

УДК 574.3+582.29

Н. В. Ёркина

ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ СТЕПЕНИ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБОЭКОСИСТЕМЫ ГОРОДА МЕЛИТОПОЛЯ

Мелитопольский государственный педагогический университет
им. Б. Хмельницкого, г. Мелитополь, Украина;
e-mail: nadeen777@mail.ru

Ключевые слова: урбоэкосистема, лишайники, аэротехногенное загрязнение, биоиндикационная оценка.

В настоящее время под влиянием антропогенных факторов в городах происходит деградация естественных биоценозов, вследствие чего образуются техногенно трансформированные зоны. Согласно последним данным, более 15 % территории Украины считается чрезвычайно загрязнённым регионом с повышенным риском для здоровья людей и районом экологической катастрофы. В первую очередь, это зона, обозначенная линией Днепропетровск – Кривой Рог – Запорожье.

Инструментом, позволяющим своевременно выявить проблемные зоны города, является экологический мониторинг. Однако действующая в настоящее время система мониторинга зачастую не позволяет провести быструю и эффективную оценку воздействия комплекса загрязнителей на живой компонент урбоэкосистем. Таким образом, всё большее значение приобретают экономически целесообразные методы биоиндикации, с помощью которых можно своевременно выявить степень экологического риска для городского населения и биоты [1].

В современных исследованиях при оценке состояния воздуха урбоэкосистемы, как правило, используют лишеноиндикацию. Это обусловлено тем, что многие виды лишайников чувствительны не только к выбросам автотранспорта, но и к относительно низким концентрациям таких промышленных аэрополлютантов как диоксид серы, оксиды азота, озона и фториды. К тому же, видовой состав и обилие эпифитных лишайников во многом зависят от изменения состава атмосферного воздуха [2, 5, 7–9, 12–13].

По мнению ряда исследователей, эпифитные лишайники способны аккумулировать тяжелые металлы и другие поллютанты. Визуальными проявлениями чувствительности эпифитных лишайников к аэротехногенному загрязнению урбоэкосистемы выступают: изменение окраски и морфологической структуры талломов, деградация видового состава, значительное сокращение площади проективного покрытия лишенофлоры, вплоть до её полного исчезновения [2, 4, 9, 15, 19, 22].

Оценивая качество атмосферного воздуха Ялтинского амфитеатра, Ходосовцева Ю.А. отмечает, что из обнаруженных в урбоэкосистеме 134 видов лишайников в зонах выброса автотранспорта встречается всего 14 видов.

Значительное преимущество метода лишеноиндикации, по сравнению с физико-химическими аналитическими методами, состоит и в том, что за короткий срок можно оценить состояние воздушной среды без применения дорогостоящих приборов [12]. Кроме того, благодаря повсеместному распространению и длительному вегетационному периоду, лишайники являются универсальными биоиндикаторами аэротехногенного загрязнения окружающей среды.

Однако, применение традиционных методов лишеноиндикации имеет ряд недостатков, связанных со специфической реакцией лишайников на воздействие антропогенных факторов, а также необходимостью поиска экологически благополучного контрольного участка на территории города. Известно, что наиболее распространенные методы лишеноиндикации включают в себя: разметку площадок лишеноиндикации на исследуемой и контрольной территориях; измерение плотности популяции (S) лишенофлоры; визуальное определение (по морфологическим признакам) жизненных форм лишайников (W) и расчет индекса биоразнообразия Симпсона (D); определение изменений показателей (ΔD , ΔS) на исследуемой территории относительно контрольного участка, а также её экологическую оценку по данным величинам. Оценка экологической обстановки территории урбоэкосистемы по двум показателям (ΔD и ΔS) затрудняет установление достоверной картины распространения аэротехногенного загрязнения, поскольку параметры критериев каждого из показателей – различны [1].

Кроме того, интерпретация огромного массива экспериментальных данных, полученных по нескольким показателям, значительно усложняет процесс экологического мониторинга аэротехногенного загрязнения урбоэкосистемы, превращая его в достаточно трудоемкую и энергоемкую процедуру. Поэтому возникает необходимость поиска и апробации оптимальных методов лишеноиндикации, адекватно отражающих экологическое состояние городской территории.

Проблема загрязнения природной окружающей среды является актуальной для Мелитополя, так как город считается важным транспортным узлом юга Украины. Он находится на пересечении автомобильных дорог международного значения **М-18** «Харьков – Ялта» и **М-14** «Одесса – Новоазовск». Поэтому до 80 % загрязнений атмосферы урбоэкосистемы приходится на автотранспорт, выхлопные газы которого составляют продукты полного и неполного сгорания топлива автомобилей. В результате в воздух поступает более 200 токсичных веществ.

В связи с этим целью нашего исследования стала лихеноиндикация аэротехногенного загрязнения в урбоэкосистеме города Мелитополя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Известно, что атмосферный воздух является наиболее подвижным компонентом урбоэкосистемы, постоянно подверженным изменению. Воздушная среда очень мобильна, содержание в ней того или иного загрязнителя может измениться много раз в течение нескольких часов. Даже на участке с весьма интенсивным загрязнением содержание его отдельных компонентов в зависимости от метеоусловий периодически понижается до нормального уровня. Напротив, на участках, где выбросы незначительны, может наблюдаться превышение ПДК загрязнителей, что связано с перемещением воздушных масс с загрязнённых территорий города. Поэтому анализ полученных данных осуществлялся в соответствии со структурно-функциональной организацией урбоэкосистемы, то есть по административно-территориальным районам города.

В связи с этим, нами были выделены следующие функциональные зоны:

Новый Мелитополь – жилой массив;

Южный переезд – автомагистраль;

Авиагородок – жилой массив;

Новый Мелитополь – зона производственного объекта;

Микрорайон – жилой массив;

Район завода «Рефма» – зона производственного объекта;

Центр – городской парк (территория рекреационного назначения);

Песчаное – автомагистраль;

Лесопарк – территория рекреационного назначения (условный контроль);

Телецентр – автомагистраль;

Кизияр – жилой массив.

Кроме того, полученные данные сопоставлялись с исследованиями атмосферного воздуха, которые проводились на маршрутных постах СЭС, а также лабораториями ряда промышленных предприятий.

Комплексная оценка аэротехногенного загрязнения урбосистемы Мелитополя осуществлялась по следующим показателям: диоксид азота, оксид углерода, фенол, диоксид серы, аммиак, взвешенные вещества и суммарное содержание в воздухе углеводородов. Для отбора проб воздуха и измерения концентраций вредных веществ применялся аспиратор «Тайфун» Р-100 (Б). Суммарный показатель химического загрязнения атмосферного воздуха P_a рассчитывался с учетом коэффициентов классов опасности загрязняющих веществ по формуле:

$$P_a = \sum \frac{C_{ia}}{ПДК_{ia} < 1}$$

Для биоиндикационной оценки состояния атмосферного воздуха применялся метод лишеноиндикации, где рассматривался видовой состав эпифитных лишайников, наиболее чувствительных к загрязнителям атмосферы, и учитывался показатель их жизненности в разных функциональных зонах города.

Чувствительность эпифитных лишайников к индексу P_a выражена следующими весовыми коэффициентами: для кустистых $W_k=1$; для листоватых $W_l=0,8$; для накипных $W_n=0,4$ [1].

Биоиндикационная оценка качества атмосферного воздуха в разных функциональных зонах урбоэкосистемы проводилась по методике, которая включала:

- разбивку территории на площадки лишеноиндикации размером 25x25 м;
- определение внешних признаков эпифитных лишайников;
- статистическую обработку полученных данных, вычисление комплексного показателя жизненности биоиндикатора и сравнение его с критериями экологического состояния исследуемой территории.

При этом комплексный показатель жизненности биоиндикатора G определялся по формуле:

$G = \sum W_i \cdot \sum S_i$, где W_i – доля каждой группы лишайника в суммарном обилии групп,

S_i – плотность популяции группы лишайника, которая определялась подсчетом размера площади, занимаемой каждой группой лишайников с помощью палетки, представляющей собой рамку размером 10x10 см, по следующей формуле:

$$S_i = X_{\text{пл}} + \frac{Y_{\text{чп}}}{2(\%)},$$

где $X_{\text{пл}}$ – число клеток палетки, которые полностью покрыты лишайником;

$Y_{\text{чп}}$ – число клеток палетки, которые частично покрыты лишайником.

Экологическое состояние территории оценивалось по критериям, разработанным академиком Ю.С. Бадтиевым (табл. 1).

Лишайники растут практически повсеместно, однако всё их видовое разнообразие может быть сведено к 5 группам: накипные серые, накипные желтые, листоватые серые, листоватые желтые, кустистые.

Таблица 1. Критерии оценки территории по показателю жизненности лишайников, G_l (по Бадтиеву, 2006)

Группа	Класс	Жизненность,	Экологическое
--------	-------	--------------	---------------

лишайников	загрязнения воздуха	$G_{л}$ %	состояние территории
Кустистые	1 – чистый	от 100 до 50	отличное
Кустистые		от 49 до 10*	благоприятное
Листоватые	2 – слабо загрязнен	от 100 до 50	хорошее
Листоватые		от 49 до 10*	удовлетворительное
Накипные	3 – средне загрязнен	от 100 до 50	напряженное
Накипные		от 49 до 10*	критическое
Лишайников нет	4 – сильно загрязнен		кризисное

Примечание: * – при $G_{л} < 10$ % пользуются шкалой менее чувствительного лишайника.

Традиционный метод лишеноиндикации включает: разметку на исследуемой и контрольной территориях площадок лишеноиндикации размером 25x25 м; визуальное определение групп (кустистые, листоватые, накипные) лишайников (W) и вычисление по данной величине индекса биоразнообразия Симпсона (D); измерение плотности популяции (S) найденных групп эпифитов; определение степени снижения показателей (ΔD , ΔS) на исследуемой местности относительно контрольного участка; оценку экологического состояния территории по величинам ΔD и ΔS . Однако, оценка аэротехногенного загрязнения по двум величинам (ΔD и ΔS) затрудняет получение достоверных результатов, так как параметры критериев каждого из показателей различны. Например, относительно удовлетворительная экологическая ситуация территории соответствует $\Delta D \leq 10$ и $\Delta S \leq 20$.

Таким образом, оценка экологического состояния местности по комплексному показателю (G) дает такие же результаты, что и традиционный способ лишеноиндикации, но при этом не требует проведения работ по поиску на местности контрольного участка. Кроме того, данная методика биоиндикационной оценки аэротехногенного загрязнения на 12% менее трудоемка и в 1,4 раза достовернее по сравнению с известным способом.

Согласно методике лишеноиндикационной оценки аэротехногенного загрязнения урбоэкосистемы на основе комплексного показателя жизненности (G_{max}) биоиндикатора, его максимальное значение соответствует пороговой величине индекса загрязнения атмосферного воздуха ($P_{ап}$). Тогда как при увеличении данного показателя (свыше $P_{ап}$), жизненность лишенофлоры начинает снижаться.

Теоретически G_{\max} может быть равно 100%, если $\sum \frac{W_i}{W_{\max}} = 1$ и $\sum \frac{S_i}{S_{\max}} = 1$.

Это имеет место только в идеальных условиях природных заповедников, что вряд ли возможно в условиях урбанизированных ландшафтов. На практике же $S_{\max} < 100\%$ и широко варьируется в разных функциональных зонах. Таким образом, поиск контрольного участка становится крайне сложной задачей.

Указанный недостаток в данной методике устраняется благодаря использованию в качестве контрольной величины разности между потенциальным значением плотности популяции лишайников и допустимым пороговым уровнем его снижения (ΔS), равным 20%. Таким образом, контрольное значение $S_{\max} = 100 - 20 = 80\%$.

Показатель W определяется визуально по внешним признакам групп лишайников. Он равен числу обнаруженных на площадке лишеноиндикации групп лишайников, отнесенных к максимальному их числу, равному 5. Максимальное значение $W_{\max} = 5/5 = 1$, которое принимается за контрольное значение.

Таким образом, контрольное значение жизненности лишайников равно: $G_k = W_{\max} \cdot S_{\max} = 1 \cdot 80 = 80\%$.

$G_{\text{ср}}$ рассчитывается по средним значениям показателей ($W_{\text{ср}}$, $S_{\text{ср}}$) для исследуемой территории. Степень снижения показателя жизненности лишайников ($G_{\text{оп}}$) на опытной территории относительно контрольного значения вычисляется по формуле:

$$\Delta G = \frac{G_{\text{оп}}}{80 \cdot 100\%};$$

Общая оценка экологического состояния территории проводится по критериям, характеризующим степень снижения жизненности эпифитной лишенофлоры:

- на 50 % и более – катастрофическая;
- на 25–50 % – кризисная;
- на 20 % – удовлетворительная.

Результаты лишеноиндикации урбоэкосистемы города Мелитополя сопоставлялись со среднегодовыми суммарными индексами загрязнения атмосферного воздуха в различных функциональных зонах. На основании полученных данных оценивалось экологическое состояние территории города Мелитополя.

В качестве биоиндикаторов степени аэротехногенного загрязнения урбоэкосистемы были использованы одиннадцать видов эпифитных лишайников: 7 видов листоватых – *Xanthoria parietina* (L.) Belt., *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Rieber., *Parmelia sulcata* T. Tayl., *Pleurosticta acetabulum*

(Neck.) Elix et Lumbsch, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., 2 вида накипных – *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Cromb., *Lecanora carpinea* (L.) Vain. и 2 вида кустистых – *Ramalina fraxinea* (L.) Ach., *Evernia Prunastri* (L.) Ach.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой и качественный состав лишенофлоры, а также высокая чувствительность отдельных видов к аэротехногенным поллютантам, наглядно отражают степень загрязненности различных функциональных зон урбоэкосистемы [13]. Анализ количественного состава эпифитных лишайников показал, что в исследованных функциональных зонах в качестве субстрата предпочтение отдается листовенным, а не хвойным породам.

Доминирующими видами по степени проективного покрытия деревьев в урбоэкосистеме города Мелитополя являются форофиты – клен (*Acer campestre* L.), дуб (*Quercus robur* L.), робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.), тополь (*Populus nigra* L., *Populus alba* L.), гледичия обыкновенная (*Gleditsia triacanthos* L.), ясень (*Fraxinus americana* L., *Fraxinus excelsior* L.), айлант высочайший (*Ailanthus altissima*) и т.д.

Эпифитные лишайники в разных структурно-функциональных зонах Мелитополя в основном характеризовались очень мелкими, угнетёнными талломами. Следует отметить, что лишайники, растущие на деревьях вдоль автотрассы, отличались грязно-желтой или серой окраской и имели трудно отделимые от коры деревьев, ломкие талломы. Такое состояние лишенофлоры является результатом влияния аэрополлютантов, содержащихся в выбросах автотранспортных выхлопных газов.

На основе полученных данных лишеноиндикационной оценки аэротехногенного загрязнения города Мелитополя были выделены зоны с различным экологическим состоянием территории.

Зона, экологическое состояние территории которой характеризуется как хорошее, расположена в северо-восточной и центральной частях города. Места локализации данной зоны связаны с территориями городского парка культуры и отдыха имени М. Горького, Лесопарка. В данной зоне наблюдается наибольшее видовое разнообразие лишайников с участием видов, наиболее чувствительных к атмосферному загрязнению: *R. fraxinea* и *E. Prunastri*. Установлено, что в районе Лесопарка были обнаружены два вида кустистых лишайников – *R. fraxinea* и *E. Prunastri*, что свидетельствует об относительно благоприятном экологическом состоянии территории, так как кустистые лишайники исчезают уже при малых дозах токсикантов.

Однако данные представители лишенофлоры характеризовались низкими коэффициентами жизненности. Кроме того, на территории Лесопарка были найдены такие виды листоватых лишайников:

P. acetabulum встречается на слабозагрязненных и незагрязненных территориях. Лимитирующим фактором для данного вида лишайников выступают загрязнение воздуха различными соединениями (сернистыми, азотистыми, фтористыми), а также высокий уровень запыленности.

X. polycarpa, как правило, встречается в умеренно антропогенно измененных местообитаниях. В Лесопарке данный вид лишайников характеризовался высоким показателем жизненности.

Также на территории Лесопарка обнаружены ещё два вида листоватых лишайников – *P. stellaris* и *X. parietina*, которые могут расти как на умеренно, так и сильнозагрязненных территориях.

X. parietina широко распространена в урбоэкосистемах вследствие своей полеотолерантности. Было установлено, что изменение плотности популяции данного вида отражает различную степень антропогенной нагрузки в урбоэкосистемах и является эффективным показателем при лишеноиндикационном зонировании территории. Кроме того, *X. parietina* хорошо адаптирована как к высоким, так и низким концентрациям соединений азота. Также известно, что представители рода *Xanthoria* содержат пигмент париедин, который включает в себя антраквиноны и активные антиокислители, нейтрализующие свободные радикалы, образующиеся в слоевище при воздействии различных аэротоксикантов [2].

В парке культуры и отдыха имени М. Горького были обнаружены виды, характерные как для умеренно- и слабозагрязненных участков (*E. Prunastri*, *P. sulcata*, *H. physodes*), так и для сильнозагрязненных территорий (*X. parietina*, *L. conizaeoides*, *P. orbicularis*). Причем, первые имели низкий показатель жизненности. Появление таких токсикотолерантных нитрофильных видов, как *H. physodes*, *P. orbicularis* и *X. parietina* в центральном городском парке можно объяснить хорошо развитой (кольцевой) транспортной системой и связанными с нею выбросами автотранспорта.

Зона, экологическое состояние территории которой характеризуется как удовлетворительное, охватывает южные и северо-западные районы города – Телецентр, Авиагородок и Микрорайон. Среди видов лишенофлоры, встретившихся в данных функциональных зонах, преобладают листоватые лишайники, что свидетельствует об умеренном загрязнении исследуемой территории (*P. sulcata*, *H. physodes*). Наличие таких видов, как *P. stellaris* и *X. parietina* в районе Телецентра связано с проходящей рядом трассой международного значения М-18 «Харьков – Ялта». Стоит отметить, что коэффициент жизненности листоватых лишайников, локализованных в зонах жилой застройки Авиагородка и

Микрорайона невысок и составляет 15 % и 18 % соответственно. Это может быть связано с высоким уровнем заасфальтированности территории и большим скоплением кирпичных зданий и сооружений (объектов жилой застройки), что создает условия с высокой сухостью воздуха. А это в свою очередь негативно влияет на лишенофлору [13].

Зона, экологическое состояние территории которой характеризуется как критическое, локализована в районах Новый Мелитополь (жилмассив, район МЗТГ), Песчаное, Кизияр. В районе Новый Мелитополь обнаружены *L. carpinea*, *L. conizaeoides* и один токситолерантный вид листоватых лишайников – *X. parietina*.

Низкие показатели жизнестойкости лишайников коррелируют с высоким значением индекса P_a в районе Новый Мелитополь. Это может быть связано с деятельностью крупных машиностроительных предприятий – ПАО «Гидросила МЗТГ» и ГПМЗ «Гидромаш», в производстве которых используются фенолформальдегидные смолы.

Ещё один локалитет сформировался вдоль автодороги (проспект 50-летия Победы и проспект Б. Хмельницкого) и включает участок жилой застройки между улицами Фрунзе и Осипенко. В данной функциональной зоне были обнаружены листоватые лишайники *P. stellaris* и *X. parietina*. Однако показатель их жизнестойкости составлял всего 3–5 %. Помимо автотранспортного загрязнения, на формирование критической зоны в районе Кизияр могли повлиять выбросы расположенных неподалеку предприятий – ЗАО Мелитопольмебель и ОАО Мелитопольский завод стройматериалов.

Зона, экологическое состояние территории которой характеризуется как кризисное, локализована на юге (Южный переезд) и востоке (район завода «Рефма»). В данных районах отмечены и самые высокие суммарные индексы загрязнения атмосферного воздуха. В обозначенных функциональных зонах обнаружены ацидофильные лишайники *L. conizaeoides*, характеризующиеся низкими показателями жизнестойкости, и одиночные талломы листоватых лишайников *X. parietina*. На формирование неблагоприятной экологической ситуации могли повлиять предприятия, специализирующиеся на цветном литье, ООО «РЕФМА-Холод», а также проходящая в этом районе города автотрасса международного значения М-14 «Одесса – Новоазовск».

Таким образом, экологическое состояние территории города Мелитополя, согласно результатам лишеноиндикационной оценки аэротехногенного загрязнения, может характеризоваться как критическое. Наиболее загрязненные участки локализованы в районах автомобильных дорог, а также некоторых предприятий города. Относительно благоприятные районы Мелитополя связаны с территориями городских парков.

Результаты лишеноиндикации территории города Мелитополя в сопоставлении со среднегодовыми индексами загрязнения атмосферного воздуха приведены в табл. 2.

Таблица 2. Данные лишеноиндикации атмосферного воздуха в городе Мелитополе

Функциональные зоны	Среднегодовой индекс P_a			Г листоватых и накипных лишайников, % за 2012 г.
	2011 г.	2012 г.	среднее	
Новый Мелитополь (жилмассив)	5,82	8,0	6,9	30 % – н
Южный переезд	5,2	9,0	7,1	7 % – н
Авиагородок	4,3	6,1	5,2	15 % – л
Новый Мелитополь (зона производственного объекта)	6,6	9,6	8,1	19 % – н
Микрорайон	3,9	5,4	4,7	18 % – л
Район завода «Рефма»	9,36	10,49	9,9	8 % – н
Центр	3,26	4,01	3,6	72 % – л
Песчаное	4,45	7,14	5,8	45 % – н
Лесопарк	2,07	3,03	2,6	80 % – л
Телецентр	4,6	6,26	5,4	14 % – л
Кизияр	4,7	8,29	6,5	19 % – н

ВЫВОДЫ

1. Для биоиндикационной оценки степени аэротехногенного загрязнения урбоэкосистемы города Мелитополя целесообразно использовать показатель жизненности эпифитной лишенофлоры.

2. Превалирование в эпифитной лишенофлоре таких токситолерантных видов, как *X. parietina* и лишайников рода *Lecanora* свидетельствует о высокой степени загрязнения воздуха аэротехногенными поллютантами (в первую очередь диоксидом серы и диоксидом азота).

3. На основе показателей жизненности эпифитных лишайников в разных функциональных зонах города Мелитополя были определены участки с различной степенью загрязнения атмосферного воздуха. Хорошее экологическое состояние территории – Лесопарк, Центр (район парка им. М. Горького); удовлетворительное – Телецентр, Авиагородок, Микрорайон; критическое – Новый Мелитополь (жилмассив, район завода МЗТГ), Кизияр, Песчаное; кризисное – район завода Рефма, Южный переезд.

4. Результаты лишеноиндикации коррелируют с комплексным индексом загрязнения атмосферы P_a , на основании которого выделены зоны с низким (Лесопарк, Парк), повышенным (Авиагородок, Песчаное, Телецентр, Кизияр) и высоким (Новый Мелитополь, Южный переезд, район завода Рефма) уровнями аэротехногенного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. Биоиндикация – малозатратный и эффективный метод познания // Экологический вестник России, 2001. – № 1. – С. 38–41.
2. Бязров Л.Г. Изменение видового разнообразия эпифитных лишайников г. Москвы – сравнение учетов 1988–1991 и 2006 годов // Режим доступа: http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov_msk_2006.html
3. Ибрагимова Э.Э. Лишеноиндикация степени аэротехногенного загрязнения в урбоэкосистемах на примере *Xanthoria parietina* (L.) BELT // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – Том 24 (63), 2011. – № 1. – С. 34–39.
4. Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – Т. 12. – С. 113–175.
5. Кондратюк С. Я. Індикація стану навколишнього середовища України за допомогою лишайників. – К. : Наук. думка, 2008. – 336 с.
6. Кондратюк С.Я., Мартиненко В.Г. Лішеноіндикація. – К.; Кіровоград, 2006. – 260 с.
7. Малышева Н.В. Лишайники малых городов Северо-Запада России // Ботанический журнал. – 2003. – 88, № 10. – С. 40–50.
8. Малышева Н.В. Об патоморфологии лишайников окрестностей Санкт-Петербурга // Нов. сист. низш. раст., 1995. – Т.30. – С. 78–85.
9. Мэннинг У. Дж., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.
10. Окснер А. М. Определитель лишайников СССР (морфология, систематика и географическое распространение). – Л.: Наука, 1974. – Вып. 2. – 283 с.
11. Пауков А.Г., Гулика И.С. Анатомические и морфологические изменения лишайников в антропогенно нарушенных местообитаниях // Развитие идей академика С.С. Шварца в современной экологии. – Екатеринбург, 1999. – С. 134–140.
12. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – С. 144–159.
13. Ходосовцев О.Є. Лишайники причорноморських степів України. – Київ: Фітосоціоцентр, 1999. – 236 с.
14. Ходосовцева Ю.А. Лішеноіндикаційне картування урбанізованих ландшафтів Ялтинського амфітеатру (Крим) // Чорноморський ботаничний журнал. – 2009. – Т. 5, № 2. – С. 207–218.
15. Ходосовцева Ю.А. Лішеноіндикація якості атмосферного повітря урбанізованих ландшафтів Ялтинського амфітеатру: Автореф. дис. ...канд. біол. наук. – Одеса : МОН, молоді та спорту Укр. Одеській нац. ун-т ім. Мечникова, 2011. – 20 с.
16. European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress / Prep. by Asta J. et al. – 2002. – Procedure of access: <http://www.thebls.org.uk/>.

17. Van Dobben H. F., ter Braak C. J. F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // *Lichenologist*. – 1999. – Vol. 31 (1). – P. 27–39.
18. Kauppi M., Mikkonen A. Floristic versus single species analysis in the use of epiphytic lichens as indicators of air pollution in a boreal forest region, Northern Finland // *Flora*. – 1980. – B.169 (4). – P. 255–281.
19. Nash T. *Lichens biology*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1996. – P. 161–179.
20. Purvis O.W., Coppins B.J., Hawksworth D.L., James P.W. & Moore D.M. The lichen flora of Great Britain and Ireland // *Nat. Hist. Mus. Publ.* – London, 1992. – 710 p.
21. Van Dobben H. F., ter Braak C. J. F. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales // *Lichenologist*. – 1999. – Vol. 31 (1). – P. 27–39.
22. Wolseley P., James P. Assessing the role of biological monitoring using lichens to map excessive ammonia (NH₃) deposition in the UK // *Effects of NO_x and NH₃ on lichen communities and urban ecosystems. A Pilot Study: A report produced by Imperial College & The Natural History Museum*. 2002. – P. 68–87.

Н. В. Йоркіна

ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ СТУПЕНЯ АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ УРБООКОСИСТЕМИ МІСТА МЕЛІТОПОЛЯ

Ключові слова: урбоекосистема, лишайники, аеротехногенне забруднення, біоіндикаційна оцінка.

Здійснена ліхеноіндикаційна оцінка екологічного стану території міста Мелітополя. Проведено порівняльний аналіз показників життєвості епіфітних лишайників і сумарних індексів забруднення атмосферного повітря в різних функціональних зонах урбоекосистеми. Визначені ділянки з різним ступенем аеротехногенного забруднення.

N.V. Yorkina

LICHENOINDICATION OF THE LEVEL OF AEROTECHNOGENIC POLLUTION OF THE URBAN ECOSYSTEM OF MELITOPOL

Key words: urban ecosystem, lichens, aerotechnogenic pollution, bioindicative evaluation.

The paper provides the lichenoindicative evaluation of the ecological state of the territory of the city of Melitopol. It makes a comparative analysis of the vitality indices of epiphytic lichens and aggregate indices of air pollution in different functional zones of the urban ecosystem. The study also identifies areas with different levels of aerotechnogenic pollution.