

Ліхеноіндикаційна оцінка змін якості атмосферного повітря міста Херсона за 20 років

ВІТАЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ КЛИМЕНКО

KLYMENKO V.M. (2015). **Lichen indication assessment of changes in the air quality of Kherson town for the past 20 years.** *Chornomors'k. bot. z.*, **11** (4): 521-534. doi:10.14255/2308-9628/15.114/8

The results of lichen indication research of surface layers quality of Kherson air are given in the article. 44 species of epiphytic lichens have been found, including 17 taxa identified as new to the studied area, and 11 species appeared in the last two decades. According to clean air calculation Index a spatial distribution model of izotoxic lichen indication zones of the city was built, the possible causes and patterns of their distribution in a given location were analyzed. A comparative analysis of distribution zones with different air quality for the period of 1995–2015 was conducted. Relative decrease in the dynamics and reduction of unpolluted and lightly polluted area of lichen indication izotoxic zones was observed; it is associated with changes in the intensity and sources of anthropogenic influence for the last two decades. Seven types of urban landscapes were identified and for each of them relative air quality by lichen indication detectors was set. The poorest air quality was found within vehicles landscapes that consist of 2/3 highly and moderately polluted lichen indication izotoxic zones and the highest quality – within the garden and park landscapes, where 3/4 of the territory is located on unpolluted and moderately polluted areas.

Keywords: bioindication, urban landscapes, epiphytic lichens, lichen indication zone

КЛИМЕНКО В.М. (2015). **Ліхеноіндикаційна оцінка змін якості атмосферного повітря міста Херсона за 20 років.** *Чорноморськ. бот. ж.*, **11** (4): 521-534. doi:10.14255/2308-9628/15.114/8.

У статті приведено результати ліхеноіндикаційних досліджень якості приземних шарів атмосферного повітря міста Херсона. Виявлено 44 види епіфітних лишайників, серед яких 17 таксонів визначено як нові для досліджуваної території, а 11 видів з'явилися у місті за останні два десятиліття. За даними розрахунку Індексу чистоти повітря, побудовано просторову модель розподілу ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон на території міста, проаналізовано можливі причини і закономірності їх розподілу у певній локації. Проведено порівняльний аналіз даних розподілу зон із різною якістю повітря у 1995 та 2015 рр. Виявлена відносна динамічність та зменшення площей незабруднених та слабкозабруднених ліхеноіндикаційних ізотоксичних зон, що пов'язано зі змінами інтенсивності та джерел антропогенного пресингу на атмосферне повітря за останні два десятиліття. У адміністративних межах міста виділено сім типів урбанізованих ландшафтів, і для кожного з них встановлена відносна якість атмосферного повітря за ліхеноіндикаційними показниками. Найнижча якість повітря виявлена для транспортних ландшафтів, які на 2/3 складаються з дуже забрудненої та середньозабрудненої ліхеноіндикаційних ізотоксичних зон, а найвища якість – для садово-паркових ландшафтів, де 3/4 території розташовано у незабрудненій та слабкозабрудненій зонах.

Ключові слова: біоіндикація, урбанізовані ландшафти, епіфітні лишайники, ліхеноіндикаційні зони

КЛИМЕНКО В.Н. (2015). **Лихеноиндикационная оценка изменений качества атмосферного воздуха города Херсона за 20 лет.** *Черноморск. бот. ж.*, **11** (4): 521-534. doi:10.14255/2308-9628/15.114/8.

В статье приведены результаты лихеноиндикационных исследований качества приземных слоев атмосферного воздуха города Херсона. Выявлено 44 вида эпифитных лишайников, среди которых 17 таксонов определены как новые для исследуемой территории, а 11 видов появились в городе за последние два десятилетия. По данным расчета Индекса чистоты воздуха построена пространственная модель распределения изотоксичных лихеноиндикационных зон на

территории города; проанализированы возможные причины и закономерности их распределения в определенной локации. Проведен сравнительный анализ данных распределения зон с разным качеством воздуха в 1995 и 2015 гг. Обнаружена относительная динамичность и уменьшение площади незагрязненных и слабозагрязненных лишеноиндикационных изотоксичных зон, что связано с изменениями интенсивности и источников антропогенного прессинга на атмосферный воздух за последние два десятилетия. В административных границах города выделено семь типов урбанизированных ландшафтов, и для каждого из них установлено относительное качество атмосферного воздуха по лишеноиндикационным показателям. Низкое качество воздуха выявлено для транспортных ландшафтов, которые на 2/3 состоят из очень загрязненных и среднезагрязненных лишеноиндикационных изотоксичных зон, а высокое качество – в садово-парковых ландшафтах, где 3/4 территории находится в незагрязненной и слабозагрязненной зонах.

Ключевые слова: биоиндикация, урбанизированные ландшафты, эпифитные лишайники, лишеноиндикационные зоны

Використання епіфітних лишайників для встановлення якості атмосферного повітря в містах України набуває все більшої популярності [KONDRATYUK, 2008]. Завдяки лишеноіндикаційним методам можна встановити ізотоксичні лишеноіндикаційні зони з різною якістю приземного шару атмосферного повітря, що знаходять подальше практичне втілення для планування рекреаційних та селітебних ландшафтів.

Лишеноіндикаційні дослідження міста Херсона розпочалися ще наприкінці ХХ століття [KHODOSOVTSSEV, 1995]. За результатами лишеноіндикаційного картування було встановлено видовий склад лишайників, розраховані екологічні індекси та виділено чотири ізотоксичні лишеноіндикаційні зони. Протягом 20 років в місті істотно змінилися джерела та потужність антропогенних впливів на атмосферне повітря: знизився вплив стаціонарних джерел забруднення у зв'язку із закриттям низки підприємств, але з іншого боку збільшився вплив автомобільного транспорту. Отже, метою є дослідження сучасного стану якості атмосферного повітря міста Херсона за лишеноіндикаційними методами, аналіз змін в розташуванні ізотоксичних лишеноіндикаційних зон, а також встановлення особливостей їх проекції на урбанізовані ландшафти міста.

Матеріали та методи досліджень

Матеріалами для статті стали результати власних досліджень, проведені на території м. Херсона, протягом 2012–2015 років. Лишайники визначалися за загальноприйнятою методикою [KONDRATYUK, 2008] на базі лабораторії біорізноманіття та екологічного моніторингу ім. Й.К. Пачоського кафедри ботаніки Херсонського державного університету. Назви лишайників та авторів таксонів подано відповідно до «Index Fungorum» [INDEX FUNGORUM, 2015]. Синтетичним показником для встановлення ізотоксичних зон було обрано Індекс чистоти повітря в модифікованому варіанті С.Я. Кондратюка [KONDRATYUK, 1994] (далі ІЧПМ), який найчастіше використовується у лишеноіндикаційних дослідженнях в урбанізованих ландшафтах України, у тому числі і для м. Херсона [KHODOSOVTSSEV, 1995]. Цей показник дорівнює сумі добутків комбінованого показника покриття/трапляння та екологічних індексів, що відображають чутливість до забруднення видів, які утворюють лишайникові угруповання:

$$ІЧПМ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{10} \sum_{j=1}^m \frac{a_{ij} \cdot b_{ij}}{m},$$

де Q_i – екологічний індекс кожного виду лишайників (середня кількість видів лишайників, що ростуть поряд із цим видом на всіх дослідних ділянках); a_{ij} та b_{ij} – індекси проективного покриття та частоти трапляння епіфітних лишайників j -го класу відповідно; m – кількість класів проективного покриття i -го виду; n – кількість видів лишайників на дослідній ділянці.

Лишайникові угруповання досліджувалися на корі прямостоячих, не затінених дерев від висоти 1 м до 2 м. Обиралися переважно дерева, які є найпоширенішими в місті і мають близькі морфологічні характеристики перидерми, а саме *Quercus robur* та *Robinia pseudoacacia*. За відсутності на досліджуваній території цих форофітів, лишайникові угруповання досліджувалися на інших видах дерев: *Tilia cordata*, *Populus alba* тощо. Закладено 60 моніторингових ділянок, де було обстежено 426 дерев та виконано відповідну кількість ліхеноценотичних описів.

Орієнтування на місцевості та фіксування GPS координат здійснювалось за допомогою планшетного комп'ютера ASUS K004 з інстальованим додатком NAVITEL. Статистична обробка даних здійснювалась на базі програми EXCEL 2010. Просторове моделювання результатів дослідження здійснювалось пакетами програм MAPINFO 10.5.2 та QGIS 2.6.

Для диференціації та класифікації міських ландшафтів використовувалися критерії, запропоновані Позаченюк К.А [POZACHENYUK, 2003]. На території дослідження було виявлено ландшафти, які не відповідали вище запропонованим критеріям, а саме відкриті ландшафти без забудови та рекреаційних насаджень, які ми віднесли до категорії «пустирі». Остання група ландшафтів знайшла відображення на ландшафтних та ліхеноіндикаційних картах (завдяки екстраполяції даних з близьких ландшафтів), але разом з аквальними ландшафтами виключені з обговорення, у зв'язку з неможливістю проведення на їх територіях ліхеноіндикаційних досліджень.

Для окреслення меж зон із різним ступенем атмосферного забруднення за розрахованими значеннями ІЧПм, було використано алгоритм запропонований Димитровою Л.Ю. [ДУМЕТРОВА, 2008], який використовувався при ліхеноіндикаційному дослідженні території міста Києва [ДУМЕТРОВА, 2008]. Для відображення діапазону ІЧПм, який відповідає певній ізотоксичній зоні, автором введено змінну величину – f . На основі цього, межі ізотоксичних зон розташовано в наступних діапазонах:

- дуже забруднена: $ІЧП_{m_{min}} \leq f < \overline{ІЧПм} - \sigma$;
- середньозабруднена: $\overline{ІЧПм} - \sigma \leq f < \overline{ІЧПм}$;
- слабозабруднена: $\overline{ІЧПм} \leq f < \overline{ІЧПм} + \sigma$;
- незабруднена: $\overline{ІЧПм} + \sigma \leq f \leq ІЧП_{m_{max}}$;

де $ІЧП_{m_{min}}$ і $ІЧП_{m_{max}}$ – відповідно, мінімальне та максимальне значення індексу; $\overline{ІЧПм}$ – середнє значення індексу на всіх дослідних ділянках; σ – стандартне відхилення (дисперсія); f – діапазон величин ІЧПм певної ізотоксичної зони.

Фізико-географічна характеристика території дослідження

Херсон – адміністративний центр Херсонської області. Територія міста розташована на правому березі, в басейні нижньої течії р. Дніпро у межах Причорноморської низовини, за 25 км від Дніпровського лиману Чорного моря. Займає площу 60,5 км². Поверхня території міста хвиляста, розчленована балками, ярами, з нахилом до русла Дніпра, є блюдцеподібне зниження. Перевищення висот до 52,5 м. Пересічна температура січня $-3,2^{\circ}$, липня $+23,0^{\circ}$. Опадів 380 мм на рік [PYLYPENKO et al., 2007]. Повторюваність вітрів за напрямками в теплий та холодний період року відображено в таблиці 1. [NATSIONALNYI atlas..., 2007]

Результати досліджень

Територія міста Херсона сформована сімома типами урбанізованих ландшафтів, просторову локалізацію яких відображено на рис. 1. Площу, що займає певний тип ландшафту на території міста, у відсотковому співвідношенні показано на рис. 2.

Таблиця 1
Повторюваність вітрів за напрямками в теплий та холодний період року (%)

Table 1

The frequency of winds in areas of the warm and cold seasons (%)

Напрямок вітру	Холодний період року	Теплий період року
	Кількість штитів – 4	Кількість штитів – 10
Північний	12	19
Північно-східний	18	14
Східний	18	8
Південно-східний	11	4
Південний	10	8
Південно-західний	10	16
Західний	11	15
Північно-західний	10	16

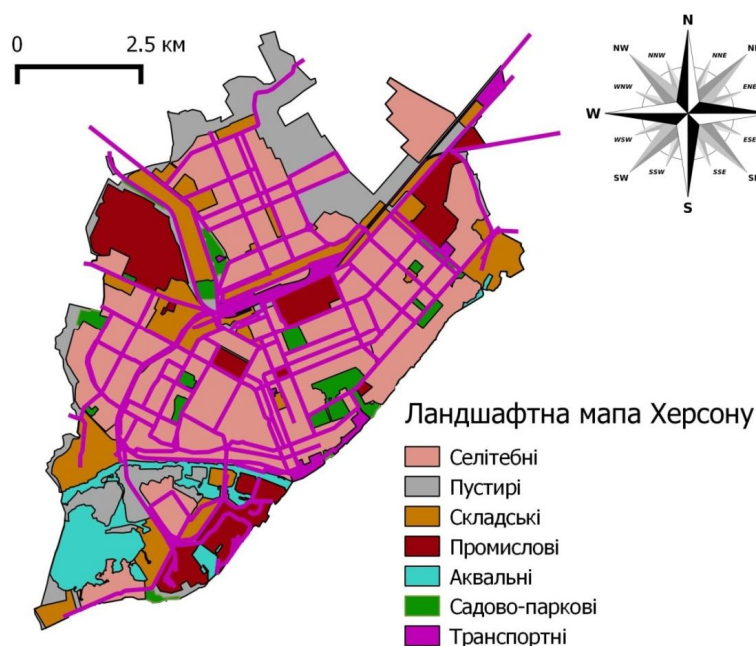


Рис. 1. Ландшафтна диференціація міста Херсон.

Fig. 1. The landscapes differentiation in Kherson town.

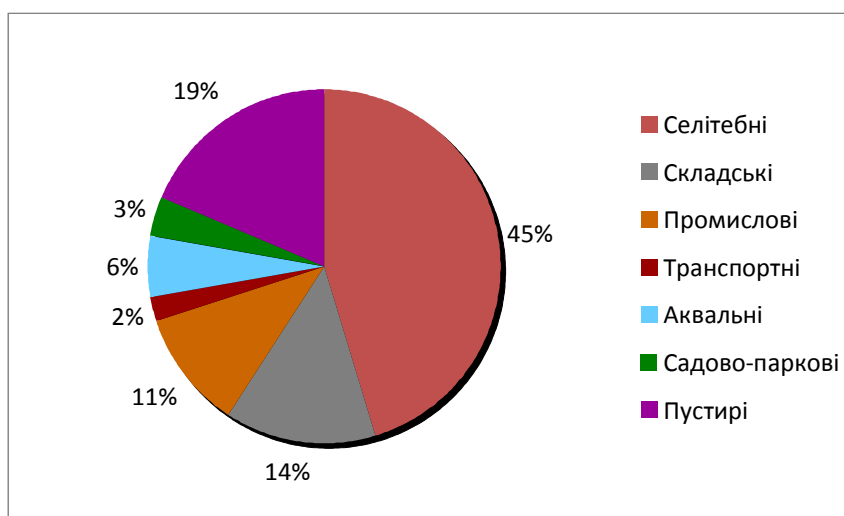


Рис. 2. Відсоткове співвідношення площі ландшафтів у межах міста Херсона.

Fig. 2. The correlation (in %) between landscape squares in Kherson town.

В результаті проведеного дослідження нами було виявлено 44 види лишайників. За спектром видового різноманіття епіфітних лишайників м. Херсон займає проміжне положення серед інших міст України. За кількістю видів, епіфітна ліхенобіота близька до епіфітних ліхенобіот таких міст як Полтава – 49 видів [ДУМЕТРОВА, 2008], Тернопіль та Івано-Франківськ – по 45 видів, Луцьк – 37 видів [KONDRATYUK, 1993, 2008].

В порівнянні із спектром епіфітних лишайників, які були виявлені у кінці минулого століття у м. Херсоні [KHODOSOVITSEV, 1995], було виявлено 17 нових для міста видів. Накипні стерильні соредіозні види *Candelariella efflorescens*, *Rinodina pytyrea*, *Scoliciosporum gallurae*, *S. sarothamni* та накипний вид з дрібними апотеціями *Lecanora persimilis*, *Strangospora pinicola* були виявлені також в зборах О. Ходосовцева кінця 90-х років. Вони не були включені до списку у зв'язку з неможливістю їх визначення на той час. Однак, листуваті та куцисті види *Candelaria concolor*, *C. pacifica*, *Massjukiella ukrainica*, *Hypogymnia tubulosa*, *Melanelixia exasperatula*, *Physcia biziana*, *Pseudevernia furfuracea*, *Physconia enteroxantha*, *Ph. peresidiosa*, *Ramalina fastigiata*, *Usnea hirta* з'явилися на території міста в останні 20 років. Останнє свідчить про істотну динамічність епіфітної ліхенобіоти з одного боку, а з іншого про зміни якості повітря в певному типі ландшафту [KONDRATYUK, 2008].

За розрахованими ІЧПм територію міста Херсон було поділено на чотири ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони: дуже забруднену, середньозабруднену, слабозабруднену та незабруднену (рис. 3). Основні показники ІЧПм та числові межі ізотоксичних зон, які використано для побудови просторової моделі зон забруднення у місті Херсоні, відображено у таблиці 2.

Таблиця 2
Основні показники ІЧПм та числові межі ізотоксичних зон

Table 2
Key figures of clearness Index and numerical limits of izotoxic zones

Максимум	Мінімум	Середнє значення	Стандартне відхилення	Числові межі ізотоксичних зон (f)			
				Дуже забруднена	Середньо-забруднена	Слабо-забруднена	Незабруднена
99,5	6,6	39,05	16,8	6,6 ≤ f ≤ 22,25	22,25 ≤ f ≤ 39,05	39,05 ≤ f ≤ 55,85	55,85 ≤ f ≤ 99,5

Незабруднена зона сформована шістьма локалітетами (рис. 3). Найменша за площею на території Херсона (4,64 км²), що приблизно дорівнює 8 % від зальної площі міста. Локалізується переважно у периферійних районах (північна частина Таврійського мікрорайону, селище Текстильників), окремі включення зустрічаються і у центрі та тяжіють до парків і кладовищ, де ступінь антропогенного пресингу має невисокий рівень (дендропарк Херсонського державного аграрного університету, цвинтар у центрі, парк Ленінського комсомолу, парк Шевченка). Незабруднена зона проектується на урболандшафти міста Херсона таким чином: 0,08 км² (1,77 %) зосереджено у промислових ландшафтах; 0,19 км² (4,15 %) – у транспортних; 2,75 км² (59,15 %) – у селітебних; 0,89 км² (19,25 %) – у садово-паркових; 0,07 км² (1,44 %) – у

складських; 0,66 км² (14,25 %) – на території пустирів. Перелік видів лишайників, які знайдено у цій зоні відображено у таблиці 3.

Слабозабруднена зона зустрічається окремими включеннями рівномірно по всій території міста, винятком є лише південно-західні райони (мікрорайони Острів та Забалка) де спостерігається стійка тенденція до погіршення якості повітря. Ймовірною причиною виникнення подібної аномалії є особливості рельєфу. За допомогою тривимірного аналізу супутникових знімків, встановлено істотні від'ємні перепади висот у цих районах, відносно домінуючих на території міста (рис. 5). Це стає причиною утворення «басейнів», у яких акумулюються забруднюючі речовини, так як вони мають більшу питому вагу і густину по відношенню до відповідних величин повітря. У більшості випадків слабозабруднена зона облямовує незабруднену і паралельно з нею тяжіє до місць з незначними ступенем антропогенного пресингу. Площа, що займає ця зона, складає 15,73 км² (26 % від загальної площі міста). Вона проектується на урбанізовані ландшафти наступним чином: 0,95 км² (6,04 %) слабозабрудненої зони розташовано у промислових ландшафтах; 0,3 км² (1,91 %) – у транспортних; 7,6 км² (48,34 %) – у селітебних; 0,58 км² (3,66 %) – у садово-паркових; 1,34 км² (8,52 %) – у складських; 4,94 км² (31,41 %) – на території пустирів; 0,02 км² (0,13 %) – у аквальних. Таксони лишайників, які знайдено у цій зоні відображено у таблиці 3.

Середньозабруднена зона найбільша на досліджуваній території. Її площа 33,01 км², що приблизно складає 54 % від загальної площі міста. Локалізується вона переважно у центральних районах та окремими променями виходить на периферію міста у північно-західному, східному, південно-східному та південно-західному напрямках. Північно-західний та східний проміні територіально приурочені до гілок залізниці та Миколаївського, Бериславського та Кіндійського шосе. Тут створюється підвищений рівень пресингу на атмосферне повітря з боку транспорту. Формування південно-східного та південно-західного променів, на думку автора, пов'язано з «басейноподібними» комплексами, утвореними рельєфом та багатоповерховою забудовою селітебних ландшафтів, про аномальні зниження якості повітря у яких нами було відмічено вище. Середньозабруднена зона проектується на урболандшафти таким чином: 4,3 км² (13,3 %) розташовано у промислових ландшафтах; 0,83 км² (2,51 %) – у транспортних; 14,17 км² (42,93 %) – у селітебних; 0,57 км² (1,73 %) – у садово-паркових; 5,24 км² (15,87 %) – у складських; 5,38 км² (16,3 %) – на території пустирів; 2,52 км² (7,63 %) – проектується на територію аквальних ландшафтів. Перелік видів лишайників, знайдених у цій зоні відображено у таблиці 3.

Дуже забруднена зона сформована трьома окремими локалітетами. Найбільший, площею 6,1 км², знаходиться у південно-західній частині міста (мікрорайони Острів та Забалка), два інших у східній частині міста (мікрорайон ХБК). Загальна площа дуже забрудненої зони становить 7,11 км². Ймовірними причинами її утворення є локалізація нижче відносного рівня основної території міста, розгалужена система значущих у плані логістики транспортних артерій та приватний сектор селітебних ландшафтів, у якому індивідуальні системи опалення є вагомим джерелом викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря. На урбанізовані ландшафти ця зона проектується таким чином: 1,3 км² (18,28 %) дуже забрудненої зони розташовано у промислових ландшафтах; 0,0012 км² (0,02 %) – у транспортних; 3,1 км² (43,58 %) – у селітебних; 1 км² (14,06 %) – у складських; 1 км² (14,06 %) – на території пустирів; 0,71 км² (10,01 %) – у аквальних; на територію садово-паркових ландшафтів дуже забруднена зона не проектується. Перелік видів лишайників, які знайдено у цій зоні, відображено у таблиці 3.

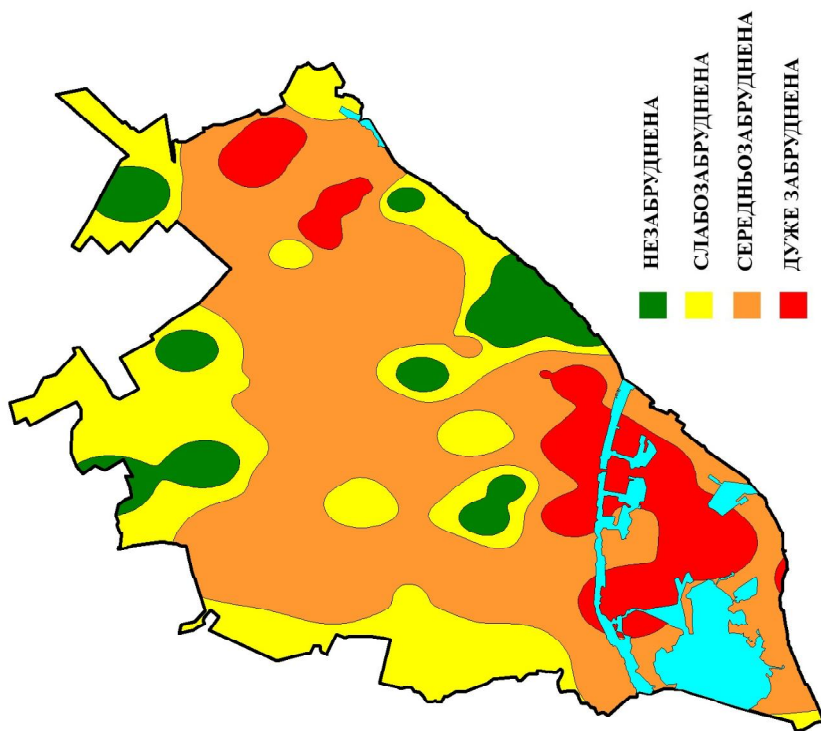


Рис. 3. The isotoxic lichen indication zones in Kherston town (data of 2015).

Рис. 3. Ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони м. Херсона (за даними 2015 року).

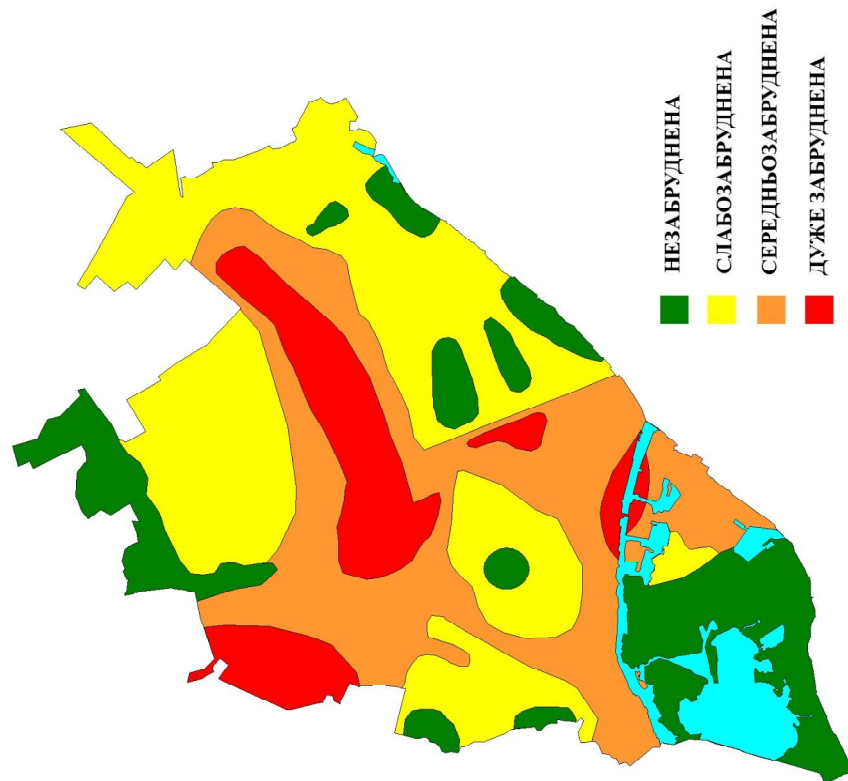


Рис. 4. Ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони м. Херсона (за даними О.Є. Ходосовцева, 1995 рік).

Fig. 4. The isotoxic lichen indication zones in Kherston town (data of A. Khodosovtsev, 1995).

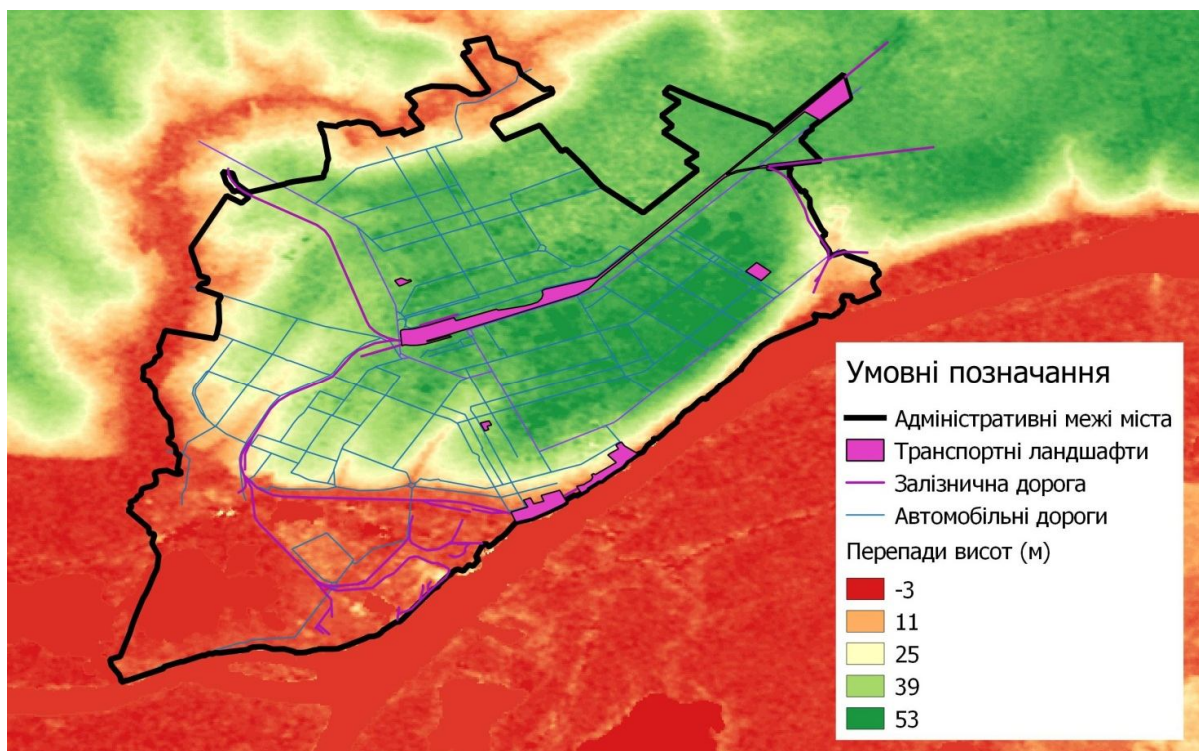


Рис. 5. Відносні перепади висот на території м. Херсона.

Fig. 5. Relative elevation of heights in Kherson town.

Проведений порівняльний аналіз просторового розподілу ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон на території міста Херсона за результатами власних досліджень (рис. 3) і відцифрованих даних ліхеноіндикаційних досліджень проведених у минулому столітті (рис. 4) [KHODOSOVITSEV, 1995], вказують на значну динаміку зон із різною якістю повітря за 20 років. За вказаний період центр локалізації дуже забрудненої зони змістився від північно-західних (Херсонський НПЗ) та центральних (Залізничний вокзал) до південно-західних районів міста. На думку автора, цьому сприяли: зменшення кількості та енергоємності залізничного транспорту; перехід економіки міста з індустріальної в постіндустріальну, про що свідчить закриття Херсонського НПЗ та низки інших підприємств важкої промисловості на території Херсона та натомість розвиток сфери обслуговування – банківський, страховий, торгівельно-розважальний сектори економіки тощо. Незважаючи на це, площа дуже забрудненої зони майже не змінилась (табл. 4).

За проаналізований період площа незабрудненої зони зменшилась більш ніж удвічі, хоча центри її локалізації залишились майже незмінними. Винятком є лише південно-західні райони міста, які у 1995 році були ядром зони з високою якістю повітря, а вже 2015 тут фіксуються ліхеноіндикаційні показники, що відповідають середньозабрудненій та дуже забрудненій зонам і докорінним чином змінився якісний склад ліхенобіоти. У порівнянні з 1995 роком, на сьогодні площа середньозабрудненої зони збільшилась майже у два рази, за рахунок скорочення площі зон з високою якістю повітря. Селітебні райони у центрі та східних окраїнах міста, які двадцять років тому знаходились у слабо- та незабрудненій зонах, сьогодні майже повністю розташовані у середньозабрудненій.

Таблиця 3
Видовий склад, ліхеноіндикаційні показники та розподіл видів угрупування епіфітних лишайників міста Херсона в ліхеноіндикаційних ізотоксичних зонах міста

Table 3
Species composition, lichen indicators and species distribution of epiphytic lichens groups on lichen indication izotoxic areas in Kherson town

№	Вид	Q _i	b				m	Ізотоксичні зони			Незабрудне-на
			1	2	3	4		Дуже забруднена	Середньо-забруднена	Слабо-забруднена	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	12,15789	5	3			2	+	+	+	+
2.	<i>Athalia pyrasca</i> (Ach.) Arup, Fröden & Søchting	10,31373	4	3			2	+	+	+	+
3.	<i>Catogaya lobulata</i> (Flörke) Arup, Fröden & Søchting	10,4375	4	3	2		3	+	+	+	+
4.	<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold	14,5	6				1				+
5.	<i>Candelaria pacifica</i> M. Westb. & Arup	13	6				1			+	
6.	<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr.	10,86957	5	3			2	+	+	+	+
7.	<i>Candelariella efflorescens</i> R.C. Harris & W.R. Buck	17,66667	6				1			+	+
8.	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau	10,41667	5	3			2	+	+	+	+
9.	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	12,88889	4	3			2		+	+	+
10.	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	19,5	4	4			2				+
11.	<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	16,33333	4	3			2				+
12.	<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Röhl	13	6	2			2		+	+	+
13.	<i>Lecanora carpinea</i> f. <i>carpinea</i> (L.) Vain.	12,51852	5	3			2	+	+	+	+
14.	<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Röhl.	10,91304	4	3	2		3	+	+	+	+
15.	<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.	11,42105	5	3			2	+	+	+	+
16.	<i>Lecanora persimilis</i> (Th. Fr.) Arnold	13,875	6				1			+	+
17.	<i>Lecanora saligna</i> (Schrad.) Zahlbr.	13,25	5	3			2			+	
18.	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	12,6875	4	3			2	+	+	+	+
19.	<i>Massjukiella polycarpa</i> (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell	12,57143	4	3			2	+	+	+	+
20.	<i>Massjukiella ukrainica</i> (S.Y. Kondr.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell	12,2	4	3			2		+	+	+
21.	<i>Melanella exasperatula</i> (Nyl.) Essl.	16	6				1				+

Продовження табл. 3.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
22.	<i>Melanella subaurifera</i> (Nyl.) Essl.	19,5	4	4			2				+
23.	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	11,54545	4	3	2		3		+	+	+
24.	<i>Phaeophyscia nigricans</i> (Flörke) Moberg	11,23729	3	3	2		3	+	+	+	+
25.	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	9,8	2	4	3	2	4	+	+	+	+
26.	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	10,17978	2	4	3		3	+	+	+	+
27.	<i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr.	16	6				1				+
28.	<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau	11,5	6				1				+
29.	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	13,26667	5	2			2			+	+
30.	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	11,86667	5	3			2		+	+	+
31.	<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	14	4	3			2		+	+	+
32.	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	14	5		3		2			+	+
33.	<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	8	6				1		+		
34.	<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch	12,23529	5	3			2		+	+	+
35.	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf	13,375	5	2			2				+
36.	<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	16	6				6				+
37.	<i>Ramalina pollinaria</i> (Westr.) Ach.	14,25	6				6				+
38.	<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	10,97674	5	3			2	+	+	+	+
39.	<i>Rinodina pityrea</i> Ropin & H. Mayrhofer	11,17143	3	5	2		3	+	+	+	+
40.	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (Graewe ex Stenh.) Vězda	12,08	4	3	2		3	+	+	+	+
41.	<i>Scoliciosporum gallurae</i> Vězda & Poelt	11,26667	2	5			2		+		+
42.	<i>Strangospora pinicola</i> (A. Massal.) Körb.	16	6				1				+
43.	<i>Usnea hirta</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg.	23	6				1				+
44.	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Beltr.	9,860215	2	4	3		3	+	+	+	+

Таблиця 4

Порівняння площі ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон за 1995 та 2015 роки (км²)

Table 4

Comparison of izotoxic lichen indication areas in 1995 and 2015 (km²)

Рік Ізотоксична зона	1995 рік	2015 рік
Незабруднена	11,1	4,6
Слабозабруднена	23,1	15,7
Середньозабруднена	16,8	33
Дуже забруднена	7,3	7,1

Ймовірною причиною динаміки ізотоксичних зон на території урбанізованих ландшафтів Херсону є збільшення кількості автотранспорту, який на сьогодні є основним джерелом забруднення атмосферного повітря у місті, та закриття ряду підприємств важкої промисловості, побічні продукти яких були основними поллютантами приземних шарів повітря у минулі роки. Аналізуючи дані щодо площ ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон на території міста Херсона, можна зробити висновок, що якість повітря за 20 років погіршилась, на що вказує збільшення відсотку середньозабрудненої та дуже забрудненої зони від загальної площі міста з 41 % до 66 %.

Для визначення якості повітря у різних типах урбанізованих ландшафтів, визначено відсоток площі ізотоксичних зон з яких складається певний тип ландшафту (табл. 5.)

Таблиця 5

Відсоток площі ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон в урбанізованих ландшафтах м. Херсон (%)

Table 5

The percentage of area of izotoxic lichen indication zones in urban landscapes of Kherson town (%)

Ландшафти Ізотоксичні зони	Промислові	Транспортні	Селтебні	Садово-паркові	Складські
Незабруднена	1,24	14,55	9,94	43,82	0,87
Слабозабруднена	14,32	22,66	27,53	28,21	17,52
Середньозабруднена	64,84	62,70	51,31	27,96	68,53
Дуже забруднена	19,60	0,09	11,23	0,00	13,08

На першому місці за ступенем забруднення знаходяться транспортні ландшафти 63 % території яких сформовано середньозабрудненою та дуже забрудненою зонами. Емпірично, якість повітря на території транспортних ландшафтів нижче ніж вказує відсоток площі вищезгаданих ізотоксичних зон, але оскільки їх базовий ландшафтоутворюючий компонент – це лінійні структури площу яких практично визначити дуже важко, а полігональні компоненти займають мізерну, по відношенню до загальної площі міста територію, маємо подібне викривлення даних. Тут виявлено 17 видів лишайників, серед яких: *Amandinea punctata*, *Athallia pyracea*, *Calogaya*

lobulata, *Lecanora hagenii*, *L. argentata*, *L. carpinea*, *L. dispersa*, *Candelariella aurella*, *C. xanthostigma*, *Massjukiella polycarpa*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Ph. nigricans*, *Physcia adscendens*, *Ph. tenella*, *Rinodina pyrina*, *R. pityrea*, *Xanthoria parietina*. Більшість з вище перелічених видів є індиферентними до якості повітря на досліджуваній території і зустрічаються у всіх типах ландшафтів.

На другому місці за ступенем забруднення знаходяться промислові ландшафти, 84 % території яких знаходяться у дуже забрудненій та середньозабрудненій зонах. Хоча за останні роки спостерігається тенденція до закриття промислових об'єктів на території міста, шкідливий плив завданий ними у минулі роки залишив відбиток на якісних і кількісних показниках ліхенобіоти, який видно і до сьогодні. У промислових ландшафтах виявлено 20 видів лишайників. У порівнянні із транспортними, тут не виявлено *Amandinea punctata* та *Massjukiella polycarpa*, натомість знайдено види *Lecanora persimilis*, *Parmelia sulcata*, *Physconia enteroxantha*, *Ph. perisidiosa*, *Scoliciosporum chlorococcum*.

На третьому місці за ступенем забруднення – складські ландшафти, 82 % площі яких становить середньо- та дуже забруднені зони. Підвищення ступеню атмосферного забруднення тут пов'язано з двома основними причинами: перша – це розташування в зонах депресії рельєфу; друга – близьке сусідство із транспортними магістралями та концентрація на їх території великогабаритних вантажних автомобілів, крім того робота маніпуляційної техніки у більшості випадків супроводжується утворенням пилової куряви, яка деструктивно впливає на якість атмосферного повітря. На території складських ландшафтів виявлено 20 видів лишайників. У порівнянні з транспортними та промисловими ландшафтами, тут уперше з'являються види: *Candelariella efflorescens*, *Evernia prunastri*, *Lecidella elaeochroma*, *Scoliciosporum galluriae*.

Наступні за ступенем забруднення атмосферного повітря селітебні ландшафти 63 % території яких сформовано дуже забрудненою та середньозабрудненою зонами. У селітебних ландшафтах знайдено 29 таксонів. До видів із вище перелічених ландшафтів додаються *Physcia dubia*, *Ph. stellaris*, *Pleurosticta acetabulum*, рідкісний для півдня України – *Massjukiella ucrainica* [KLYMENKO, KHODOSOVTSSEV, 2014] та нещодавно виявлений для ліхенобіоти України – *Candelaria pacifica* [KLYMENKO, 2014]. Велика площа ізотоксичних зон у селітебних ландшафтах, які вказують на низьку якість атмосферного повітря, пов'язана з густою мережею лінійних компонентів транспортних ландшафтів, які пронизують житлові райони міста. Негативний вплив антропогенних факторів транспортних ландшафтів на якість атмосферного повітря екстраполюється на селітебні ландшафти, внаслідок чого спостерігається зростання площі зон, які вказують на низьку якість повітря у даному типі ландшафту. Крім того, зниженню якості повітря селітебні ландшафти завдячують приватному сектору, де індивідуальні системи опалення є вагомим джерелом викидів забруднювальних речовин.

Найвищу якість атмосферного повітря на території міста Херсона мають садово-паркові ландшафти, територія яких на 28 % складається з середньозабрудненої зони, а дуже забруднена зона – не ідентифікована. Тут виявлено 39 видів лишайників. Лише в цих ландшафтах знайдено *Candelaria concolor*, *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Melanelixia exasperatula*, *M. subaurifera*, *Physcia biziana*, *Pseudevernia furfuracea*, *Ramalina fastigiata*, *R. pollinaria*, які є індикаторами високої якості повітря. Найширший видовий спектр серед садово-паркових ландшафтів зафіксовано на території парку ім. Ленінського комсомолу – 24 таксони, тут також розраховано найбільший ІЧПм серед усіх дослідних ділянок міста – 99,5, що майже удвічі перевищує середній показник ІЧПм на дослідних ділянках даного типу ландшафтів. Територіально парк розташований у південній частині міста із зміщенням до центру на невеликому підвищенні відносно основної площини міста та має найбільшу площу серед садово-

паркових ландшафтів. Все це і є причиною високого рівня якості. Другий за величиною серед садово-паркових ландшафтів ІЧПм розраховано на території старого кладовища у центральній частині міста між вулицями Молодіжна та Іллі Кулика – 68,4 тут знайдено 18 видів лишайників. Третій за величиною ІЧПм зафіксовано на території скверу між готельним комплексом Фрегат та центральної набережної міста, його величина становить 65, тут відмічено 17 таксонів лишайників.

Умовно, за територіальним розташуванням, садово-паркові ландшафти Херсону можна розділити на ті, що розташовані поблизу аквальної ландшафтів (в кілометровій смузі біля Дніпра) та ті, що знаходяться у відносній віддаленості від води. За цією диференціацією, приаквальні садово-паркові ландшафти (парк ім. Ленінського комсомолу, парк Слави, парк ім. Т.Г. Шевченка, Придніпровський парк та ін.) мають середній показник ІЧПм – 71,7 та середню кількість таксонів лишайників, яка складає 19 видів, а парки, які розташовані подалі від Дніпра (Дендропарк Херсонського державного аграрного університету, ботанічний сад Херсонського державного університету, Дубовий гай біля автовокзалу та ін.) мають середній показник ІЧПм – 49,4 та середню кількість видів 14. Така відмінність у ліхеноіндикаційних показниках та якісному складі ліхенобіоти, на думку автора, пов'язана зі зниженням антропогенного пресингу на якість повітря у приаквальних садово-паркових ландшафтах та підвищеним рівнем вологості повітря, яка позитивно впливає на якісні та кількісні показники ліхенобіоти.

Висновки

При проведенні ліхеноіндикаційного дослідження урбанізованих ландшафтів міста Херсона, нами виявлено 44 види лишайників, 11 з яких (*Candelaria concolor*, *C. pacifica*, *Massjukiella ukrainica*, *Hypogymnia tubulosa*, *Melanelixia exasperatula*, *Physcia biziana*, *Pseudevernia furfuracea*, *Physconia enteroxantha*, *Ph. peresidiosa*, *Ramalina fastigiata*, *Usnea hirta*) можливо з'явилися у місті Херсоні після 1995 року.

На досліджуваній території ідентифіковано чотири ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони: незабруднену, слабозабруднену, середньозабруднену та дуже забруднену. Аналіз їх змін за 20 років показав зменшення площі незабрудненої зони та стабільність території забрудненої зони та зміщення їх у південно-західному напрямку. Така динамічність пов'язана із переходом від індустріальної моделі економіки міста до постіндустріальної, де основним джерелом забруднення стали ландшафтоутворюючі фактори транспортних і селітебних ландшафтів на противагу промисловим. Динамічність ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон робить перспективними повторні ліхеноіндикаційні дослідження урбанізованих територій, принаймні раз на 20 років.

Найбільш забрудненими на досліджуваній території є транспортні ландшафти, площа яких на 63 % складається із середньозабрудненої та дуже забрудненої зон. Найвищу якість повітря зафіксовано на території садово-паркових ландшафтів, де відсутня забруднена зона, а середньозабруднена займає всього 28 % площі цих ландшафтів.

Для оптимізації ландшафтної структури міста пропонуємо мінімізувати розбудову нових спальних районів у зонах депресії рельєфу та поблизу транспортних артерій та збільшувати кількість парків та скверів в сильнозабрудненій та забруднених ліхеноіндикаційних зонах.

Подяка

Автор висловлює щире подяку доктору біологічних наук Ходосовцеву О.Є. за допомогу у визначенні таксонів ліхенобіоти, пошуку необхідної літератури та обговоренні статті, а також доктору географічних наук Пилипенку І.О., за люб'язно надані консультації щодо роботи з програмами ГІС.

References

- ДУМЕТРОВА Л. (2008). *Ukr. botan. journ.*, **65** (4): 572-585. [ДИМИТРОВА Л.В. (2008). Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва. *Укр. ботан. журн.* **65**(4): 572-585]
- ДУМЕТРОВА Л. (2008). *Ukr. bot. zhurn.*, **65** (1): 133-140. [ДИМИТРОВА Л.В. (2008). Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря у м.Полтава. *Укр. ботан. журн.*, **65** (1): 133–140]
- KHODOSOVTSSEV A. (1995). *Konstanty*, **2** (4): 52-60. [ХОДОСОВЦЕВ А.Е. (1995). Ліхеноіндикационная оценка степени загрязненности воздуха в городе Херсоне. *Константы*, **2** (4): 52-60]
- KHODOSOVTSSEVA YU.A. (2009). *Chornomors'k. bot. z.*, **5** (3): 397-405. [ХОДОСОВЦЕВА Ю.А. (2009). Ліхеноіндикаційна оцінка якості атмосферного повітря рекреаційних ландшафтів Ялтинського амфітеатру. *Чорноморськ. бот. ж.*, **5** (3): 397-405]
- KHODOSOVTSSEVA YU. A. (2011). *Biologichni systemy*, **2** (3): 63-68. [ХОДОСОВЦЕВА Ю.А. (2011). Лишайники як індикатори якості атмосферного повітря урбанізованих ландшафтів Ялтинського амфітеатру. *Біологічні системи*, **2** (3): 63-68]
- KLYMENKO V.M. (2014). *Ukr. botan. zhurn.*, **71** (6): 731-732. [КЛИМЕНКО В.М. (2014). *Candelaria pacifica* (*Candelariaceae*) – новий для ліхенофлори України вид. *Укр. ботан. журн.*, **71** (6): 731-732]
- KLYMENKO V., KHODOSOVTSSEV A. (2014). *Massjukiella ucrainica* – rідkisnyi dlya pівdnya Ukrainy ksantorіoidnyi lyshainyk z urbanizovanykh landshaftiv. *Chornomorsk. bot. zh.*, **10** (2): 246-248. [КЛИМЕНКО В.М., ХОДОСОВЦЕВ А.Е. (2014). *Massjukiella ucrainica* – рідкісний для півдня України ксанторіодний соредіозний лишайник з урбанізованих ландшафтів. *Чорноморськ. бот. ж.*, **10** (2): 246-248]
- KONDRATYUK S.YA. (2008). *Indykatsiia stanu navkolyshnoho seredovyscha Ukrainy za dopomohoiu lyshainyiv*. К.: Naukova dumka. 335 p. [КОНДРАТЮК С.Я. (2008). Індикація стану навколишнього середовища України за допомогою лишайників. К.: Наукова думка. 335 с.]
- NATSIONALNYI atlas Ukrainy//NAN Ukrainy (2007). К.: Kartografiia. 440 p. [НАЦІОНАЛЬНИЙ атлас України / НАН України (2007). К.: Картографія. 440 с.]
- POZACHENYUK O. (2003). *Territorialnoe planirovanie*. Simferopol: Dolia. 287 p. [ПОЗАЧЕНЮК Е.А. (2003). Территориальное планирование. Симферополь: Доля. 287 с.]
- RYLYPENKO I. et all. (2007). *Geografiia Khersonschyny*. Kherson: Vischemirskiy V.S. 221 p. [ПИЛИПЕНКО І.О. та ін. (2007). Географія Херсонщини. Херсон: ПП Вишемирський В.С. 221 с.]

Рекомендує до друку
О.Є. Ходосовцев

Отримано 15.12.2015

Адреса автора:
В.М. Клименко
Херсонський державний університет
вул. 40 Років Жовтня, 27
Херсон 73000
Україна
e-mail: vklim@i.ua

Author's address:
V.M. Klymenko
Kherson State University
27, 40 Rokiv Zhovtnya str.
Kherson 73000
Ukraine
e-mail: vklim@i.ua