

УДК 630*116.64

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ГОРОДА БРАТСКА МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ

Рунова Е.М., Гнаткович П.С.

ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: runova@rambler.ru

Проведена экологическая оценка качества среды рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula Pendula* Roth). Используемый метод основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины растения под действием антропогенных факторов и позволяет получить интегральную оценку состояния организма при всем комплексе возможных воздействий. Пробы листьев *Betula Pendula* Roth отобраны в 9 точках Братска на различных рекреационных объектах с разной антропогенной нагрузкой и удаленностью от основных источников загрязнения. Произведен расчет интегрального показателя по методике В.М. Захарова. Для оценки качества среды использовалась пятибалльная шкала степени нарушения стабильности развития *Betula pendula* Roth. Полученные результаты исследования показывают, что все обследованные рекреационные зоны характеризуются уровнем флуктуирующей асимметрии листьев *Betula Pendula* Roth, превышающим величину условной нормы. При этом в Центральном и Правобережном округах средний показатель флуктуирующей асимметрии соответствует V баллу по шкале оценки качества среды и характеризуется как критическое состояние окружающей среды. В работе получена взаимосвязь показателей флуктуирующей асимметрии от расстояния рекреационных зон до различных источников загрязнения.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, береза повислая, зеленые насаждения

ECOLOGICAL ESTIMATION OF RECREATIONAL AREAS BY CITY OF BRATSK FLUCTUATING ASYMMETRY SILVER BIRCH

Runova E.M., Gnatkovich P.S.

Bratsk State University, Bratsk, e-mail: runova@rambler.ru

The ecological assessment of the environmental quality of recreational areas of the city of Bratsk, the method of fluctuating asymmetry of leaves silver birch (*Betula Pendula* Roth). The method used is based on the detection of violations of the symmetry of the leaf blade plants under the influence of anthropogenic factors and provides a cumulative assessment of the state of the organism in the whole complex of possible impacts. Leaf samples were *BetulaPendula* Roth otrbany in 9 points of Bratsk to various recreational facilities with different anthropogenic pressures and remoteness from major sources of pollution. The calculation of the integral index of the procedure V. Zakharov. To assess the quality of the environment used a five-point scale the degree of instability of *Betula Pendula* Roth. The results of research show that all surveyed recreational areas are characterized by the level of fluctuating asymmetry of leaves *BetulaPendula* Roth, exceeding the value of the conditional rules. In the central districts of the Right Bank, and the average fluctuating asymmetry corresponds to V on a scale assessing the quality of the environment and is characterized as a critical state of the environment. In this paper we obtain the relationship of indicators of fluctuating asymmetry of the distance to the recreational areas of different sources of pollution.

Keywords: bioindication, fluctuating asymmetry, silver birch, green spaces

Оценка качества среды становится принципиально важной задачей как при планировании, так и при осуществлении любых мероприятий по природопользованию, созданию и реконструкции городских рекреационных зон (лесопарки, парки, скверы, сады, бульвары и т.д.), охране природы и обеспечению экологической безопасности. Стабильность развития как способность организма к развитию без нарушений и ошибок является чувствительным индикатором состояния природных популяций. Одним из перспективных подходов для интегральной характеристики качества среды является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии морфологических структур [1].

Древесные растения в городских ландшафтах выполняют важнейшие средообразующие и средозащитные функции, связанные с выделением кислорода и фи-

тонцидов, ионизацией воздуха, формированием своеобразного микроклимата. Однако насаждения, произрастающие на урбанизированных территориях, испытывают на себе постоянное отрицательное влияние техногенного загрязнения. Город Братск является одним из крупных промышленных центров Сибири, окружающая среда которого подвержена неблагоприятному воздействию промышленных предприятий – БРАЗа, БЛПК, хлорного завода [2]. Поэтому с каждым годом все большее значение приобретает проблема изучения жизнедеятельности древесных растений в условиях города Братска.

Одним из удобных способов оценки интенсивности антропогенного воздействия является метод оценки качества среды по показателям нарушения стабильности развития организмов. Принцип метода основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины растения под

действием антропогенных факторов. Этот подход 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 [3].

Цель работы – оценить экологическое состояние рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula Pendula* Roth).

Материалы и методика исследования

Объектом исследования для определения степени нарушения стабильности развития выбрана

береза повислая (*Betula Pendula* Roth). Береза имеет четко выраженную двустороннюю симметрию, что является главным требованием метода исследования. Кроме того, береза повислая широко распространена в городских посадках, составляя 23% от общего количества зеленых насаждений, и встречается практически в каждой рекреационной зоне города Братска [5].

На территории города Братска отобраны пробы листьев *Betula Pendula* Roth в 9 точках на различных рекреационных объектах в Центральном, Падунском и Правобережном округах (по 3 точки в каждом округе) с различной антропогенной нагрузкой и разной удаленностью от основных источников загрязнения. Расположение точек отбора на территории города Братска показано на рис. 1.



Рис. 1. Схема расположения точек отбора листьев *Betula Pendula* Roth в г. Братске:
1 – парк КиО; 2 – сквер 8 мкр; 3 – бульвар вдоль ул. Советской; 4 – парк культуры и отдыха ж.р. «Энергетик»; 5 – пешеходная зона студгородка; 6 – лесопарковый массив в 5а мкр.; 7 – Сквер у СК «Олимпия»; 8 – Сквер у КТ «Современник»; 9 – Сквер у ДЦ «Транспортный строитель»

Сбор материала проводился согласно методике оценки состояния организмов по показателям нарушения стабильности развития [4]. Сбор листьев проводился в июле 2013 г. с нескольких близко растущих деревьев на площади 10×10 м или на аллее длиной 30–40 м. В каждой точке было взято по 100 листьев (по 10 образцов с 10 деревьев). Всего было собрано и обработано 900 листьев. Использовались только средневозрастные деревья. Листья собирались из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, с укороченных побегов.

Методика определения стабильности развития *B. Pendula* Roth по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок основана на системе про-

меров листа. Для этого на каждой листовой пластинке выполнялось по 5 измерений с левой и правой стороны листа (рис. 2). Измерения проводились на свежесобранном материале в лабораторных условиях с помощью измерительного циркуля, линейки и транспортира.

Расчет интегрального показателя производился по методике В.М. Захарова [4]:

1) для каждого промеренного листа вычислялись относительные величины асимметрии для каждого признака, для этого разность между промерами слева (*L*) и справа (*R*) делилась на сумму этих же промеров: $(L - R)/(L + R)$;

2) вычислялся показатель асимметрии для каждого листа, для этого суммировались значения

относительных величин асимметрии по каждому признаку и делились на число признаков;

3) вычислялся интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак, для этого вычислялась средняя арифметическая всех величин асимметрии;

4) находилось значение, являющееся средним арифметическим для всего района.

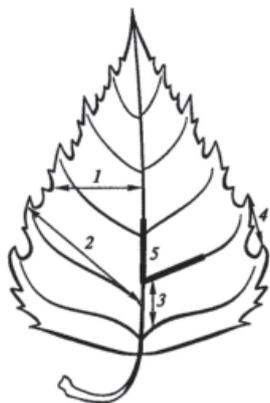


Рис. 2. Параметры промеров листьев для детального расчета:

1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной и второй от основания жилками

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. (табл. 1).

Таблица 1

Балльная шкала оценки качества среды по величине флуктуирующей асимметрии листа *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 отклонений от нормы	0,045–0,049
IV	Существенные (значительные) отклонения от нормы	0,050–0,054
V	Критическое состояние	> 0,054

Результаты исследования и их обсуждение

Обработанные данные со всех объектов показаны в табл. 2

Таблица 2

Показатели ФА *Betula Pendula* Roth на обследованных объектах

Район исследования	Номер точки сбора образцов	Место сбора образцов (объект)	Интегральный показатель ФА	Балл состояния
Центральный округ	1	Парк культуры и отдыха	0,049	III
	2	Сквер 8 мкр	0,063	V
	3	Бульвар вдоль ул. Советской	0,071	V
Падунский округ	4	Парк культуры и отдыха ж.р. «Энергетик»	0,045	III
	5	Лесопарковый массив в 5а мкр.	0,046	III
	6	Пешеходная зона студгородка	0,053	IV
Правобережный округ	7	Сквер у СК «Олимпия»	0,052	IV
	8	Сквер у КТ «Современник»	0,054	IV
	9	Сквер у ДЦ «Транспортный строитель»	0,067	V

На рис. 3 показаны средние показатели флуктуирующей асимметрии по районам исследования.

Как видно из табл. 2 и рис. 3, все обследованные рекреационные зоны характеризуются уровнем ФА листьев *Betula Pendula* Roth, превышающим величину условной нормы (< 0,040). Наиболее высокие показатели зафиксированы в Центральном (0,061 в среднем) и Правобережном округах (0,058 в среднем), что соответствует

V баллу по шкале оценки качества среды по величине флуктуирующей асимметрии и характеризуется как критическое состояние окружающей среды. В лучшей экологической ситуации находятся рекреационные зоны Падунского округа. Средний показатель ФА листьев *Betula Pendula* Roth в этом районе составляет 0,048, что соответствует III баллу по шкале оценки качества среды и характеризуется как средний уровень отклонений от нормы.

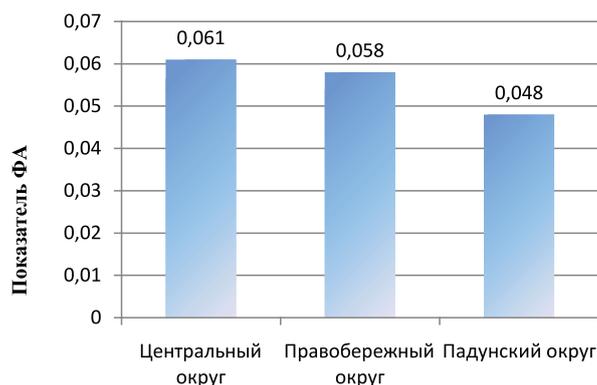
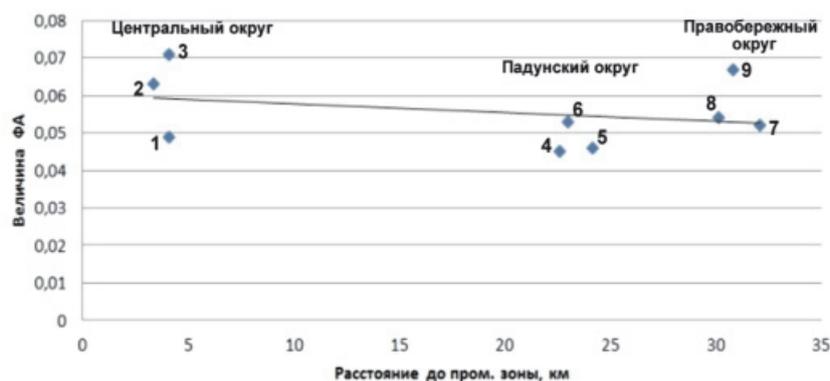


Рис. 3. Средние показатели ФА *Betula Pendula Roth* по районам исследования

Существует определенная взаимосвязь показателей значений ФА на рекреационных объектах с удаленностью этих объектов от источников загрязнения. Так, например, высокие значения показателей ФА листьев *Betula Pendula Roth* в Центральном округе связаны

с непосредственной близостью этого района к основным источникам загрязнения – таким промышленным гигантам, как БрАЗ и БЛПК. [6] На рис. 4 показан график зависимости показателей ФА от удаленности зеленых насаждений от источников загрязнения.



$$y = -0,0002x + 0,0601$$

$$R^2 = 0,0934$$

Рис. 4. Зависимость величины ФА от расстояния насаждений до промышленной зоны

Как видно из рис. 4, в Центральном и Падунском округах прослеживается взаимосвязь показателей величины ФА от расстояния объекта исследования до источника загрязнения. Коэффициент корреляции r среднего значения по городу показателя ФА с расстоянием до промышленной зоны составил 0,93. Тем не менее в Правобережном округе, несмотря на наибольшую удаленность от промышленного района зафиксированы довольно высокие показатели значений ФА, сравнимые с Центральным округом. Это, вероятнее всего, объясняется пониженными формами рельефа территории и расположением Правобережного округа ниже промышленной зоны, а также направлением преобладающих ветров.

Кроме промышленных выбросов на состояние зеленых насаждений негативно воз-

действуют выхлопы автотранспорта. На рис. 5 показана зависимость показателей коэффициента ФА от расстояния насаждений до проезжей части на объектах исследования.

Как видно из рис. 5, чем ближе зеленые насаждения расположены к проезжей части, тем более высокие значения показателя ФА были зафиксированы. Прослеживается высокий коэффициент корреляции r среднего значения ФА с расстоянием до проезжей части по всем округам, в среднем составляет 0,83.

Таким образом, на показатель величины ФА листьев *Betula Pendula Roth*, объективно отражающей качество окружающей среды влияет комплекс факторов, таких как удаленность насаждений от различных источников загрязнения (промышленных предприятий, автомагистралей), рельеф местности, роза ветров.

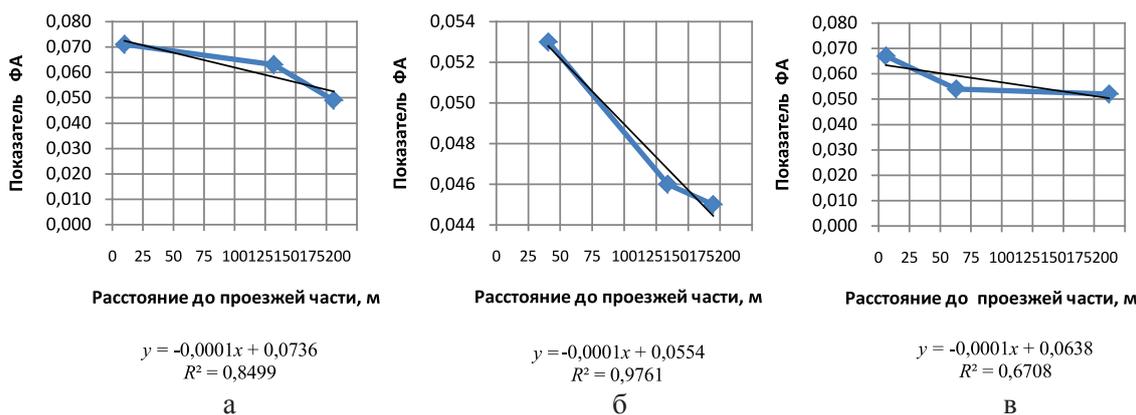


Рис. 5. Зависимость величины ФА от расстояния насаждений до проезжей части по районам исследования:

а – Центральный округ; б – Падунский округ; в – Правобережный округ

Выводы

1. Состояние качества среды в черте города Братска по показателям ФА листьев *Betula Pendula* Roth неоднородно, при этом во всех обследованных рекреационных зонах наблюдается высокий уровень ФА, который превышает величину условной нормы (< 0,040), соответствует в среднем V баллу по шкале оценки качества среды и характеризуется как критическое состояние окружающей среды.

2. Наиболее высокие показатели ФА зафиксированы в Центральном и Правобережном округах, в лучшей экологической ситуации находятся рекреационные зоны жилого района «Энергетик» в Падунском округе.

3. Полученные данные позволяют судить о взаимосвязи величины ФА с расстоянием рекреационных зон от источников загрязнения. Так, чем ближе рекреационные объекты находятся к источникам загрязнения (промышленные предприятия, автомагистрали), тем больше зафиксирована величина ФА.

4. Показатель ФА зависит не только от удаленности источников загрязнения. Так, в Правобережном округе, находящемся на наибольшем расстоянии от промышленного района, наблюдаются высокие показатели ФА, связанные спониженным рельефом территории и расположением этого района ниже промышленной зоны.

5. Таким образом, при изучении состояния окружающей среды методом флукутуирующей асимметрии, необходимо учитывать комплекс факторов, таких как расстояние от источников загрязнения (промышленных предприятий, автомагистралей и т.д.), направление господствующих ветров, рельеф территории.

Список литературы

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ.высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

2. Гаврилин И.И., Рунова Е.М. Некоторые особенности газопоглотительной способности деревьев в урбоэкосистеме: Братска // Лесной вестник МГУЛ. – 2012. – № 1(84). – С. 135–139.
 3. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методы оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
 4. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. и др. Здоровье среды: практика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2006. – 68 с.
 5. Рунова Е.М., Гнаткович П.С. Видовой состав зеленых насаждений общего пользования г. Братска // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 2 (18). – С. 156–160.
 6. Рунова Е.М., Костромина О.А., Сенченко М.В., Кривonosова Е.Г. Оценка стабильности развития березы повислой (*BetulaPendula*Roth) как показателя здоровья среды // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. – 2007. – № 1. – С. 89–93.

References

1. Biological control of the environment: bioindication and bioassay: studies. Allowance for stud.vyssh.ucheb. institutions. O.P. Melehova, E.I. Egorova, T.I. Evseeva and others, ed. O.P. Melehovoy and E.I. Egorovoy. Moscow: Publishing Center «The Academy», 2007. 288 p.
 2. Gavrillin I.I., Runova E.M. Some features gazopoglatitelnoy ability of trees in urban ecosystems Bratsk Journal of Forest MSFU number 1 (84), 2012 pp. 135–139.
 3. Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I. and other. Environmental Health: evaluation methods. Moscow: Center for Russian Environmental Policy, 2000. 68 p.
 4. Zakharov V.M., Chubinishvili A.T., Dmitriev S.G. and other. Environmental Health: Practice assessment. Moscow: Center for Russian Environmental Policy, 2006. 68 p.
 5. Runova E.M., Gnatkovich P.S. The species composition of public green space Bratsk System. Methods. Technology. Number 2 (18), 2013 pp. 156–160
 6. Runova E.M., Kostromina O.A., Senchenko M.V., Krivonosova E.G. Stability Assessment of silver birch (*BetulaPendula* Roth) as an indicator of environmental health Proceedings of the Fraternal State University. Series: Natural and engineering sciences development of the regions of Siberia. 2007. Number 1. pp. 89–93.

Рецензенты:

Никифорова В.А., д.б.н., профессор кафедры экологии и БЖ, ФГБОУ ВПО БрГУ, г. Братск;

Григорьев И.В., д.т.н., профессор, и.о. зав. кафедрой ТЛЗП, ФГБОУ ВПО СПбГЛТУ, г. Санкт Петербург.

Работа поступила в редакцию 05.12.2013.