

М. В. Аршан, Т. А. Бонина

Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, Республика Беларусь, г. Минск

Оценка экологического состояния рекреационных зон урбоэкосистем методом биоиндикации

В настоящее время проблема оценки и контроля состояния рекреационных зон крупных городов остается актуальной, поскольку в условиях урбоэкосистем данные зоны являются необходимыми для компенсации антропогенной нагрузки, влияющей на состояние окружающей среды [1, с. 6–13].

Одним из перспективных методов оценки интенсивности антропогенного воздействия и интегральной оценки качества среды являются метод флуктуирующей асимметрии альтернативных и качественных признаков листовых пластинок древесных пород и метод биоиндикации среды по частотам встречаемости фенов белого клевера (*Trifolium repens* L.) [3, с. 10–16; 4, с. 256–258].

Цель исследования – экологическая оценка рекреационных зон г. Минска в местах с предположительно сильной и слабой антропогенной нагрузкой.

Для исследования были выбраны две рекреационные зоны: предположительно с сильной антропогенной нагрузкой в Заводском районе вблизи промышленных объектов (парк А) и со слабой антропогенной нагрузкой во Фрунзенском районе города (парк В). Парк А был разбит на три участка: участок № 1 – аллея по ул. Ванеева, № 2 – аллея по ул. Долгобродская, № 3 – аллея в центральной части парка. Парк В также был разбит на участки: участок № 4 – аллея по ул. Жудро, № 5 – аллея по ул. Сердича, № 6 – аллея в центральной части парка (рисунок 1).



Рисунок 1 – Исследуемые участки в парке А и В

На каждом участке для экологического исследования были выбраны деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth) и клена остролистного (*Acer platanoides* L.) средневозрастного генеративного онтогенетического состояния. Выбор данных деревьев как объектов исследования был обусловлен не только их широкой представленностью в рекреационных зонах в виде естественных и искусственных разновозрастных насаждений, но и как традиционно используемых в качестве биоиндикаторов на загрязненных территориях.

С одного вида растения равномерно вокруг дерева из нижней части кроны на расстоянии вытянутой руки с укороченных побегов собирались листья среднего размера. Всего было гербаризировано с одного участка 180 листьев, со всех участков – 540 листьев.

Согласно разработанной методике по В. М. Захарову уровень стабильности развития *Betula pendula* Roth и *Acer platanoides* L. оценивался по величине флуктуирующей асимметрии (ФА) пяти признаков листа: 1 – ширина половинки листа по середине листовой пластинки; 2 – длина второй от основания листа жилки второго порядка; 3 – расстояние между основанием первой и второй

жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок (для *Betula pendula* Roth); 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка [3, с. 10–16].

Расчеты были проведены по формулам для определения: относительной величины между значениями признака слева и справа – $Y=(X_{л}-X_{п})/(X_{л}+X_{п})$; флуктуирующей асимметрии, т. е. среднего относительного различия между сторонами в соотношении к признаку каждого листа – $Z=(Y_1+Y_2+Y_p)/N$, где p – число признаков для каждого вида; среднего относительного различия – $X=Z/n=(Z_1+\dots+Z_{10})/10$, где n – число значений Z , т. е. число листьев [2, с. 29-33].

Для оценки качества среды по древесным насаждениям была использована пятибалльная шкала оценки качества среды по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth по В. М. Захарову (таблица 1).

Таблица 1 – Балльная шкала оценки качества среды по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* Roth по В. М. Захарову

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

Методика биоиндикации состояния среды по частотам встречаемости фенов *Trifolium repens* L. осуществлялась путем подсчета форм с различным рисунком листовой пластинки и расчетам частоты их встречаемости в процентах. Характерной особенностью природных популяций *Trifolium repens* L. является полиморфизм по форме седого рисунка («пятна») на листовой пластинке, которая и выступает индикатором загрязнения окружающей среды. Диагностика проводилась на каждом участке, который разбивался на пробные площадки. На каждой пробной площадке были рассчитаны частоты встречаемости отдельных фенов (P_i) и суммарные частоты встречаемости всех форм с рисунком – индексы соотношения фенов (I , %) по формулам: $P_i=100*n_i/N$; $I=100(n_2+n_3+\dots)/N$, где n_i – количество учтенных растений с i -м рисунком на листовой пластинке, N – общее число учтенных растений. По средней величине индекса соотношения фенов пробных площадок каждого участка была определена степень антропогенной нагрузки [4, с. 256–258].

Данные обрабатывались в программе Excel 2013.

В качестве контрольного образца был использован материал исследования флуктуирующей асимметрии листовых пластинок *Betula pendula* Roth и *Acer platanoides* L. с участка № 7, расположенного на территории АБС «Зеленое» в 20 км от г. Минска. Полученные результаты соответствуют условно нормальному качеству окружающей среды.

Высокие показатели ФА листовых пластинок древесных насаждений *Betula pendula* Roth и *Acer platanoides* L. наблюдались в парке А по ул. Долгобродская – участок № 2, что связано с расположением автомагистрали с высоким транспортным потоком. Средний уровень отклонения от нормы наблюдался на участке №1 и незначительные отклонения от нормы на участке № 3.

Условно нормальное качество среды по показателю ФА листовых пластинок *Betula pendula* Roth и *Acer platanoides* L. наблюдалось на участке № 6 в парке В. Начальный уровень отклонения от нормы наблюдался на участках № 4 и № 5, которые расположены ближе к проезжей части (рис. 2). Следует отметить, что результаты, полученные на основе анализа листовых пластинок *Betula pendula* Roth и *Acer platanoides* L. в целом сходны, что позволяет утверждать о достоверности результатов.

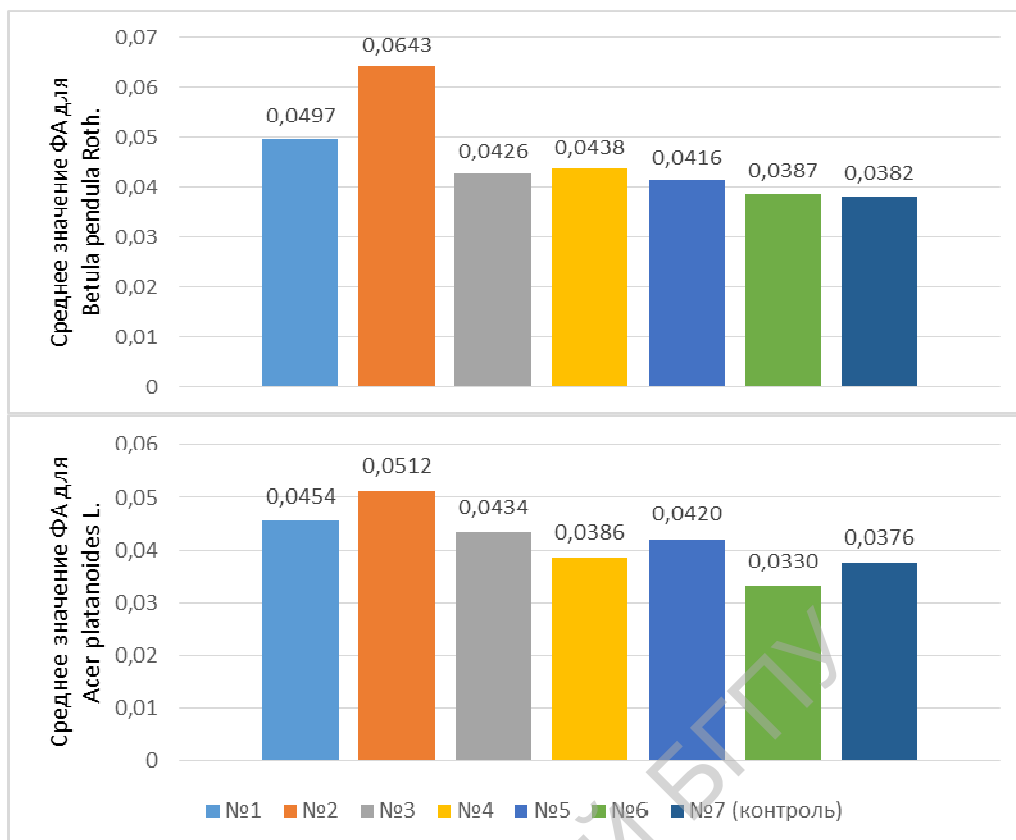


Рисунок 2 – Среднее значение флуктуирующей асимметрии листовых пластинок *Betula pendula* Roth и *Acer platanoides* L. в исследуемых участках сбора

В ходе биоиндикации по частотам встречаемости фенов *Trifolium repens* L. выявлено, что в парке В качество среды претерпевает начальные на участке №6 и средние на участках № 4 и № 5 отклонения от нормы. На окраинах парка А состояние окружающей среды критическое – индекс соотношения фенов составил более 80 %, а в центральной части парка – 38,94 %, что говорит о среднем уровне отклонения от нормы (рисунок 3).

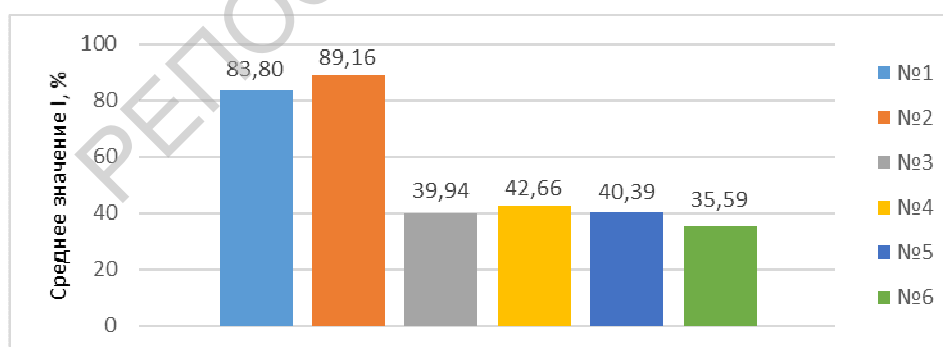


Рисунок 3 – Среднее значение индекса соотношения фенов *Trifolium repens* L. в исследуемых участках сбора

Таким образом, на основе полученных результатов, можно сделать вывод, что экологическое состояние рекреационной зоны парка А можно расценивать как критическое. Высокая антропогенная нагрузка на данной территории связана с близостью ряда промышленных предприятий (ОАО «Минский подшипниковый завод», ОАО «Минский моторный завод», ОАО «Минский тракторный завод»). Данный парк не рекомендуется посещать в качестве рекреационных целей жителям города. В то же время состояние окружающей среды в парке В можно охарактеризовать как удовлетворительное.

Следует отметить, что результаты, полученные на основе двух методов биоиндикации в целом сходны, но есть и отличия. Индекс соотношения фенов *Trifolium repens* L. демонстрирует

более четкое и очевидное отклонение от нормы на участках №1 и №2 по сравнению с другими участками. Безусловно, ответная реакция биологических объектов на изменения химических и физических показателей окружающей среды индивидуальны. В связи с этим можно предположить, что для более эффективной и достоверной оценки экологического состояния природных экосистем и урбоэкосистем методом биоиндикации следует использовать сочетание двух и более объектов живой природы.

Список литературы

1. Жукова А. А., Мاستицкий С. Э. Биоиндикация качества природной среды: пособие. Минск: БГУ, 2014. 112 с.
2. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
3. Захаров В. М., Зюганов В. В. К оценке асимметрии билатеральных признаков как популяционной характеристики // Экология. 1980. № 1. С. 10–16.
4. Кулеш В. Ф., Маврищев В. В. Практикум по экологии: учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2007. 271 с.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ