

Ірина КОЙНОВА, Андрій-Тарас БАШТА

ЗАГРОЗИ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ДЛЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ МІСТА ЛЬВОВА

Проаналізовані загрози кліматичних змін для біорізноманіття міста Львова: підвищення середніх температур, хвиль тепла, зливових опадів, штормових вітрів у місті. Вони проявляються у пригніченні життєдіяльності живих організмів, деградації їхнього середовища існування, поведінкових змінах, зменшенні стійкості та призводять до зменшення біорізноманіття. Запропоновані природоохоронні та організаційні заходи, що покращать здатність живих організмів міста адаптуватися до глобальних кліматичних змін.

Ключові слова: зелена зона міста, біотичне різноманіття, соціоекосистема Львова, природоорієнтовані рішення, кліматичні зміни, заходи адаптації

Abstract:

Iryna KOYNOVA, Andriy-Taras BASHTA. THREATS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE TO THE BIODIVERSITY OF THE CITY OF LVIV

Direct and indirect threats of climate change to the biodiversity of the city of Lviv are analyzed. They are manifested in an increase in average annual temperatures, abrupt daily temperature changes, heat waves, heavy rainfall, storm winds in the city. The specifics of the city's geographical location, historical development, and trends in modern development exacerbate the consequences of climate change. The biodiversity of the socio-ecosystem of Lviv is concentrated in large objects of green infrastructure, as well as squares, street landscaping, cemeteries, and flower beds. The total area of green spaces is rather large and consists of about 26% of the city's area. However, there is the highest share of built-up areas among regional cities of Ukraine (67%), a small area of water bodies, and a high density of permanent population (4.2 thousand people/km²) worsen the state of the city's biotic component and increase its vulnerability to climate change.

The consequences are manifested in the suppression of the vital activity of living organisms, behavioral changes, reduced resilience, the degradation and disappearance of habitats and lead to a decrease in biodiversity. Gusty winds and heavy rains damage, break, and uproot trees. There is flooding of low-lying areas, water erosion in green areas with rugged terrain and significant steepness of slopes (LRP "Znesinnia", parks Vysoky Zamok, Citadel, Zalizna Voda, Pohulyanka, etc.). Soil washout on slopes exposes the root system of trees and reduces their resistance to hurricane winds. Unprofessional care during pruning and crown formation increases the threat of natural disasters to trees. Single, old trees are the most vulnerable. The biodiversity of large green areas is less threatened and more resistant to climate change.

The increase in average annual temperatures has led to phenological shifts in flowering plants. These changes are incompatible with the cycles of pollinating insects, which threatens the extinction of both plants and pollinators. However, the increase in winter temperatures causes the expansion of the range of certain species of pests and plant pathogens, which poses a significant threat to the biodiversity of Lviv. Warmer winters contribute to better survival of some species of birds and bats. Their behavioral algorithm has changed. Winter accumulations of some previously migratory bird species have been recorded in Lviv: mallard (*Anas platyrhynchos*), black-headed gull (*Chroicocephalus ridibundus*), etc. Some species of bats, including the common noctule (*Nyctalus noctula*) and the party-coloured bat (*Vespertilio murinus*), have begun to form hibernation clusters in city buildings.

Rising temperatures and other effects of climate change are significantly affecting some European bird species, such as the crested tit (*Lophophanes cristatus*), the garden warbler (*Sylvia borin*) and the common chiffchaff (*Phylloscopus collybita*), which consists in changing their nesting periods, reducing the number of chicks and even changes in their overall body size. The increase in environmental temperature leads to overheating and death of clutches and chicks of some open-nesting bird species: terns (*Sterna spp.*) and plovers (*Charadrius spp.*)

Poor air quality in Lviv city, in particular significant air dustiness and pollution, large-area heat islands in summer suppress and reduce the resilience of green spaces. Frequent cases of intentional burning of dry leaves or grass in the spring-autumn period in conditions of elevated temperatures make the burning uncontrolled and often lead to the burning of peatlands located on the western and northwestern outskirts of the city (Levandivka and Rymasne districts). The increase in average air temperatures contributes to the spread and rapid development of numerous invasive species of animals and plants. The listed factors increase the threat of biodiversity depletion and reduce its resistance to climate change.

Environmental protection and organizational measures are proposed in compliance with the principles of a sustainable landscape. Natural systems that are able to exist independently in urban environments are usually characterized by a relatively rich biotic diversity of living organisms. Optimization of the age and species composition of green zones, the creation of multi-tiered plantings, planting of native species of fruit trees and shrubs, the arrangement of areas with local species of meadow forbs, and professional care will improve the ability of living organisms in the city to adapt to global climate change.

Key words: green zone of the city, biotic diversity, socio-ecosystem of Lviv, nature-based solutions, climate change, adaptation measures.

Постановка науково-практичної проблеми, актуальність та новизна дослідження. Зміни клімату Землі протягом останніх 150 років стали глобальним викликом, який, крім природного циклу потепління, підсилений найбільшим за всю історію антропогенним впливом. Глобальна температура повітря зростає, характер опадів стає непередбачуваним, підвищується рівень Світового океану, частішими та інтенсивнішими стають стихійні лиха, екстремальні погодні умови. Вплив цих явищ сьогодні відчувають більшість живих організмів світу. У висновках звіту про глобальні ризики екологічні ризики, зокрема екстремальні погодні явища, потрапили в першу п'ятірку через неспроможність урядів і бізнесу призупинити зміни клімату чи швидко адаптуватися до них [28].

Загрози глобальних кліматичних змін відчуваються і в Україні. Через відмінності природних умов, видів господарського використання, стійкості геосистем до кліматичних змін небезпеки проявляються по-різному – посухи в південних і центральних, катастрофічні паводки у західних областях країни. Згідно з інформацією Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, тільки у 2020 році обсяги економічних втрат від посух, пожеж і затоплень становили 25 млрд гривень. Збитки для живих організмів важко обрахувати через багатофакторність, а тому часто непередбачуваність, індивідуальність реакції, віддаленість проявів у часі.

Найбільші загрози глобальних кліматичних змін характерні для соціоекосистем міст, особливо для їх біотичної складової. Велика концентрація населення, розвинута інфраструктура, робота промислових підприємств, транспорту вимагають постійного збільшення площ зі штучним покриттям, змін рельєфу, гідрологічного режиму, мікроклімату, зменшення площ природних територій. Як наслідок, здатність адаптації живих організмів до зміненого середовища в сукупності з потеплінням зменшується, зростають ризики для біорізноманіття. Поряд з тим, саме зелені зони міст, завдяки їх площі, цілісності, стійкості, значного біорізноманіття, максимально пом'якшують прояви глобальних кліматичних змін у містах.

Згідно з висновками О.Г. Шевченко та О.Я. Власюк [23], Львів ще у 2014 р. був визнаним містом, вразливим до змін клімату, особливо його біотична складова. Тому аналіз загроз глобальних кліматичних змін для біорізноманіття Львова та обґрунтування заходів сприяння адаптації – актуальна для дослідження тема.

Метою цієї публікації є характеристика

загроз глобальних кліматичних змін біотичній складовій соціоекосистеми Львова для обґрунтування заходів їх зменшення та запобігання виникненню проблем. Об'єктом нашого дослідження є біорізноманіття зеленої зони міста, предметом – прямі та опосередковані загрози кліматичних змін природній складовій міського середовища.

Зв'язок теми статті з важливими науково-практичними завданнями. Теоретичні основи та результати практичних досліджень проявів та наслідків змін клімату для геосистем висвітлені у численних наукових публікаціях і звітах міжнародних проектів. Поштовхом до початку подібних досліджень стали ухвали ряду міжнародних угод: Порядку денного на XXI ст. (1992 р.), Рамкової конвенції ООН про зміни клімату (1994 р.), Кіотського протоколу (2005-2012 рр.), Паризької кліматичної угоди (2015 р.). Україна ратифікувала ці та інші міжнародні кліматичні угоди. У глобальному звіті з оцінки екосистем світу, опублікованому на початку 21 століття – “Оцінка екосистем на порозі тисячоліття” (Millennium ecosystem assessment) вказано, що 60% природних екосистем нашої планети вже є деградованими. Як основні причини деградації екосистем та зниження рівня біорізноманіття, неназвані: зміна природних місць існування; зміна клімату; інвазійні види; надмірна експлуатація; забруднення (азотом, фосфором).

Аналіз останніх публікацій за темою дослідження. Наукові дослідження щодо оцінки впливу змін клімату та загроз збалансованому розвитку України проводяться з початку 2000-х років. Висновки та прогнози щодо впливу глобальних кліматичних змін в Україні свідчать про вже наявні еколого-економічні втрати та можливості виникнення нових загроз. У монографії «Клімат України» [10] проаналізована динаміка основних метеорологічних значень в Україні за останні роки. У статті С. Бойченко [4] висвітлені глобальні зміни клімату та їх прояви на території України загалом. Загрози кліматичних змін для біорізноманіття України та необхідність його збереження описані у публікаціях Я. Дідуха [7]. Результати досліджень змін клімату у м. Чернівці представлені у статті О. Киналь та інших [9]. Найбільш дослідженим містом щодо проявів змін клімату є Київ. Публікації О. Шевченко [16, 22, 32] стосуються ризиків і загроз від потепління для столиці. Результати досліджень м. Львова щодо вразливості до змін клімату станом на 2014 р. опубліковані О. Шевченко, О. Власюк [23]. Публікації щодо різноманіття рослинного та тваринного світу зелених зон міста Львова з'являлись у

різні роки авторства В. Кучерявого [14], М. Назарука [15], А. Бокотєя [5, 6, 25], А.-Т. Башти [1, 3, 24], Г. Кузьо [29], О. Дубовика та ін. [27]. Зокрема, результати досліджень про ймовірність впливу потепління клімату на екологію та поширення рукокрилих висвітлені в низці публікацій [2, 24]. Ареали теплових островів та їхній вплив на соціоекосистему Львова описані у статті І. Койнової та І. Кухар [11].

Питання впливу глобальних кліматичних змін на біорізноманіття міста Львова досліджене мало, тому у пропонованій публікації здійснена комплексна характеристика загроз біотичній складовій соціоекосистеми та заходів їхнього пом'якшення в умовах кліматичних змін.

Основою досліджень стали теоретико-методологічні основи геоєкології, яка використовує принципи системного аналізу, комплексності, регіональності. На різних етапах дослідження використовували комплекс загальнонаукових та специфічних геоєкологічних методів – польові дослідження, аналіз наукової літератури, літературних джерел, фондових і статистичних матеріалів.

Викладення основного матеріалу. Згідно з Комплексною екологічною програмою для Львівської міської територіальної громади на 2017–2023 та 2024–2028 рр., загальна кількість видів вищих рослин у м. Львові становить 988, з яких лише 17 % – типові види. Найпоширенішими деревними видами зеленої зони Львова є представники 14 родів – береза, бук, вільха, горіх, дуб, каштан, клен, липа, сосна, тис, тополя, туя, шовковиця та ялина. Переважають у міських деревних насадженнях екзоти – 60 видів, які зосереджені переважно у парках, ботанічних садах і дендраріях. На території Львова виявлено 47 видів судинних рослин, включених до Червоної книги України [19].

Результати досліджень фауністичного різноманіття у межах Львова, які проводять науковці Державного природознавчого музею НАН України, ЛНУ ім. Івана Франка та Інституту екології Карпат НАН України [1, 3, 5, 6, 15, 21, 24, 25, 29] свідчать, що на території Львова виявлено близько 45 видів ссавців: 3 – комахоїдних (їжак білочеревий *Erinaceus roumanicus*, кріт європейський *Talpa europaea*, бурозубка звичайна *Sorex araneus*), 18 – кажанів, 11 – гризунів (бобер європейський *Castor fiber*, вовчок сірий *Myoxus glis*, вовчок горішковий *Muscardinus avellanarius*, білка звичайна *Sciurus vulgaris*, миші хатня *Mus musculus*, жовтогорла *Apodemus flavicollis*, лісова *Apodemus sylvaticus* і польова *Apodemus agrarius*, пацюк сірий *Rattus norvegicus*, полівки руда лісова *Myodes glareolus*) і звичайна *Microtus arvalis*, 1 - зайцеподібні

(заєць сірий *Lepus europeus*) і 4 види хижих (куниця кам'яна *Martes foina*, ласка *Mustela nivalis*, тхір чорний *Mustela putorius*, горностай *Mustela erminea* і лисиця звичайна *Vulpes vulpes*). До переліку інших хребетних, які трапляються у місті та на його околицях, належить 18 видів земноводних і плазунів, зокрема, вуж звичайний (*Natrix natrix*), жаба трав'яна (*Rana temporaria*), ропуха сіра (*Bufo bufo*), зрідка трапляються тритони звичайний (*Lissotriton vulgaris*) та гребінчастий (*Triturus cristatus*), а також гадюка звичайна (*Vipera berus*). Значна видова різноманітність птахів облікована у ландшафтному заказнику «Торфовище Білогорща» – 86 видів, а також у лісопарках, парках і цвинтарях Львова. Найчисленнішими птахами в місті є чорний дрізд (*Turdus merula*) (800-900 гніздових пар), велика синиця (*Parus major*) (близько 1900), горобець хатній (3400 пар), горихвістка чорна (1300-1400 пар) і припутень (*Columba palumbus*) (близько 900 гніздових пар) [25].

Значний рівень біорізноманіття зумовлений специфічним розташуванням міста у Львівській улоговині на стику п'яти екорегіонів: Пасмowego Побужжя (на сході, північному сході), Львівського Розточчя (на північному заході), Любінської рівнини (на заході), Львівського плато (на південному заході, півдні), Давидівського пасма (на південному сході), розділених Головним Європейським вододілом. Біорізноманіття соціоекосистеми Львова головню концентрується у великих площинних об'єктах зеленої зони, а також скверах, зелених міжквартальних насадженнях, у подвір'ях навчальних закладів, адміністративних будівель, алеях та клумбах. Згідно з офіційними даними ЛМР [21], площа зелених насаджень різних категорій у межах міста станом на 2021 р. – 4419 га, що становило близько 26% від площі міста. На одного львів'янина припадало 62 м², що перевищує середньоукраїнський показник міст у 3,8 рази (16,3 м²) та нормативи, встановлені Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я в 1,2 рази (52 м²) [17]. Поряд з цим, велика частка забудованих територій (67% – найвища серед обласних міст України), незначна площа водойм, висока щільність постійного населення (4,2 тис. ос./км²) [21] – показники, які збільшують навантаження, погіршують стан біотичної складової міста та загострюють її вразливість до кліматичних змін.

Кліматичні зміни можуть спричинити прямі та опосередковані загрози для біорізноманіття міста. Різка зміна середовища через аномальну спеку, затоплення чи фізичне знищення під час стихійних лих – приклади прямих загроз. Непрямі загрози можуть виникати

внаслідок перерозподілу кількості опадів між сезонами, порушення гідрологічного режиму, деградації ґрунтів. Вони, як правило, віддалені у часі. Активація загроз може відбуватися через антропогенні чинники, що посилюють вразливість до кліматичних змін, або ж гальмуватися

високою стійкістю біотичної складової соціоекосистем до екстерналій чи природоорієнтованими управлінськими рішеннями. Вагому роль у пом'якшенні кліматичних змін та збільшенні стійкості соціоекосистем відіграє біорізноманіття зеленої зони.

Таблиця 1

Загрози кліматичних змін та їхні наслідки для біорізноманіття Львова

Загрози		
прямі	опосередковані	додаткові, що посилюють вразливість до кліматичних змін
Підвищення середніх показників температури	Посилення і збільшення площ «островів тепла»	- забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунтів;
Різкі перепади температур за короткий час	Зміщення сезонів та їхньої тривалості	- значна площа забудови та водонепроникних поверхонь;
Збільшення кількості та інтенсивності хвиль тепла	Збільшення ймовірності виникнення пожеж	- зменшення та фрагментація природних територій;
Перерозподіл кількості та інтенсивності опадів	Зміни РГВ через затоплення /підтоплення чи пересушення геосистем	- переведення дощового стоку, природних водотоків у міську каналізацію;
Збільшення несприятливих метеорологічних процесів	Посилення ерозії та дегуміфікації ґрунтів	- нефаховий догляд за зеленою зоною;
Наслідки для біотичної складової		
Зміна ареалів, зменшення видового різноманіття біоти міста		
Зникнення середовищ проживання		
Зменшення стійкості, пригнічення життєдіяльності		
Зміщення вегетаційного періоду рослин, поведінкові зміни тварин		
Механічне пошкодження/ загибель деревних рослин та чагарників		
Збільшення частоти та кількості самозаймань і пожеж		
Швидке поширення інвазійних видів, хвороб, шкідників		

Результати досліджень Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського свідчать, що у 2024 році температура повітря в Україні протягом усіх місяців була вищою за середньорічні показники за період спостереження [19]. Найбільші аномалії спостерігалися в лютому та вересні, коли температура перевищувала норму на понад 5 °С. Загальна кількість опадів становила 642 мм, що на 4% більше за кліматичну норму. Однак їх розподіл був нерівномірним: у квітні та червні випало майже вдвічі більше за місячну норму, тоді як у травні та вересні опади становили лише 23% і 36%, відповідно, від середніх багаторічних значень. Згідно з даними українського гідрометеорологічного центру, за останні 100-120 років середньорічна температура повітря у Львові підвищилася принаймні на 1°С [20], збільшились бездощові періоди, частота та інтенсивність хвиль тепла, почастишали ураганні вітри та зливові опади.

Починаючи з 2023 року кожен наступний рік перевершує температурні рекорди попереднього. Останні дні серпня 2023 р. стали найспекотнішими у Львові за останні 77 років. Температура влітку 2024 р. була на 0,69°С

вищою, ніж середній показник за період з 1991 до 2020 [19, 20]. Січень 2025 року став найтеплішим січнем за всю історію спостережень. У Львові температурні рекорди січня 2025 р. зафіксовані шість разів: 7, 20, 27, 28, 29 числа. А 30 січня температура повітря була найвища: +13,3°С. Це на 2,9°С більше, ніж попередній рекордний показник того ж дня, який становив +10,4°С у 2002 р.

Під час літньої спеки у Львові посилюється дія острова тепла. Дослідження [11] свідчать, що у літній період у місті формується декілька різних за інтенсивністю та площею островів тепла. Найбільший однорідний острів тепла формується у центральній частині міста та мікрорайоні Підзамче-Замарстинів. Найвищі максимальні температури + 37–38 °С (станом на 14 серпня 2023 р.) зафіксовані у локальних островах тепла у Залізничному та Шевченківському районах. Мінімальна температура у місті на 9:13 ранку була у зеленій зоні Кортумової гори: +21°С. Тому живі організми центральної частини міста та визначених літніх островів тепла перебувають у постійному тепловому стресі. Найбільш вразливі – поодинокі рослини вуличного озеленення та моновидові газони

відкритих територій. Противагу островам тепла в місті становлять прохолодні зелені зони: РЛП «Знесіння», Стрийський парк, Кортумова гора, парк Івана Франка тощо. Найбільше терморегулююче значення для міста має РЛП «Знесіння». Різниця температур земної поверхні між навколишніми вулицями та парковими зонами становлять: у РЛП «Знесіння» 8,5°C, парку Івана Франка 4,4°C. Біорізноманіття великих зелених зон відчуває менше загроз та стійкіше до кліматичних змін.

Після літніх хвиль тепла, коли денна температура повітря у Львові утримується близько 30°C, як правило, починається руйнівні шквальний вітер та сильні зливи. Для прикладу, згідно з даними Львівського гідрометцентру, 25.06.2021 р. в місті за дві години випало 28 мм опадів (33 % місячної норми у червні). Наслідки стихії – повалені 180 дерев, зламані гілки, підтоплені території (фото 1). Буревій повалив старовікові дуби у парку ім. І. Франка та на вул. Степана Бандери, чорну тополь біля Латинського катедрального собору, пошкодив найстаріший у місті гірकोкаштан *Carnea*, пам'ятку природи – східний бук у сквері Святого Юра тощо. Під час зливових дощів у зелених зонах із пересіченим рельєфом і значною крутизною схилів (ЛРП «Знесіння», парки Високий замок, Цитадель,

Залізна Вода, Погулянка тощо) відбувається значна водна ерозія, і як наслідок – дегуміфікація ґрунтів. Змив ґрунтів на схилах оголює кореневу систему дерев та зменшує їхню стійкість до ураганних вітрів.

Вагомим чинником, що збільшує загрози стихії для дерев – нефаховий догляд за ними. Весняне обрізування та формування крон дерев часто проводяться з порушенням правил, подекуди залишають лише основний стовбур, що не лише істотно зменшує екосистемні функції дерев. У Львові обліковано понад 532 старовікових дерев [21]. Дорослі великі дерева міста є важливим місцем поселення для значної кількості видів: птахів, комах, кажанів, вовчків, білок та інших тварин. Під час злив дерева можуть затримувати значну кількість дощової води, у спеку затіняють кроною значну площу, формуючи специфічний мікроклімат. Багато окремо стоячих дерев у центральній частині міста обкладені штучним покриттям, інколи впритул до стовбура (фото 2), тому їхня коренева система часто не може отримувати достатню кількість вологи та забезпечувати стійкість під час ураганних вітрів. Фаховий догляд за старими деревами дозволить максимально продовжити виконання ними екосистемних функцій.



Фото 1. Результат буревію 25.06.2021 р. у парку Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. (І.Койнова)

Трав'яний покрив львівських газонів часто скошують під саме коріння, що суттєво ослаблює рослини, їхню кореневу систему, знищує всі живі організми, що його населяють. Під час хвиль тепла, що стали частішими у Львові



Фото 2. Облаштування простору навколо дерев, вул. Володимира Великого (І.Койнова)

протягом останніх десятиліть, трав'яний покрив таких газонів висихає, посилюється дефляція верхнього шару ґрунту, а сильні зливи після посух призводять до водної ерозії.

Зростання середньорічної температури

спричинило збільшення тривалості вегетаційного періоду та зміщення його термінів. Фенологічні зміщення у квіткових рослин призводять до несумісності з циклами комах-запилювачів, що загрожує зникненням і рослин, і запилювачів [18]. Зростання зимових температур може спричинити розширення ареалу окремих видів шкідників і збудників хвороб рослин, що становить значну загрозу для біорізноманіття Львова. Поряд з тим, тепліші зими сприяють кращому виживанню птахів і деяких видів кажанів. Птахи, зокрема, знаходячи в урбосередовищі достатню кількість корму і сприятливі мікрокліматичні умови, залишаються тут на зимівлю. Завдяки цьому, фактично, змінився поведінковий алгоритм деяких птахів, що зумовило появу осілих особин, що зимують в мікрокліматично сприятливих умовах урбосередовища, яке надає птахам можливість забезпечити свої трофічні та топічні потреби. Зокрема, у Львові відомі зимові скупчення деяких у минулому перелітних видів птахів: крижня (*Anas platyrhynchos*) (фото 3), мартина звичайного (*Chroicocephalus ridibundus*) та ін.



Фото 3. Крижні на ставку в РЛП "Знесіння" (А.-Т. Башта)

Підвищення температури та інші наслідки зміни клімату істотно впливають на деякі види птахів Європи, такі як синиця чубата (*Lophophanes cristatus*), кропив'янка садова (*Sylvia borin*) та вівчарик-ковалик (*Phylloscopus collybita*), що полягає у змінах дат гніздування, зменшення кількості пташенят і навіть змінах їхнього загального розміру тіла [30]. Збільшення температури середовища призводить до перегрівання і загибелі кладок і пташенят деяких відкритогніздних видів птахів: крячків (*Sterna* spp.) і пісочників (*Charadrius* spp.) [28].

Внаслідок підвищення середньорічних температур повітря у Львові відбувається поширення і швидкий розвиток інвазійних видів тварин і рослин: мінуючої молі каштанової (*Cameraria ohridella*), вогнівки самшитової (*Cy-*

Аналогічні зміни в сезонному поведінковому алгоритмі виявлені в деяких видів кажанів, які перестали відлітати на зимівлю, а знаходять сприятливі умови для цього в міських будівлях [24]. При цьому виявлено, що гібернаційний торпор у деяких видів кажанів, зокрема вечірниць рудої (*Nyctalus noctula*) у місцях зимівлі в будівлях не є постійним. Для особин у такому скупченні переважно властива значна голосова активність соціального характеру, а також періодичні вильоти зі схованки, які іноді супроводжувалися кормодобувною активністю, що виявлено завдяки аналізу ехолокаційних серій сигналів кажанів, які також включали сигнали, що свідчать про атаку на здобич. Саме міста можуть надавати кажанам відносно комфортні місця гібернації з певними мікрокліматичними характеристиками (фото 4). Адаптації до існування в урбосередовищі зумовлюють певні зміни в поведінкових стереотипах рукокрилих, оскільки сприяють збереженню та ефективнішому витрачанні енергетичних запасів [3].



Фото 4. Вечірниця руда в щілині між плитами перекриття (А.-Т. Башта)

dalima perspectalis), слимака іспанського (*Arion vulgaris*), борщівника Сосновського (*Heracleum sosnowskyi*), амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia*), золотарника канадського (*Solidago canadensis*), клена ясенелистого (*Acer negundo*), далекосхідної гречки японської (*Reynoutria japonica*) тощо. Можливості адаптації місцевих видів до кліматичних змін відстають від їх швидких темпів, а поява і швидке поширення інвазійних видів збільшує загрозу збіднення біорізноманіття міста

Найновіший інвазійний шкідник, вогнівка самшитова, з'явився у Львові у 2019 р. і знищив більшість кущів бушпану (*Viburnum* sp.), що використовуються в озелененні Львова. Інвазійний вид слимака іспанського поїдає практично будь-які рослини міських садів, квітників,

газонів. Мінуюча міль щороку поїдає листя кінських каштанів і листя зникає вже до кінця червня. Середній показник загальної ураженості цим шкідником у місті Львові у 2021 р. сягав 80% [21]. Захаращені та недоглянуті частини зеленої зони заростають борщівником Сосновського, що становить значну загрозу як для місцевого біорізноманіття, так і безпосередньо для людини [13]. В умовах збільшення тривалості вегетаційного періоду борщівник Сосновського може давати насіння до 4 разів на рік, а вогнівка самшитова - розмножуватися мінімум двічі протягом року. За умови подальшого потепління та відсутності природних ворогів загроза поширення інвазійних видів буде збільшуватись, а отже зменшиться стійкість біотичної складової до екстерналій.

Одним з основних факторів швидкого поширення омели білої (*Viscum album*) – вічнозеленої рослини-напівпаразита, є зміни кліматичних умов міста в бік потепління [26]. Ураження омелою ослаблює дерева і значно збільшує вразливість зелених насаджень Львова до кліматичних змін (фото 5). Середній термін життя дерева після поселення омели становить 10–12 років. Відсутність дієвих заходів боротьби з омелою призвело до її поширення на деревах у всіх парках, скверах і вуличних насадженнях міста.



Фото 5. Ураження дерева омелою білою (Фото І. Койнова)

Фахівці Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм стверджують, що біорізноманіття прісноводних аквасистем є дуже вразливим до кліматичних змін. У Львові налічується понад 100 водойм, 95% з яких – штучного походження: колишні кар'єри будівельних матеріалів, водойми-накопичувачі промислових підприємств, декоративні ставки у парках [12]. Всі вони неглибокі та невеликі, з площею водного дзеркала від 0,02 до 1,5 га, тому високочутливі до зростання температури води. Наслідком цього буде збільшення випаровування, зменшення кількості розчиненого у воді кисню, зростання кількості водоростей, евтрофікація, зменшення рівня води аж до пересихання, загибель живих організмів через втрату середовища проживання. Водне дзеркало більшості невеликих водойм заростає водоростями вже на початку червня (фото 6), що істотно зменшує кількість кисню у воді, погіршує якість води та умови життєдіяльності водних організмів і призводить до зменшення біорізноманіття водойм. Багато водойм Львова позбавлені природного притоку/стоку з водозбірного басейну, оскільки нечисленні водотоки, джерела та дощові стоки



Фото 6. Евтрофікація ставка у парку «Погулянка» 19.06.2020. (Фото І. Койнова)

потрапляють у каналізацію. Такі водойми швидко міліють. В умовах глобальних кліматичних змін більшість з них не можуть виконувати важливу середовищеву, водорегулюючу, охолоджувальну та рекреаційну функції.

Погана якість атмосферного повітря у Львові – значна запиленість повітря, наявність у повітрі двоокису сірки та оксидів азоту (що спричиняють формування кислотних опадів), інших забруднюючих речовин завдає значної шкоди зеленим насадженням: гальмує ріст і розвиток, спричинює хвороби рослин, збільшує вразливість до шкідників.

Згідно з даними ЛМР, 96% викидів у атмосферне повітря Львова надходить від пересувних джерел забруднення [21]. Щороку в атмосферне повітря міста в середньому надходить понад 55 тис. т забруднюючих речовин та додатково 492 тис. т діоксиду вуглецю, об'єми якого, як парникового газу, обраховуються окремо. За три роки війни у результаті бомбардувань кількість викидів в атмосферу збільшилась. Зросли також викиди через різке збільшення кількості автотранспорту. Часті затори, «тягучки» на дорогах провокують збільшення фонового забруднення. Щільність сумарного

забруднення атмосферного повітря у 2023 році становила близько 380 т/км². Під час хвиль тепла або ж взимку у штильові дні антициклональної погоди у Львові існує велика ймовірність утворення смогу, найчастіше у центральній частині, що знаходиться пониженні долини р. Полтви. Велика частка оксидів азоту та сірки у викидах провокують випадання у місті кислотних дощів, у результаті чого закислюються ґрунти та вода у водоймах, змінюється середовище існування ґрунтових і водних живих організмів. Кислі опади пошкоджують листя та хвою рослин, збільшують вразливість живих організмів до температурних аномалій, шкідників і забруднення.

Останні роки у Львові почастишали випадки навмисного підпалу листя чи сухої трави у весняно-осінній період, що в умовах підвищених температур робить горіння неконтрольованим і часто призводить до загорання торфовищ, розташованих на західній і північно-західній околицях міста (Левандівка та Рясне). Загалом за даними Управління запобігання надзвичайним ситуаціям та цивільного захисту у Львівській громаді за два перші місяці 2025 р. у Львівській МТГ зафіксовано 78 пожеж сухої трави. Найчастіше підпали трави влаштовують з боку Брюховичів, Малехова, Лисиничів та Підбірців. Окрім безпосередньої загрози здоров'ю та безпеці людей через надмірне забруднення атмосферного повітря, спалювання листя та сухої трави призводить до руйнування ґрунтового покриву, загибелі ґрунотвірних мікроорганізмів, комах, дрібних тварин.

Біорізноманіття у м. Львів охороняється в межах об'єктів природно-заповідного фонду – РЛП «Знесіння», парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, ботанічних садів, заповідних урочищ, лісових заказників, геологічних і ботанічних пам'яток природи, новоствореного ландшафтного заказника місцевого значення “Торфовище Білогорща” (92 га) і проектного ландшафтного заказника “Північні торфовища”. Ці території увійшли до екомережі, розробленої для міста Львова та Львівської ОТГ, як ядра для охорони біорізноманіття. Для забезпечення зв'язків та міграції тварин і рослин виділені екокоридори: сквери, вуличні та внутрішньодворові та прибудинкові насадження, прибережні захисні смуги, присадибні ділянки тощо. Та пасивної охорони недостатньо для забезпечення стійкості біорізноманіття до проявів глобальних кліматичних змін.

Потрібно запроваджувати заходи для сприяння адаптації біотичної складової соціо-екосистем Львова та зменшення загроз глобальних кліматичних змін. Стійкість зелених зон до

кліматичних аномалій збільшить оптимізація вікового та видового складу дерев, створення багаторусних насаджень.

Останні роки у Львові активно висаджують нові дерев. У 2024 р., за інформацією управління екології та природних ресурсів ЛМР, на вулицях і у парках міста висадили 986 дерев і 7043 кущі [21]. Це, насамперед, автохтонні види дерев – граб звичайний (*Carpinus betulus*), липи серцелиста (*Tilia cordata*) та срібляста (*T. tomentosa*), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*). Однак, висаджені також інтродуценти, стійкі до високих температур і забруднення довкілля: платан (*Platanus* sp.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia*), дуб болотний (*Quercus palustris*), клен червоний (*Acer rubrum*). Протягом останніх років у місті висадили значну кількість квітучих декоративних дерев: сакури (*Prunus* sp.), магнолії (*Magnolia* sp.), грушу Chanticleer (*Pyrus calleryana* «Chanticleer»), райські яблуні (*Malus pumila*). Для збереження біорізноманіття, особливо для птахів, важливо висаджувати аборигенні види плодових дерев і чагарників (калину, бузину, горобину тощо), які забезпечують їм кормову базу.

У 2024 р. у місті облаштовано 10 ділянок з місцевих видів лучного різнотрав'я, яке не потребує косіння. Збільшення площі таких ділянок, облаштування квітучих клумб зі стійких до високих температур видів, дотримання правил викошування газонів дозволить підтримувати біорізноманіття трав і комах-запилювачів, що мають важливе значення для підтримання стійкості штучно створених екосистем такого типу.

Одним з методів збільшення площі зелених зон у щільно забудованій центральній частині Львова може бути озеленення дахів і фасадів та фаховий догляд за ними. «Зелені дахи» вже облаштовані в кількох сучасних житлових комплексах Львова. «Зелені фасади» з плюща (*Hedera* sp.) чи дикого винограду (*Parthenocissus* sp.) у Львові були віддавна. Управління екології та природних ресурсів ЛМР зініціювало ведення реєстру деревовидних ліан, що ростуть на фасадах. Станом на 2024 р. описані 172 об'єкти [21]. У сучасних умовах підвищених температур для фасадного озеленення можна буде використовувати ширший перелік в'юнких квітучих рослин, таких, як гліцинія китайська (*Wisteria sinensis*), гортензія повзуча (*Hydrangea petiolaris*), різні види клематису (*Clematis* sp.) тощо в озелененні фасадів, підпірних стінок, парканів. Такі квітучі стіни сприятимуть збільшенню різноманіття комах у місті.

У Львові важливо створювати невеликі простори біорізноманіття. Зокрема, озеленення вздовж доріг, живоплоти, зелені вуличні меблі,

зелені зупинки, зелені колії/парковки, кишенькові парки, екокоридори, міські сади та городи [8]. Учасники ГО «Плато», як пілотний проєкт, вже створили на перетині вулиць С. Бандери та Генерала Чупринки невеликий зелений простір. Облаштували дощовий садок, завдяки водовідведенню дощової води з житлового будинку, де під стіною був застій води. Також вздовж стіни опорядження з круглими отворами висадили саджанці дівочого винограду та плюща для її захисту від перегрівання влітку.

Важливе значення має ревіталізація порушених земель, водно-болотних територій, низьких водойм, каналізованих водотоків, заміна асфальтованого покриття водонепроникним, розділення дощової та загальної каналізації. Ці заходи покращать стан ґрунтового покриву, водойм, якість довкілля, знизять ризик підтоплення територій, збільшать адаптаційні можливості біотичної складової міста до кліматичних змін.

Безперервна екоосвіта для підвищення обізнаності містян для недопущення їх можливого негативного впливу на біотичну складову соціоекосистеми міста (спалювання трави та сміття, самовільна забудова зелених зон, пошкодження рослин, забруднення довкілля тощо) та важливості охорони водних об'єктів, рослин, тварин сформує екологічну відповідальність та заохотить мешканців до природо-орієнтованих дій.

Важливим для покращення стану довкілля в місті є дотримання принципів стійкого ландшафту, тобто формування природних систем, які здатні самостійно існувати в умовах міського середовища. Такі системи зазвичай характеризуються порівняно багатим біотичним різноманіттям живих організмів. Наприклад, створення ділянок гідрофільних рослин (очерету, рогузю та ін.) у деяких водоймах Львова. Такі зарості можуть слугувати природними фільтрами для очищення водойм, а також бути середовищем існування значної кількості тваринних організмів: риб, земноводних, птахів.

Збільшенню біорізноманіття урбосередовища сприятиме створення можливості поселення для різноманітних видів і груп тварин. Зокрема, це стосується низки видів птахів і кажанів, для яких у межах зелених зон можна розвішувати штучні місця поселення, гніздові ящики різних конструкцій. Важливими є також створення штучних гніздових конструкцій різного типу для перетинчастокрилих комах, які є важливими запилювачами багатьох видів квіткових рослин.

У рамках роботи Всесвітнього економічного форуму запущена ініціатива «Biodiver

Cities to 2030», завдяки якій буде сформована модель міського розвитку, що розвиває ідею «nature-positive cities». Ця ініціатива об'єднала фахівців з досвідом щодо збереження біорізноманіття та вирішення проблем негативного впливу кліматичних змін.

Висновки та перспективи використання результатів дослідження. Біорізноманіття – основа забезпечення екосистемних послуг у соціоекосистемах. Поєднання кліматичних змін, природних умов Львова та специфіки забудови створюють унікальні проблеми, невластиві іншим територіям, що посилює вразливість біотичної складової соціоекосистем.

До потенційних загроз глобальних кліматичних змін для біорізноманіття Львова належать: підвищення середньої температури, хвилі тепла, перерозподіл кількості опадів, збільшення частоти та інтенсивності несприятливих метеорологічних умов. Загрози загострюються через нерівномірне поширення та значну фрагментацію зеленої зони, постійне зменшення природних територій і «наступ» житлової забудови, забруднення атмосферного повітря та поверхневих вод, не завжди фаховий догляд за зеленими насадженнями тощо. Сукупність чинників загрожуює зникненням окремих видів, частковій зміні видового складу зеленої зони, скороченням її площ.

Найбільш вразливе біорізноманіття у центральній частині міста, де відсутні великі площинні природні території, значне забруднення довкілля, багато водонепроникних поверхонь. Значні загрози є також для поодиноких вуличних насаджень, газонів, що часто викошують. Найбільшу стійкість до проявів кліматичних змін має біорізноманіття великих площинних паркових/лісопаркових зон. Для деяких видів кліматичні зміни є сприятливими, в першу чергу для інвазійних видів та хвороботворних організмів. Ці види швидко поширюються, пригнічують природне біорізноманіття, зменшуючи стійкість до глобальних кліматичних змін.

Стійкість біотичної складової залежить не лише від природних характеристик, а й від ефективності управління ризиками у різних напрямках розвитку міста. Отримані результати можна використовувати для формування заходів адаптації Львова до глобальних кліматичних змін, а також досягнення кліматичної нейтральності міста.

Важливо здійснювати моніторинг біорізноманіття міста, дотримуватись правил догляду за зеленою зоною міста. Природоорієнтовані рішення зменшать наявні загрози, будуть запобігати появі нових, зміцнювати стійкість соціо-

екосистем загалом.

Проведений аналіз – перший рівень оцінки локальних загроз глобальних кліматичних змін для біотичної складової соціоекосистеми Львова. У подальших дослідженнях слід здійс-

нити якісну та кількісну оцінку загроз, ризиків і вразливості конкретних видів живих організмів для визначення можливостей і заходів, що будуть сприяти їх адаптації до глобальних кліматичних змін.

Література:

1. Башта А.-Т. В. Характеристика угруповання кажанів м. Львів: видова різноманітність, просторовий і сезонний розподіл. *Studia Biologica*, 2010. 4 (3). С. 109–124.
2. Башта А.-Т. В. Зміни території поширення та міграційного статусу деяких видів рукокрилих в Україні. Історичні та сучасні аспекти вивчення біоти Карпат. Львів, 2015. С. 68–70.
3. Башта А.-Т. В. Локалізація місць гібернації та зимова активність вечірниці рудої *Nyctalus noctula* (Chiroptera) в урбанізованому середовищі (м. Львів). *Наукові записки Державного природознавчого музею. Львів*, 2022. Вип. 38. С. 73–82.
4. Бойченко С. Г. Сучасні глобальні зміни клімату та прояви їх на території України. *Світогляд* № 1, 2008. С.15–25.
5. Бокотей А. А. Гніздова орнітофауна міста Львова та основні причини її змін (за результатами складання гніздових атласів птахів у 1994–1995 та 2005–2007 рр.). *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія біологічна*, 2008. Вип. 23. С.17–25.
6. Бокотей А. А. Основні напрямки змін чисельності дендрофільних видів птахів міста Львів за 25 років. *Матер. міжн. наук.–практ. конф. «Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоєкології та фітомеліорації»*. Львів, 2019. С. 82–83.
7. Дідух Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*, 2009. № 2. С. 34–44. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3405/a5-aktualno.pdf>
8. Каталог природоорієнтованих рішень. М.Рябика, О.Гусакова, А.Зозуля, А. Бушовська та ін. Львів: УКУ, 2021. 116 с.
9. Киналь О., Андрусак А., Козак Г., Семенишин Л. Тенденції кліматичних змін у Чернівцях. *Наук. вісник Чернівецького ун-ту: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т*, 2011. Вип. 587–588: Географія. С. 107–111.
10. Клімат України. за ред. В. М. Ліпінського, В. А.Дячука, В. М. Бабіченко. К.: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
11. Койнова І., Кухар І. Міський острів тепла Львова у літній період: геопросторовий аналіз. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2024. Випуск 57. С. 106–116.
12. Койнова І., Чорна А.-К. Водойми міста Львова: сучасний геоекологічний стан та можливості його покращення. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Харків, 2019. № 32. С. 6–15. URL: http://journals.urau.ua/ludina_dov/article/view/192799
13. Койнова І., Штойко Р. Загрози поширення та вплив інвазійних видів борщівника. *Трансформація ґрунтового і рослинного покриву, деградація тваринного світу. Геоекологія Львівської області. Під редакцією Є. Іванова. Львів: Простір-М*, 2021. С. 301–310.
14. Кучерявий В. П. Сади і парки Львова. Львів: Світ, 2008. 360 с.
15. Назарук М. М. Львів: місто, природа, простір. Львів: Вид-во Старого Лева, 2022. 329 с.
16. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. О. Шевченко, О. Власюк, І. Ставчук, М. Ваколюк, О. Ілляш, А. Рожкова. *Кліматичний форум східного партнерства (КФСП) та Робоча група громадських організацій зі зміни клімату (РГ НУО ЗК)*, 2014. 74 с.
17. Очеретний В. П., Потапова Т. Е., Кузьміна Д. М., Сологор В. М. Сучасні тенденція скорочення площі зелених насаджень в світі. *Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. ВНТУ, 2016. С. 69–76.
18. Патица М. Глобальні зміни клімату і виклики, які вони несуть. 2020 URL: <https://nubip.edu.ua/node/78194>.
19. Фондові матеріали Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/21213/9-pidsumki-shchedrogo-na-rekordi-cherhvnya-u-stolitsi>
20. Фондові матеріали інтернет порталу rp5.ua. URL: [http://rp5.ua/Архів погоди у Львові \(аеропорт\)](http://rp5.ua/Архів погоди у Львові (аеропорт))
21. Фондові матеріали Львівської міської ради: <https://city-adm.lviv.ua/lmr/ecology>
22. Шевченко О. Г. Вразливість урбанізованого середовища до зміни клімату. *Фізична географія та геоморфологія*, 2014. Вип. 4. С. 112–120. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2014_4_17
23. Шевченко О. Г., Власюк О. Я. Оцінка вразливості та заходи з адаптації до зміни клімату міст: Львів, Одеса, Хмельницький та Ужгород. Київ, 2015. URL: <http://climategroup.org.ua/?p=3201>
24. Bashka A.-T. Changes of migration patterns and spatial expansion of bats (Chiroptera) as a reflection of adaptation to the existence in urban landscape. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 2016. Том 7 (14), № 1. С. 67–84.
25. Bokotey A. Changes of the avifauna of Lviv (Ukraine) - assessment of recent bird atlases. *Ecologia Urbana*, 2019. 31 (1–2). P. 15–23.
26. Dobberty M., Hilker N., Rebetez M., Zimmermann N.E., Wohlgemuth T., Rigling A. The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland – the result of climate warming? *International Journal of Biometeorology*, 2005. Vol. 50. P. 40–47.
27. Dubovyk O., Kuzyo H., Bokotey A. Density variation in “rare” breeding birds in native forests and urban parks. *GEO&BIO*. 2020. V. 19. P. 20–31.
28. Foden W.B., Butchart S.H.M., Stuart S.N., Vié, J.-C., Akçakaya H.R., Angulo A., DeVantier L.M., Gutsche A., Turak, Cao L., Donner S.D., Katariya V., Bernard R., Holland R.A., Hughes A.F., O’Hanlon S.E., Garnett S.T., Şekercioglu Ç.H., Mace G.M. Identifying the World’s Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. *PLOS ONE*, 2013. 8 (6): e65427. doi:10.1371/journal.pone.0065427.
29. Kuzyo G. Structure of breeding bird communities in urban and sub-urban green areas of Lviv city with different degree of anthropogenic pressure. *Studia Biologica*. 2016. Том 10. № 3–4. С. 155–164.
30. The Global Risks Report 2020. URL: <http://reports.weforum.org/global-risks-report-2020/>
31. Urban heat mitigation by green and blue infrastructure: Drivers, effectiveness, and future needs. Review. Prashant Kumar, Sisay E. Debele, Soheila Khalili and other. *The Innovation* 5(2): 100588, March 4, 2024. URL:

<https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100588>

32. Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long term analysis of heat waves in Ukraine // *International Journal of Climatology*, 2013. DOI: 10.1002/joc.3792

References:

1. Bashta A.-T. V. Kharakterystyka uhrupovannia kazhaniv m. Lviv: vydova riznomanitnist, prostorovyi i sezonnyi rozpodil. *Studia Biologica*, 2010. 4 (3). S. 109–124.
2. Bashta A.-T. V. Zminy terytorii poshyrennia ta mihratsiinoho statusu deiaknykh vydiv rukokrylykh v Ukraini. Istorychni ta suchasni aspekty vyvchennia bioty Karpat. Lviv, 2015. S. 68–70.
3. Bashta A.-T. V. Lokalizatsiia mistu hibernatsii ta zymova aktyvnist vechirnytsi rudoi *Nyctalus noctula* (Chiroptera) v urbanizovanomu seredovyschi (m. Lviv). *Naukovi zapysky Derzhavnoho pryrodopisnogo muzeiu*. Lviv, 2022. Vyp. 38. S. 73–82.
4. Boichenko S. H. Suchasni hlobalni zminy klimatu ta proiavy yikh na terytorii Ukrainy. *Svitohliad* № 1, 2008. S.15–25.
5. Bokotei A. A. Hnizdova ornitofauna mista Lvova ta osnovni prychny yih zmin (za rezultatamy skladannia hnizdovykh atlasiv ptakhiv u 1994–1995 ta 2005–2007 rr.). *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya biolohichna*, 2008. Vyp. 23. S.17–25.
6. Bokotei A. A. Osnovni napriamky zmin chyselnosti dendrofilnykh vydiv ptakhiv mista Lviv za 25 rokiv. *Mater. mizhn. nauk.–prakt. konf. «Suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku landshaftnoi arkhitektury, sadovo-parkovoho hospodarstva, urboekolohii ta fitomelioratsii»*. Lviv, 2019. S. 82–83.
7. Didukh Ya. P. Ekolohichni aspekty hlobalnykh zmin klimatu: prychny, naslidky, dii. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, 2009. № 2. S. 34–44. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3405/a5-aktualno.pdf>
8. Kataloh pryrodooorientovanykh rishen. M.Riabyka, O.Husakova, A.Zozulia, A. Bushovska ta in. Lviv: UKM, 2021. 116 s.
9. Kynal O., Andrusiak A., Kozak H., Semenyshyn L. Tendentsii klimatychnykh zmin u Chernivtsiakh. *Nauk. visnyk Chernivetskoho un-tu: zbirnyk naukovykh prats. Chernivtsi: Chernivetskyi nats. un-t*, 2011. Vyp. 587–588: Heohrafiia. S. 107–111.
10. *Klimat Ukrainy*. za red. V. M. Lipinskoho, V. A. Diachuka, V. M. Babichenko. K.: Vyd-vo Raievs'koho, 2003. 343 s.
11. Koinova I., Kukhar I. Miskyi ostriv tepla Lvova u litnii period: heoprostorovyi analiz. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya heohrafichna*. 2024. Vypusk 57. S. 106–116.
12. Koinova I., Chorna A.-K. Vodoimy mista Lvova: suchasnyi heoekolohichni stan ta mozhlyvosti yoho pokrashchennia. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekolohii*. Kharkiv, 2019. № 32. S. 6–15. URL: http://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/192799
13. Koinova I., Shtoiko R. Zahrozy poshyrennia ta vplyv invaziynykh vydiv borschchivnyka. *Transformatsiia gruntovoho i roslynnoho pokryvu, dehradatsiia tvarynnoho svitu. Heoekolohiia Lvivskoi oblasti. Pid redaktsiieiu Ye. Ivanova*. Lviv: Prostir-M, 2021. S. 301–310.
14. Kucheriavyy V. P. Sady i parky Lvova. Lviv: Svit, 2008. 360 s.
15. Nazaruk M. M. Lviv: misto, pryroda, prostir. Lviv: Vyd-vo Staroho Leva, 2022. 329 s.
16. Otsinka vrazlyvosti do zminy klimatu: Ukraina. O. Shevchenko, O. Vlasiuk, I. Stavchuk, M. Vakoliuk, O. Illiash, A. Rozhkova. *Klimatychnyi forum skhidnoho partnerstva (KFSP) ta Robocha hrupa hromadskykh orhanizatsii zi zminy klimatu (RH NUO ZK)*, 2014. 74 s.
17. Ocheretnyi V. P., Potapova T. E., Kuzmina D. M., Solohor V. M. Suchasni tendentsiia skorochennia ploschchi zelenykh nasadzen v sviti. *Naukovo–tekhnichnyi zhurnal «Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktivni v budivnytstvi»*. VNTU, 2016. S. 69–76.
18. Patyka M. Hlobalni zminy klimatu i vyklyky, yaki vony nesut. 2020 URL: <https://nubip.edu.ua/node/78194>.
19. Fondovi materialy Tsentralnoi heofizychnoi observatorii imeni Borysa Sreznetskoho. URL: <http://cgo-sreznetskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/21213/9-pidsumki-shchedrogo-na-rekordi-chervnya-u-stolitsi>
20. Fondovi materialy internet portalu rp5.ua. URL: [http://rp5.ua/Arkhiv_pohody_u_Lvovi_\(aeroport\)](http://rp5.ua/Arkhiv_pohody_u_Lvovi_(aeroport))
21. Fondovi materialy Lvivskoi miskoi rady: <https://city-adm.lviv.ua/lmr/ecology>
22. Shevchenko O. H. Vrazlyvist urbanizovanoho seredovyscha do zminy klimatu. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia*, 2014. Vyp. 4. S. 112–120. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2014_4_17
23. Shevchenko O. H., Vlasiuk O. Ya. Otsinka vrazlyvosti ta zakhody z adaptatsii do zminy klimatu mist: Lviv, Odesa, Khmelnytskyi ta Uzhhorod. Kyiv, 2015. URL: <http://climategroup.org.ua/?p=3201>
24. Bashta A.-T. Changes of migration patterns and spatial expansion of bats (Chiroptera) as a reflection of adaptation to the existence in urban landscape. *Naukovi osnovy zberezhennia biotychnoi riznomanitnosti*, 2016. Tom 7 (14), № 1. S. 67–84.
25. Bokotei A. Changes of the avifauna of Lviv (Ukraine) - assessment of recent bird atlases. *Ecologia Urbana*, 2019. 31 (1–2). P. 15–23.
26. Dobberrin M., Hilker N., Rebetez M., Zimmermann N.E., Wohlgemuth T., Rigling A. The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland – the result of climate warming? *International Journal of Biometeorology*, 2005. Vol. 50. P. 40–47.
27. Dubovyk O., Kuzyo H., Bokotei A. Density variation in “rare” breeding birds in native forests and urban parks. *GEO&BIO*. 2020. V. 19. P. 20–31.
28. Foden W.B., Butchart S.H.M., Stuart S.N., Vié, J.-C., Akçakaya H.R., Angulo A., DeVantier L.M., Gutsche A., Turak, Cao L., Donner S.D., Katariya V., Bernard R., Holland R.A., Hughes A.F., O'Hanlon S.E., Garnett S.T., Şekercioglu Ç.H., Mace G.M. Identifying the Worlds Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. *PLOS ONE*, 2013. 8 (6): e65427. doi:10.1371/journal.pone.0065427.
29. Kuzyo G. Structure of breeding bird communities in urban and sub-urban green areas of Lviv city with different degree of anthropogenic pressure. *Studia Biologica*. 2016. Tom 10. № 3–4. C. 155–164.
30. The Global Risks Report 2020. URL: <http://reports.weforum.org/global-risks-report-2020/>
31. Urban heat mitigation by green and blue infrastructure: Drivers, effectiveness, and future needs. Review. Prashant Kumar, Sisay E. Debele, Soheila Khalili and other. *The Innovation* 5(2): 100588, March 4, 2024. URL: <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100588>
32. Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long term analysis of heat waves in Ukraine. *International Journal of Climatology*, 2013. DOI: 10.1002/joc.3792