

УДК 574.4(476-25)

UDC 574.4(476-25)

МНОГОКОМПОНЕНТНАЯ БИОИНДИКАЦИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН Г. МИНСКА С ПОВЫШЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

MULTICOMPONENT BIOINDICATION OF RECREATIONAL ZONES OF MINSK WITH HEIGHTENED ANTHROPOGENIC LOAD

Т. А. Бонина,
кандидат химических наук,
доцент кафедры общей
биологии и ботаники БГПУ;

В. В. Маврищев,
кандидат биологических наук,
доцент кафедры общей
биологии и ботаники БГПУ;

М. В. Аршан,
студент IV курса
факультета естествознания БГПУ

T. Bonina,
PhD in Chemistry, Associate Professor
of the Department of General
Biology and Botany, BSPU;

V. Mavrishchev,
PhD in Biology, Associate Professor
of the Department of General
Biology and Botany, BSPU;

M. Arshan,
Student of the IV year,
Faculty of Natural Sciences, BSPU

Поступила в редакцию 04.02.2019.

Received on 04.02.2019.

Обсуждается применение метода многокомпонентной биологической индикации экосистем при изучении состояния окружающей среды в рекреационных зонах крупной промышленной урбоэкосистемы.

Ключевые слова: многокомпонентная биоиндикация, рекреационная зона, антропогенная нагрузка, урбоэкосистема.

The application of the multicomponent biological indication of ecosystems in the study of the state of the environment in the recreational areas of a large industrial urban ecosystem is discussed.

Keywords: multicomponent bioindication, recreation zone, anthropogenic load, urboecosystem.

Введение. Любой крупный город представляет собой динамично развивающуюся урбоэкосистему с широким спектром источников загрязнения, среди которых наиболее существенными являются промышленные предприятия и автотранспорт. При этом с увеличением численности населения и развитием инфраструктуры степень загрязнения атмосферного воздуха и почвы городской территории тяжелыми металлами и другими вредными веществами для здоровья человека растет. Для поддержания экологического равновесия и оздоровления городской среды обитания, как правило, используются санитарно-защитные зоны в районе крупных промышленных предприятий в виде зеленых насаждений и обширные рекреационные зоны (парки, скверы и т. д.), которые служат местом отдыха для жителей данного района. Проблема оценки и непрерывного контроля состояния таких рекреационных зон крупных городов в настоящее время остается актуальной [1].

Одним из эффективных методов оценки интенсивности антропогенного воздействия и интегральной оценки качества среды является метод биоиндикации по морфометрическим признакам живых организмов. Метод биологической индикации оценки состояния экосистем давно известен и широко применяется не только учеными, но и службами охраны природы. При этом биоиндикаторами могут выступать живые организмы с уже выявленными диагностическими отклонениями от нормы при воздействии негативных факторов среды различной степени нагрузки.

Основная часть. Целью наших исследований является текущая экологическая оценка рекреационных зон г. Минска в местах с предположительно сильной антропогенной нагрузкой и сравнительный анализ наиболее эффективных биоиндикационных показателей урбоэкосистем.

Для экологической оценки был выбран метод флуктуирующей асимметрии альтер-

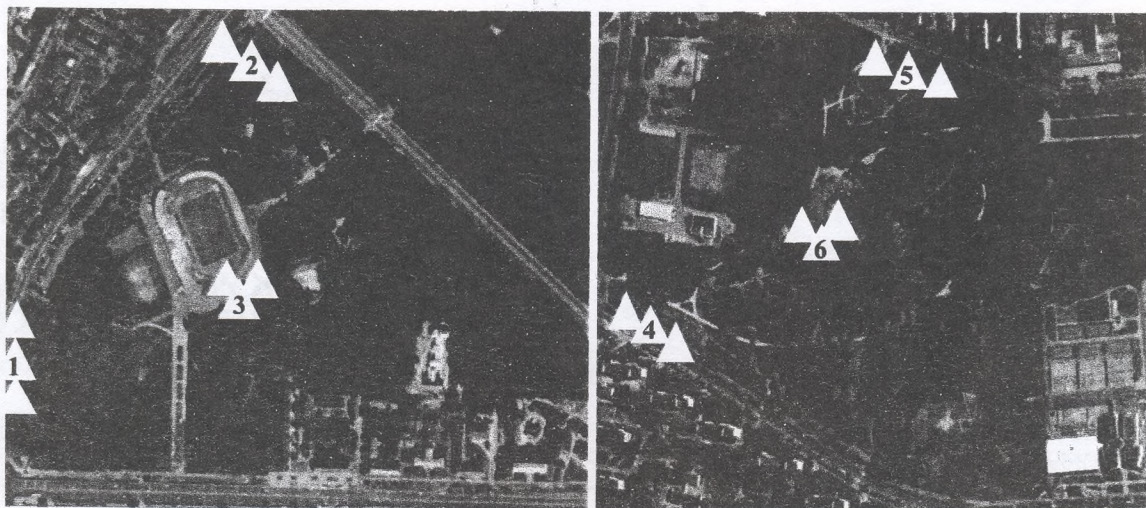


Рисунок 1 – Исследуемые участки в парке культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября (левый рисунок) и парке имени 60-летия Октября г. Минска (правый рисунок)

нативных и качественных признаков листовых пластинок древесных пород (березы повислой *Betula pendula* Roth и клена остролистного *Acer platanoides* L.) и метод биоиндикации состояния среды по частотам встречаемости фенов белого клевера *Trifolium repens* L. [2–4]. Выбор данных растений 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. Таким образом, по состоянию морфометрических показателей листового аппарата можно судить, с одной стороны, насколько эффективно растения выполняют свои санитарно-гигиенические функции как озеленители города, с другой стороны, о качестве окружающей среды, если рассматривать их как объекты биомониторинга.

Сбор материала проводился с июля по август 2018 г. в парке культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября, который расположен в густонаселенном Заводском районе Минска между ул. Долгобродской и Партизанским проспектом с широким транспортным сообщением, и в парке 60-летия Октября на пересечении улицы Матусевича с улицами Данилы Сердича и Жудро Фрунзенского района, где также отмечается техногенный пресинг со стороны транспортных магистралей и предприятий.

В качестве контроля был выбран участок № 7 с низкой антропогенной нагрузкой среды, расположенный в пригородной зоне в 20 км от г. Минска в районе станции «Зеленое».

Для отбора образцов изучаемые парки были разбиты на участки, расположенные в центре и на окраинах рекреационных зон. Целью являлось определение состояния качества среды в центральных зонах парков и оценка степени компенсации отрицательного воздействия от источников загрязнения зелеными насаждениями исследуемых зон отдыха. Парк культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября был разбит на три участка: участок № 1 – зеленые насаждения по ул. Ванеева, № 2 – зеленые насаждения по ул. Долгобродская, № 3 – зеленые насаждения в центральной части парка. Парк имени 60-летия Октября был также разбит на три участка: участок № 4 – зеленые насаждения по ул. Жудро, № 5 – зеленые насаждения по ул. Сердича, № 6 – зеленые насаждения в центральной части парка. На каждом участке были выбраны растения *Betula pendula* Roth, *Acer platanoides* L. среднего возраста генеративного онтогенетического состояния и *Tilia cordata* Mill. Всего для исследования было собрано 540 листьев в трех повторах.

Согласно методике В. М. Захарова [5] уровень стабильности развития деревьев оценивался по величине флуктуирующей асимметрии (ФА) признаков листовой пластинки. Величина ФА была определена по формуле: $ФА = \frac{1}{5} \sum |L - R| / (L + R)$, где L и R – параметры признаков с левой и правой стороны листа соответственно.

Для оценки качества среды по древесным насаждениям была использована пятибалльная шкала степени нарушения стабильности развития, разработанная В. М. Захаровым (таблица).

Таблица – Балльная шкала оценки качества среды по величине ФА (по В. М. Захарову, 1980)

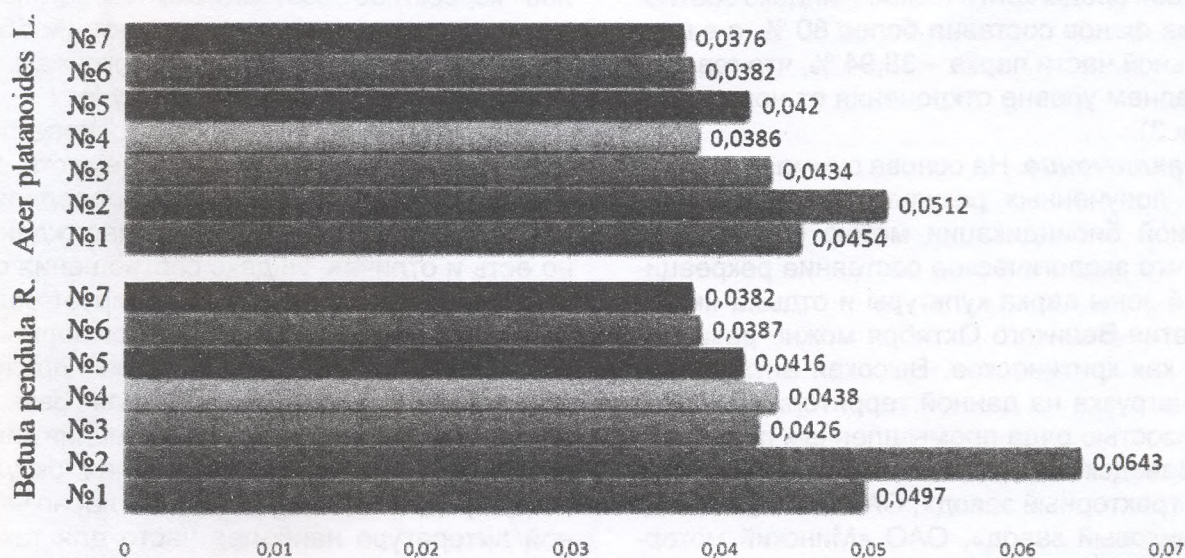
Балл	Качество среды	ФА
I	Условно нормальное	<0,040
II	Начальные (незначительные) отклонения от нормы	0,040–0,044
III	Средний уровень отклонений от нормы	0,045–0,049
IV	Существенные (значительные) отклонения от нормы	0,050–0,054
V	Критическое состояние	>0,054

Биоиндикация состояния среды по частотам встречаемости фенов клевера ползучего *Trifolium repens* L. осуществлялась путем подсчета форм с различным рисунком листовой пластинки и расчетам частоты их встречаемости в процентах. Характерной особенностью природных популяций клевера ползучего является полиморфизм по форме седого рисунка («пятна») на листовой пластинке, которая и выступает индикатором загрязнения среды обитания. 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: $P_i = 100 \cdot n_i / N$; $I = 100(n_2 + n_3 + \dots) / N$, где n_i – количество учтенных растений с i -м рисунком на листовой пластинке, N – общее число учтенных растений. По средней величине индекса соотношения фенов со всех пробных площадок каждого участка была определена степень антропогенной нагрузки. На «чистых» территориях величина индекса не превышает

30 %, а на загрязненных может достигать 70–80 % [3].

Результаты и их обсуждение. Показатели ФА листовых пластинок *Betula pendula* Roth и *Acer platanoides* L. и индекс соотношения фенов *Trifolium repens* L. контрольного участка № 7, расположенного в пригородной зоне в 20 км от г. Минска, соответствуют условно нормальному качеству окружающей среды и позволяют сделать вывод о минимальной антропогенной нагрузке на данной территории, и, соответственно, о сохранении экологического равновесия и качества окружающей среды на данном участке.

На основе анализа полученных данных с исследуемых участков было выявлено, что наиболее высокие показатели ФА древесных насаждений наблюдались на участке № 2 в парке культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября, расположенном на границе с ул. Долгобродской, что связано скорее всего с близким расположением автомагистрали с активным транспортным потоком и автозаправки и, как следствие, наличием химического загрязнения от выхлопных газов. При этом наиболее низкие

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

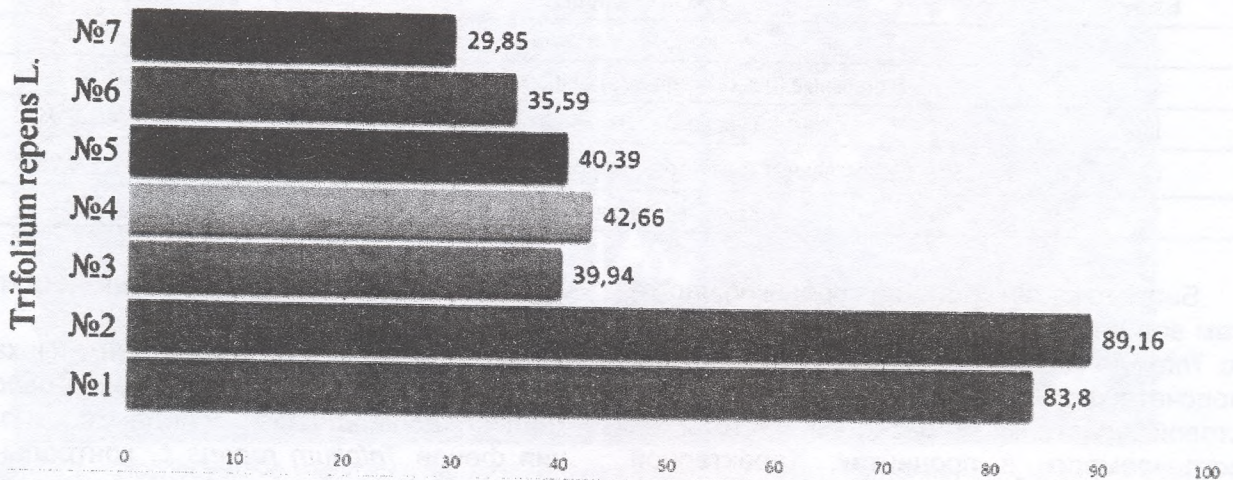


Рисунок 3 – Середнє значення індекса співвідношення фенів *Trifolium repens L.* в досліджуваних ділянках збору

значення суммарних показателів ФА листових пластинок *Betula pendula Roth* и *Acer platanoides L.*, наблюдались на участках № 3 и № 6, соответствующих центральным зонам исследуемых парков. Повышенный уровень отклонения от нормы наблюдался на участках № 1, № 4 и № 5, которые расположены ближе к проезжей части в сравнении с центральными участками.

В ходе исследования на основе биоиндикации по частотам встречаемости фенів *Trifolium repens L.* было выявлено, что в парке 60-летия Октября качество среды претерпевает начальные на участке № 6 и средние на участках № 4 и № 5 отклонения от нормы. На окраинах Парка культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября состояние окружающей среды критическое – индекс соотношения фенів составил более 80 %, а в центральной части парка – 38,94 %, что говорит о среднем уровне отклонения от нормы (рисунок 3).

Заключение. На основе суммарного анализа полученных результатов многокомпонентной биоиндикации можно сделать вывод, что экологическое состояние рекреационной зоны парка культуры и отдыха имени 50-летия Великого Октября можно расценивать как критическое. Высокая антропогенная нагрузка на данной территории связана с близостью ряда промышленных предприятий Заводского района г. Минска (ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «Минский подшипниковый завод», ОАО «Минский моторный завод»). Площадь зеленых насаждений уже не соответствует уровню техногенного прессинга источников загрязнения окружа-

ющей среды района и не справляется с функцией санитарно-защитной зоны. Данный парк не рекомендуется посещать с целью отдыха и оздоровления. Коэффициенты флуктуирующей асимметрии листовых пластинок древесных насаждений и индекс соотношения фенів *Trifolium repens L.* в парке имени 60-летия Октября Фрунзенского района г. Минска были ближе к норме, что в целом позволяет охарактеризовать состояние окружающей среды данной рекреационной зоны как удовлетворительное.

Следует отметить, что результаты, полученные на основе анализа ФА листовых пластинок *Betula pendula Roth* и *Acer platanoides L.*, в целом сходны, что позволяет утверждать о достоверности результатов. При этом наиболее корректное соответствие теоретически ожидаемым результатам в соответствии с близостью источников загрязнения окружающей среды наблюдались у *Acer platanoides L.*

Результаты, полученные на основе биоиндикации по частотам встречаемости фенів *Trifolium repens L.*, в целом коррелируют с показателями ФА древесных насаждений, но есть и отличия. Индекс соотношения фенів *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. Согласно научной литературе наиболее часто для такого рода исследований используют *Betula pendula Roth* как наиболее распространенное и доступное для исследования в город-

ской зоне. С нашей точки зрения, для более эффективной и достоверной оценки экологического состояния природных экосистем и урбоэкосистем методом биоиндикации

следует использовать сочетание двух и более объектов живой природы для большей достоверности полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукова, А. А. Биоиндикация качества природной среды : пособие / А. А. Жукова, С. Э. Мاستицкий. – Минск : БГУ, 2014. – 112 с.
2. Захаров, В. М. К оценке асимметрии билатеральных признаков как популяционной характеристики / В. М. Захаров, В. В. Зюганов // Экология. – 1980. – № 1. – С.10–16.
3. Кулеш, В. Ф. Практикум по экологии: учебное пособие / В. Ф. Кулеш, В. В. Маврищев. – Минск : Вышэйшая школа, 2007. – 271 с.
4. Василевская, Н. В. Флуктуирующая асимметрия *Pinus sylvestris* L. как показатель стресса в условиях промышленного загрязнения Мурманской области / Н. В. Василевская, Ю. М. Лукина // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: мат-лы Междунар. конф. 31 августа – 3 сентября 2004 г. Ч. 1. – Апатиты, 2004. – С. 95–97.
5. Захаров, В. М. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов. – М. : Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

REFERENCES

1. Zhukova, A. A. Bioindikatsiya kachestva prirodnoy sredy : posobiye / A. A. Zhukova, S. E. Mastitskiy. – Minsk : BGU, 2014. – 112 s.
2. Zakharov, V. M. K otsenke asimetrii bilateralnykh priznakov kak populyatsionnoy kharakteristiki / V. M. Zakharov, V. V. Zyuganov // Ekologiya. – 1980. – № 1. – S.10–16.
3. Kulesh, V. F. Praktikum po ekologii: uchebnoye posobiye / V. F. Kulesh, V. V. Mavrishchev. – Minsk : Vysheyshaya shkola, 2007. – 271 s.
4. Vasilevskaya, N. V. Fluktuiruyushchaya asimetriya *Pinus sylvestris* L. kak pokazatel stressa v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya Murmanskoy oblasti / N. V. Vasilevskaya, Yu. M. Lukina // Ekologicheskiye problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya: mat-ly Mezhdunar. konf. 31 avgusta – 3 sentyabrya 2004 g. Ch. 1. – Apatity, 2004. – S. 95–97.
5. Zakharov, V. M. Zdorovye sredy: metodika otsenki / V. M. Zakharov, A. S. Baranov, V. I. Borisov. – M. : Tsentr ekologicheskoy politiki Rossii, 2000. – 68 s.