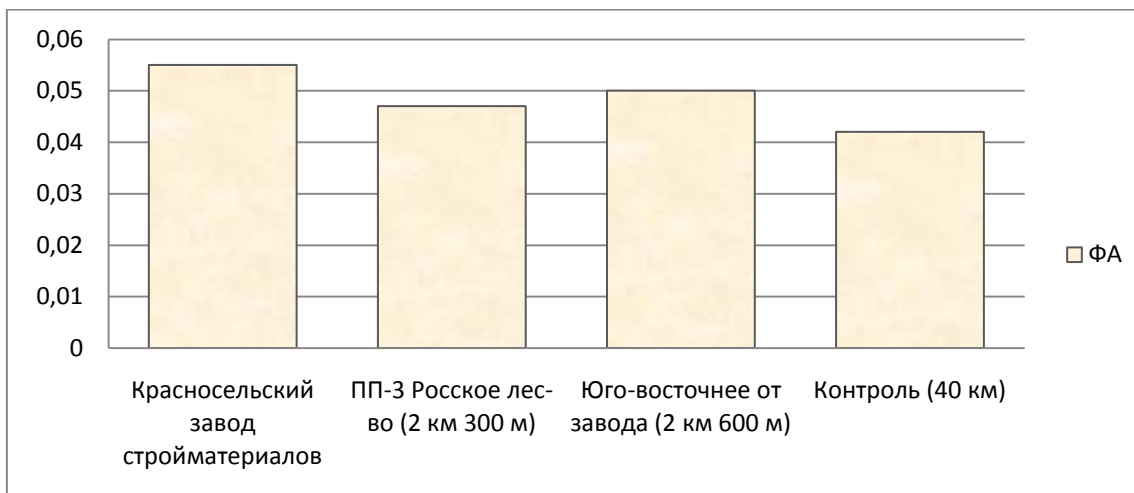


Рисунок 1. – Изменение величины ФА в зависимости от расстояния до Красносельского завода стройматериалов

На рисунке 2 показаны средние величины ФА листьев березы повислой в зависимости от завода, на территории которого были отобраны пробы листьев. Так, наиболее высокие показатели зафиксированы на территории Костюковичского цементного завода – 0,059, что соответствует критическому состоянию окружающей среды и V баллам по шкале оценки качества среды. На территории Красносельского завода стройматериалов данный показатель равен 0,051 (существенное отклонение от нормы). На территории Кричевского цементного завода качество среды соответствует III баллам и характеризуется как средний уровень отклонения от нормы (0,049).

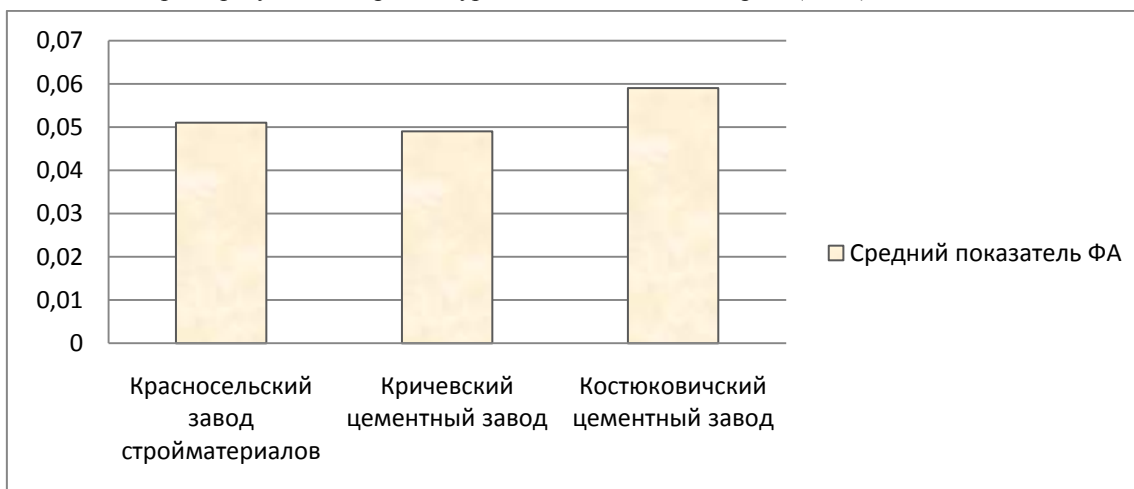


Рисунок 2. – Средние показатели ФА *Betula Pendula* Roth по районам исследования

Выводы

Показатели стабильности развития у выборок листьев березы повислой, взятых на различном удалении от заводов, указывают на высокий уровень техногенного воздействия и превышают условную норму в каждой из 7 исследованных выборок ($<0,040$).

В соответствии с условной шкалой отклонения от нормы определен уровень загрязнения выбросами цементной промышленности в исследованных районах.

Было установлено, что на показатель ФА в промышленной среде огромное влияние имеет расстояние от источника загрязнения, а также открытость и защищенность участка. Отмечено, что высокие показатели ФА наблюдаются не только вблизи заводов, но и на расстоянии более 2,5 км от завода, что вероятно, связано с выпадением осадков, направлением ветра, открытостью участка.

Согласно нашим исследованиям, предприятия белорусской цементной промышленности можно расположить в следующий ряд по уменьшению показателя флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой и, следовательно, улучшению экологических условий: Костюковичский цементный завод – Красносельский завод стройматериалов – Кричевский цементный завод.

Перечень сокращений:

ГНУ – Государственное научное учреждение

НАН – Национальная академия наук

ПП – пробная площадь

ФА – флуктуирующая асимметрия

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Илькун, Г. М. Принципы подбора растений для озеленения промышленных предприятий / Г. М. Илькун // Растения и промышленная среда. – Киев, 1976. – С. 164–167.
2. Николаевский, В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Новосибирск : Наука, 1979. – 280 с.
3. Сергейчик, С. А. Газопоглодительная способность растений и аккумуляция в них элементов промышленных загрязнений / С. А. Сергейчик // Оптимизация окружающей среды средствами озеленения. – Минск : Наука и техника, 1985. – С. 68–75.
4. Кряжева, Н. Г. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения / Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, В. М. Захаров // Экология. – 1996. – №6. – С. 441–444.
5. Здоровье среды: практика оценки / В. М. Захаров [и др.]. – М. : Центр экологической политики России, 2000. – 318 с.
6. Здоровье среды: методы оценки / В. М. Захаров [и др.]. – М. : Центр экологической политики России, 2000. – 65 с.
7. Криволуцкий, Д. А. Биондикация и биомониторинг / Д. А. Криволуцкий. – М. : Наука, 1991. – 288 с.

Поступила в редакцию 17.11.16

E-mail: alla_nik77@mail.ru.

Nikolaichuk A. M., Vashkevich. M. N.

Using the methodology for assessing the quality of the environment on the birch leaf fluctuating asymmetry *Betula pendula* studied the morphological parameters of the object at the points laid at different distances from the plants of the cement industry of our country, as well as to determine the quality of the environment. The results showed that the level of fluctuating asymmetry is sensitive to the effects of industrial pollution. A huge influence on him has a distance from the source of pollution, as well as the transparency and security of the site.

Keywords: asymmetry, sheet plate, technogenic influence, stability, enterprises of the cement industry.