

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова
Національна академія наук України
Інститут екології Карпат

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

РИБАЛКА ІННА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 581.5 (477.54)

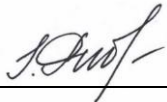
ДИСЕРТАЦІЯ

**ОМЕЛА БІЛА (*VISCUM ALBUM* L.) В БІОЦЕНОЗАХ М. ХАРКІВ:
ЕКОЛОГІЧНА НІША, ШКОДОЧИННІСТЬ, ДИНАМІКА ПОПУЛЯЦІЇ**

Спеціальність 03.00.16 – екологія
Галузь знань – біологічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 І. О. Рибалка

Науковий керівник: **Стольберг Фелікс Володимирович**, доктор технічних наук, професор

Науковий консультант: **Мєшкова Валентина Львівна**, доктор сільськогосподарських наук, професор

Львів – 2021

АНОТАЦІЯ

Рибалка І. О. Омела біла (Viscum album L.) в біоценозах м. Харків: екологічна ніша, шкодочинність, динаміка популяції. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова МОН України, Харків, 2021.

Захист дисертації відбудеться на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.257.01. Інститут екології Карпат НАН України, Львів, 2021.

Дисертаційна робота присвячена комплексному екологічному оцінюванню та прогнозуванню наслідків впливу омели білої (*Viscum album* L.) на стан міських зелених насаджень та визначенню екологічних факторів, які сприяють поширенню та росту чисельності популяції цього виду.

Дослідження проведено в північно-східній частині України, на території м. Харків. На підставі польових спостережень визначено особливості поширення омели білої у складі біотичних угруповань штучного походження, зокрема види дерев, з якими рослина-напівпаразит встановлює тісні взаємозв'язки, до них належать: тополя чорна (*Populus nigra* L.) та її гібриди з непірамідальною формою крони, осика (*Populus tremula* L.), яблуня домашня (*Malus domestica* Borkh.), тополя біла (*Populus alba* L.), тополя Болле (*Populus bolleana* Launche) та її гібриди з непірамідальною формою крони, горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.), верба біла (*Salix alba* L.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), клен сріблястий (*Acer saccharinum* L.), тополя бальзамічна (*Populus balsamifera* L.) та її гібриди з непірамідальною формою крони.

З'ясовано механізми взаємодії між омелою білою та її деревами-живителями як на рівні всього організму деревної рослини (встановлено, що омела спричиняє погіршення санітарно-гігієнічного стану деревних рослин на

один клас), так і на рівні її окремих частин (стовбур, гілки, листя). Так, на прикладі клена сріблястого встановлено, що омела спричиняє збільшення радіального приросту деревини у заселених дерев майже вдвічі у порівнянні з контролем. На прикладі тополі канадської (*Populus deltoides* Moench.) обґрунтовано, що омела спричиняє зменшення діаметра інфікованих гілок (у середньому на 9 %), так само як і міцності (у середньому на 28 %) та приросту листової маси (у середньому на 24 %) у порівнянні із неінфікованими.

На основі даних польових спостережень за омелою білою на шести модельних ділянках у різних частинах міста Харків встановлено, що рослина-напівпаразит поширюється у північно-східному напрямку. Зібрані дані стали експериментальною основою для розробки моделі динаміки популяції омели білої, яка надала можливість провести аналіз змін у часі чисельності кущів омели білої, розподілу їх за віком як у ретроспективі, так і на перспективу, а також змодельовати сценарії випадкового знищення рослин. Моделювання популяції омели білої (зокрема запровадження сценаріїв щодо змін її чисельності на майбутнє) може стати одним із інструментів, який дасть змогу визначати порядок першочерговості заходів щодо впливу на цю рослину-напівпаразита у містах.

З'ясовано механізми взаємодії між омелою та первинним вектором її розповсюдження – птахами (на прикладі омелюха (*Bombycilla garrulus* L.)). На основі аналізу часових рядів встановлено, що із трьох механізмів розселення, які використовує омела, найбільш важливу роль у рості чисельності її колонізаційних плям відіграє орнітохорія. Водночас певну роль відіграє розселення виду шляхом автохорії та анемо-гідрохорії.

Для цілісного вивчення екологічних факторів, які сприяють поширенню омели білої, функціональні взаємозв'язки масштабовано до трьох рівнів: особин дерев-живителів, біоценозу, ландшафту. За допомогою кореляційного аналізу та аналізу за методом головних компонент з'ясовано, що із ростом діаметра крони дерев-живителів у двох взаємно перпендикулярних напрямках зростає ризик їхнього ушкодження омелою, обґрунтовано вплив омели на показники

периферійного відмирання крони та ступінь дефоліації, а також на санітарний стан дерев-живителів. Щільність омели білої тісно корелює з видовим багатством деревостою. Водночас достовірної кореляції щільності омели з показниками видового різноманіття насаджень (індекси Шеннона та Бергера-Паркера) не виявлено. Показано, що зі збільшенням щільності популяції омели закономірно зменшується коефіцієнт її розмноження, що є ілюстрацією відомого в загальній екології принципу Ч. Оллі. За допомогою кореляційно-регресійного аналізу та серії аналізів за методом головних компонент встановлено фактори довкілля, які сприяють розповсюдженню рослини-напівпаразита на рівні ландшафту. До них належить щільність вулично-дорожньої мережі, частка площі забудови, середня відстань між деревами, а також переважаючий вік дерев у складі насаджень (це вказує на те, що в умовах міста омела біла є індикатором антропогенної трансформації ландшафтів).

Розроблено методологічні засади організації та здійснення локального моніторингу насаджень на території населених місць України, що є основою для забезпечення їхнього сталого розвитку.

Ключові слова: омела біла, деревні насадження, антропогенний ландшафт, вид-едифікатор, стан дерева, популяція, екологічний фактор, моніторинг.

SUMMARY

Rybalka I. O. The White Mistletoe (*Viscum album* L.) in biocoenoses of the city of Kharkiv: its ecological niche, damaging effects on the tree stands, and populations dynamics. – A scholarly qualification manuscript.

A Thesis on obtaining the degree of Cand. Sci. (=Ph.D.) in Biology on specialty 03.00.16 – Ecology. – O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The thesis defense will be held at the Specialized Academic Council K 35.257.01 meeting. The Institute of Ecology of the Carpathians of the NAS of Ukraine, Lviv, 2021.

The study focuses on an integrated ecological assessment and forecasting of the impacts of the White Mistletoe (*Viscum album* L.) infestation on the state of urban tree stands and identifying the factors that drive distribution of this hemi-parasitic species in urban areas.

The study was carried out at 6 plots in the city of Kharkiv, Ukraine. Following the field surveys the place of the White Mistletoe in biotic communities of artificial tree stands was highlighted, in particular, the host tree species with which the mistletoe is closely associated. These are the Black Poplar (*Populus nigra* L.) and its hybrids with non-pyramidal crowns, Aspen (*Populus tremula* L.), White Poplar (*Populus alba* L.), Bolle's Poplar (*Populus bolleana* Launche) and its hybrids with non-pyramidal crowns, Common Apple (*Malus domestica* Borkh.), Rowan Tree (*Sorbus aucuparia* L.), White Willow (*Salix alba* L.), Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.), Green and Pennsylvanian Ashes (*F. lanceolata* Marshall, *F. pennsylvanica* Marshall), Silver Mapple (*Acer saccharinum* L.), Balsam Poplar (*Populus balsamifera* L.) and its hybrids with non-pyramidal crowns.

Interactions between the White Mistletoe and its tree hosts were studied at the level of a whole tree, as well as its different parts, e.g. trunk, branches, leaves. It was found that the mistletoe infestation can deteriorate the tree health state down one degree (applying the O. D. Maslov's scale for assessing tree health). From studying interactions of the White Mistletoe with the model host tree species, the Silver Maple, I've found that the mistletoe infestation caused almost twofold increase in radial wood increment comparing to the control (non-infested trees of the same age in the same growing conditions of an urban park). In another model host tree species, the Cottonwood (*Populus deltoides* Moench.), I've found that both diameters and strength of infested branches behind the mistletoe's fixation point decrease remarkably (by 9 % and 28 % in average respectively) with the mistletoe shrub's growth

comparing to non-infested branches at the same trees. Moreover, the mistletoe causes decrease in leaf biomass growth (by 24 % in average) at this host tree species.

I've found that the White Mistletoe is gradually colonizing new neighbourhoods in the studied urban area north-eastward, in general.

The data on the number and age structure of the mistletoe populations obtained from survey plots served as an input to the model of the White Mistletoe's population dynamics. This scenario-based model enables both hind casting and forecasting of the species dynamics that, in turn, can be used as a tool for defining urgent actions to manage mistletoe's populations in urban areas in a sustainable way.

Interactions between the White Mistletoe and its primary dispersal vector – birds – were investigated following a case of the Bohemian Waxwing (*Bombycilla garrulus* L.) that is a major disperser of mistletoe's seeds in the studied area. Following analysis of almost 30-year long time series of Waxwing's winter invasions to the north-east Ukraine, I've concluded that ornithochory cannot be viewed as a single vector of mistletoe's dispersal but anemo-hydrochory should be considered as an additional powerful driver of the mistletoe patch dynamics.

For an integrated study of ecological factors favouring the mistletoe's expansion in urban areas, its functional relations with tree stands were scaled down to three levels: a single tree, a woody patch, and a landscape. From the correlation and the Principal Components (PC) analyses, I got known that mistletoe infestation risk to a single tree from the susceptible species set is increasing at increase of a crown diameter in both cross-perpendicular directions. Negative impact of the White Mistletoe on a single tree is also manifested by increased peripheral crown's dieback and defoliation, as well as general deterioration of the tree health status.

The density of the White Mistletoe on the surveyed plots is positively correlated with the tree species richness. However, at the woody patch level, no correlation was found between the mistletoe's density and tree species diversity (measured with the Shannon's and Berger-Parker's diversity indexes). Negative correlation was

found between the White Mistletoe's density and the finite growth rate of its populations that is an illustration of the Ch. Allee's principle.

At the landscape level, multiple correlation and PC analyses revealed factors that positively influenced the mistletoe's expansion. These included urban road and street density, building density, mean distance between trees in a stand, and prevailing tree age. Thus, the White Mistletoe can be regarded as a valuable indicator of an overall anthropogenic transformation of landscapes.

The study resulted in methodological backgrounds for local ecological monitoring of urban forest in cities and municipalities of Ukraine, as a measure to provide for achieving the urban sustainable development goals.

Key words: the White Mistletoe, tree stands, human-made landscape, ecosystem engineer species, tree health, population, ecological factor, monitoring.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у спеціалізованих закордонних виданнях:

1. Рыбалка И. А. Взаимосвязь между плотностью омелы белой (*Viscum album* L.) и некоторыми ландшафтно-экологическими характеристиками урбанизированных территорий (на примере г. Харькова). *Экологический вестник*. 2017. № 39(1). С. 87–97.

Статті у фахових виданнях, які входять до переліку МОН України:

2. Рыбалка І. О. Взаємозв'язок між інтенсивністю зараження омелою білою (*Viscum album* L.) та деякими екологічними параметрами дерев-живителів. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2016. № 26(5). С. 146–152.
3. Рыбалка І. О. Омела біла (*Viscum album* L.) у міському ландшафті: дослідження змін чисельності популяції у ретроспективі та на перспективу. *Тематичний щорічник Інституту екології Карпат НАН України «Наукові основи збереження біотичної різноманітності»*. 2016. Т. 7(14). № 1. С. 211–228.

4. Рибалка І. О. Прикладні аспекти екологічного менеджменту популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях (на прикладі м. Харків). *Біологічні студії*. 2016. № 3(4). С. 141–154.
5. Рибалка І. О. Увага: омела біла. До питання контролю розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) у насадженнях міст Східного Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 11–12. С. 19–24.
6. Рибалка І. О. До екологічної безпеки зелених насаджень в умовах швидкої інвазії омели білої (*Viscum album* L.). *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Сер.: Технічні науки*. 2017. № 1. С. 124–136.
7. Рибалка І. О. До питання підвищення рівня екологічної безпеки насаджень населених пунктів України в умовах надмірного розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.). *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. № 102(1). С. 111–120.
8. Рибалка І. О. Економічна ефективність технології захисту зелених насаджень від впливу омели білої (*Viscum album* L.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Экономические науки*. 2017. № 138. С. 42–47.
9. Рибалка І. О. Застосування лінійних регресійних моделей чисельності омели білої (*Viscum album* L.) для підвищення ефективності управління екологічною безпекою зелених насаджень. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2017. № 16. С. 143–151.
10. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Особливості поширення омели білої (*Viscum album* L.) на території міста Харкова. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2016. № 26(7). С. 145–151.
11. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Дослідження взаємозв'язку між чисельністю омели білої (*Viscum album* L.) та омелюха (*Bombus garrula* L.) у міському ландшафті. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2017. № 27(1). С. 73–78.
12. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на приріст біомаси дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus*

deltoides Moench.). *Екологічна безпека та збалансоване природокористування*. 2017. № 2(16). С. 72–77.

13. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Бараннік В. О. Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) для забезпечення сталого розвитку садово-паркового господарства міст. *Науковий вісник Чернівецького університету «Біологія (Біологічні системи)»*. 2016. Т. 8. № 2. С. 298–309.

14. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на динаміку радіального приросту клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.) в Лісостеповій зоні України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2012. № 22(15). С. 57–63.

15. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Лапшин О. С. Дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Технические науки и архитектура*. 2017. № 137. С. 72–79.

16. Рибалка І. О., Стольберг Ф. В. Щодо вдосконалення методики дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Технические науки и архитектура*. 2017. № 139. С. 130–134.

Тези доповідей та матеріали конференцій:

17. Рибалка І. О. Сучасні проблеми екологічної безпеки насаджень урбанізованих територій. *Проблеми екологічної безпеки: Праці 14 міжнар. наук.-техн. конф. (Кременчук, 12–14 жовтня 2016)*. Кременчук, 2016. С. 96.

18. Рибалка І. О. Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на стан зелених насаджень. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017: Праці 20 міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 10-річчю створення екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна (Харків, 19–22 квітня 2017)*. Харків, 2017. С. 178–179.

19. Рибалка І. О., Бараннік В. О., Вергелес Ю. І. Використання геоінформаційних технологій в дослідженні особливостей розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) на території м. Харків. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування*: Праці 3 регіональної наук. конф. студентів, магістрантів, аспірантів та молодих учених (Харків, 15–16 грудня 2010). Харків, 2010. С. 179–181.
20. Рибалка І. О., Бараннік В. О., Вергелес Ю. І. Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях для контролю її поширення та чисельності. *Лісівнича наука: витоки, сучасність, перспективи*: Праці наук. конф., присвяченої 80-річчю від дня заснування УкрНДІЛГА (Харків, 12–14 жовтня 2010). Харків, 2010. С. 206–207.
21. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Оцінка впливу омели білої на санітарний стан міських насаджень. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища*: Матеріали міжнар. наук. конф., присвяченої 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (Київ, 22–24 вересня 2020). Київ, 2020. С. 291–294.
22. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Щодо вдосконалення системи моніторингу насаджень територіальних громад міст та селищ України. *Multidisciplinary academic research and innovation: Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference*. Amsterdam, 2021. P. 93–95.
23. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Бараннік В. О. Моделювання розвитку популяції омели білої (*Viscum album* L.) у міському ландшафті. *Екологія. Людина. Суспільство*: Праці 13 міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (Київ, 19–23 травня 2010). Київ, 2010. С. 53–54.
24. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Результати дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на продуктивність насаджень. *Охорона довкілля*: Праці 9 всеукр. наук. Таліївських читань (Харків, 19–20 квітня 2013). Харків, 2013. С. 139–141.

25. Рибалка І. О., Чайка А. С., Вергелес Ю. І. Результати досліджень поширення омели білої (*Viscum album* L.) в ландшафтах центральної частини м. Харків. *Фундаментальні та прикладні дослідження в біології*: Праці 1 між-нар. конф. студентів, аспірантів та молодих учених (Донецьк, 23–26 лютого 2009). Донецьк, 2009. С. 394–395.

26. Rybalka I., Vergeles Yu., Barannik V. The White Mistletoe's (*Viscum album* L.) population modeling and control in urban areas. *Ecobaltica – 2011: Book of proceedings of the XIII International Youth Environmental Forum* (St.-Petersburg, September 29 – October 1, 2011). St.-Petersburg, 2011. С. 101–105.

*Наукові праці, які додатково відображають
результати дисертації:*

27. Вергелес Ю. І., Рибалка І. О. Комплексна порівняльна ландшафтно-екологічна характеристика ділянок міської території, що належать до різних функціональних зон: методичні вказівки. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2011. 18 с.

28. Рибалка І. О. Практичні рекомендації щодо захисту міських зелених насаджень від пошкодження омелою білою (схвалено на засіданні кафедри інженерної екології міст, протокол № 9 від 20.05.2019 р.). Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2019. 5 с.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	15
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ	
ОМЕЛИ БІЛОЇ НА НАСАДЖЕННЯ.....	21
1.1. ЗЕЛЕНІ НАСАДЖЕННЯ ЯК КОМПОНЕНТ БІОГЕОЦЕНОТИЧНОГО ПОКРИВУ МІСТА ...	21
1.2. СТРЕСОРИ ДЛЯ НАСАДЖЕНЬ У МІСТІ.....	27
1.3. Вивчення біолого-екологічних особливостей омели білої	28
1.4. Екологічні дослідження впливу омели на насадження.....	41
Висновки до розділу 1	46
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	49
2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	49
2.2. МЕТОДИ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	50
2.2.1. Методика оцінки чисельності омели та її вдосконалення	51
2.2.2. Методика дослідження екологічної ніші виду.....	55
2.2.3. Комплекс методик для досліджень механізмів взаємодії між омелою	
білою та її деревами-живителями.....	59
2.2.4. Методика дослідження поширення омели у міському ландшафті	67
2.2.5. Методика дослідження структури популяції омели.....	69
2.2.6. Методика моделювання популяційної динаміки.....	69
2.2.7. Методика дослідження механізмів взаємодії «омела – вектор»	70
2.2.8. Комплекс методик для досліджень екологічних факторів розповсюдження	
виду	70
2.2.9. Методи опрацювання даних.....	72
2.3. ОБСЯГ ВИКОНАНИХ РОБІТ	78
Висновки до розділу 2	79
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ	
ОМЕЛИ БІЛОЇ НА СТАН ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ	81

3.1. Дослідження онтогенетичних особливостей омели	81
3.2. Екологічна ніша омели білої	83
3.2.1. Топічна ніша	83
3.2.2. Ніша живлення	85
3.2.3. Часова ніша	88
3.3. МЕХАНІЗМИ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ ОМЕЛОЮ БІЛОЮ ТА ЇЇ ДЕРЕВАМИ-ЖИВИТЕЛЯМИ ...	89
3.3.1. Вплив на санітарний стан	89
3.3.2. Вплив на радіальний приріст деревини	94
3.3.3. Вплив на діаметр і міцність гілок	101
3.3.4. Вплив на приріст листя	104
3.4. ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВИДУ	106
3.5. СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЇ ОМЕЛИ	109
3.6. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПОПУЛЯЦІЇ ОМЕЛИ БІЛОЇ У МІСЬКИХ УМОВАХ	111
3.6.1. Опис математичної моделі	111
3.6.2. Налаштування моделі за даними спостережень	114
3.6.3. Ретроспективні розрахунки змін чисельності популяції омели	119
3.6.4. Прогностичні розрахунки змін чисельності популяції омели	120
3.6.5. Моделювання випадкового знищення рослин	121
3.7. МЕХАНІЗМИ ВЗАЄМОДІЇ «ОМЕЛА – ВЕКТОР»	122
Висновки до розділу 3	125
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПОШИРЕННЯ ТА ЧИСЕЛЬНІСТЬ ОМЕЛИ БІЛОЇ	130
4.1. На рівні особин дерев-живителів	130
4.2. На рівні біоценозу	135
4.3. На рівні ландшафту	139
Висновки до розділу 4	147
РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МОНІТОРИНГУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ	149
5.1. МЕТОДИКА МОНІТОРИНГУ НАСАДЖЕНЬ	149

5.1.1. Закладання мережі постійних пробних ділянок для проведення польових спостережень.....	152
5.1.2. Обґрунтування польових показників та вибір обладнання	157
5.1.3. Регламент спостережень за зеленими насадженнями	159
5.1.4. Аналіз зібраних даних та визначення оптимальних управлінських рішень у сфері озеленення.....	160
5.1.5. Оцінювання екосистемних функцій насаджень.....	160
5.1.6. Залучення громадськості	161
5.2. Порівняння існуючої системи моніторингу зелених насаджень населених місць із запропонованими підходами	161
Висновки до розділу 5	165
ВИСНОВКИ	167
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	170
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	172
ДОДАТКИ.....	200

ВСТУП

Актуальність роботи. Зелені насадження є невід’ємною складовою міського середовища [179]. Водночас дерева у містах розвиваються у більш стресових умовах, а, отже, є більш уразливими до впливу біотичних чинників, зокрема омели білої [242]. Нині ця рослина-напівпаразит демонструє швидке поширення в природні та міські екосистеми в Україні [214]. Роль омели у фітоценозах до цього часу є дискусійною [47]. З одного боку, її вважають основним біотичним стресом для дерев-живителів поряд із фітофагами (комахи, нематоди) та патогенними мікроорганізмами, які можуть спричинювати гибель насаджень. З іншого боку, більшість видів омели є мало шкідливими та відіграють важливу екологічну роль у підвищенні біорізноманіття через сприяння як трофічній, так і структурній різноманітності взаємодій в екосистемах [214]. Останнім часом дедалі більше визнається роль паразитичних рослин також як видів-едифікаторів (екосистемних інженерів) [196].

Більшість відомих досліджень спрямовані на комплексне оцінювання та прогнозування впливу різних видів омели на природні екосистеми (лісові насадження), а також об’єкти сільськогосподарського призначення (сади), тоді як міські зелені насадження переважно залишаються поза увагою. Шкодочинність омели білої для міських зелених насаджень до цього часу не оцінювали. Також мало дослідженими залишаються екологічні фактори, що сприяють поширенню та росту чисельності популяції цього виду в міських умовах [242].

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в межах НДР кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова за темою «Методологічні засади відновлення та захисту міських територій» (2011 – 2015 рр., № 0112U001033). Окремі результати дослідження використані під час реалізації міжнародного освітнього проєкту «Environmental Governance for Environmental

Curricula» (2011 – 2014 pp., ЄС Tempus Joint Project 511390-TEMPUS-1-2010-1-SK-TEMPUS-JPCR), в якому автор брала участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є комплексне екологічне оцінювання та прогнозування наслідків впливу омели білої на стан міських зелених насаджень на підставі визначення функціональної її ролі в урбоєкосистемі та моделювання динаміки чисельності її популяції.

Для досягнення мети дослідження поставлено такі завдання:

- визначити особливості поширення омели білої у складі деревних угруповань штучного походження;
- з'ясувати механізми взаємодії між омелою білою і її деревами-живителями;
- змодельовати динаміку чисельності популяції омели білої;
- визначити специфіку дії екологічних чинників на поширення і чисельність омели білої;
- розробити методи проведення локального екологічного моніторингу стану зелених насаджень населених місць.

Об'єкт дослідження – омела біла в складі міських насаджень. *Предмет дослідження* – взаємозв'язки омели білої з видами дерев-живителів і видами птахів-дисемінаторів, динаміка її популяції, фактори поширення на урбанізованих територіях та шкодочинність щодо зелених насаджень.

Методи дослідження. Дисертаційне дослідження базується на системному підході до розглянутої проблеми, який інтегрує польові (спостереження, обліки та збір матеріалу) та лабораторні (камеральне опрацювання матеріалу) методи дослідження із методом моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- визначено особливості поширення омели білої у складі деревних угруповань штучного походження, зокрема види дерев-живителів, які є найбільш привабливими для рослини-напівпаразита;

- з'ясовано механізми взаємодії між омелою білою та її деревами-живителями та обґрунтовано, що наявність омели є своєрідним тригером, який запускає деградацію міських насаджень і зменшує їхній адаптивний потенціал до кліматичних змін, зокрема до впливу посух і високих температур;
- змодельовано динаміку чисельності популяції омели білої в умовах урбанізованого ландшафту;
- з'ясовано механізми взаємодії між омелою білою та птахами-розповсюджувачами її насіння (на прикладі омелюха), зокрема вплив «вектора» на ріст колонізаційних плям омели;
- виявлено екологічні фактори, які сприяють розповсюдженню омели білої на рівнях особин дерев-живителів, біоценозу та ландшафту, й доведено, що розповсюдження цієї рослини-напівпаразита у міських екосистемах є індикатором антропогенної трансформації ландшафтів;
- розроблено науково-методичні засади локального моніторингу насаджень на території населених пунктів України, що може бути складовою єдиної державної політики з розвитку та догляду об'єктів зеленого господарства.

Набули подальшого розвитку підходи щодо визначення чисельності омели у міському ландшафті та методи моніторингу насаджень населених місць.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень використані Департаментом екології та природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації під час розробки «Комплексної Програми охорони навколишнього природного середовища в Харківській області на 2009 – 2013 роки та на перспективу до 2020 року» (акт впровадження від 26.04.2019 р.).

За результатами дисертації запропоновано «Практичні рекомендації щодо захисту міських зелених насаджень від пошкодження омелою білою», які впроваджено Спеціалізованим комунальним підприємством «Харківзеленбуд» Харківської міської ради та визнано дієвими в практиці їх застосування (акт впровадження від 30.05.2019 р.).

Загальнонаукові та методичні результати дослідження знайшли відображення у навчальному процесі кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова (акт впровадження від 27.05.2019 р.) та в навчальному процесі кафедри ботаніки і екології рослин Псковського державного університету (Російська Федерація) під час викладання пілотного міждисциплінарного курсу «Governance of Ecosystem Services» (довідка від 21.02.2014 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням авторки, яка виконала літературний пошук, здійснила весь обсяг польових і лабораторних досліджень, провела статистичну обробку отриманих даних, а також їхнє теоретичне узагальнення.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації викладено у доповідях та обговорено на міжнародних, загальноукраїнських і регіональних наукових конференціях та семінарах: I Міжнародна наукова конференція «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології» (Донецьк, 2009 р.); XIII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, 2010 р.); III Регіональна наукова конференція студентів, магістрантів, аспірантів та молодих учених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (Харків, 2010 р.); Наукова конференція, присвячена 80-річчю від дня заснування Українського ордена «Знак Пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького «Лісівнича наука: витоки, сучасність, перспективи» (Харків, 2010 р.); VIII Міжнародний молодіжний екологічний форум країн балтійського регіону «Ecobaltica – 2011» (Російська Федерація, Санкт-Петербург, 2011 р.); IX Всеукраїнські наукові Таліївські читання (Харків, 2013 р.); XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми екологічної безпеки» (Кременчук, 2016 р.); XX Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 10-річчю створення екологічного факультету Харківського національного уні-

верситету імені В. Н. Каразіна «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017» (Харків, 2017 р.); Міжнародна конференція, присвячена 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України «Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища» (Київ, 2020); XXVI Міжнародна наукова конференція «Multidisciplinary academic research and innovation» (Нідерланди, Амстердам, 2021 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 28 наукових праць, з яких 1 – у науковому фаховому виданні Республіки Білорусь; 15 – у фахових виданнях, які входять до переліку МОН України; 10 – матеріали конференцій і тези доповідей, 2 рекомендацій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (264 позиції) та 14 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 250 сторінок, із них основний текст викладено на 161 сторінці, ілюстровано 48 рисунками та 29 таблицями.

Подяки. Автор висловлює подяку науковому керівникові **Ф. В. Стольбергу** (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова) за загальне керування роботою, особлива подяка науковому консультанту **В. Л. Мешковій** (Український орден «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького) за неоціненну різнобічну допомогу та підтримку на всіх етапах роботи, **Ю. І. Вергелесу**, **В. О. Баранніку** (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова) та **І. М. Коваль** (Український орден «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького) за всебічну підтримку і безцінну допомогу у вигляді консультацій і практичних рекомендацій щодо організації дослідження та систематизації зібраного матеріалу, **О. С. Лапшину** (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова) за допо-

могу у проведенні досліджень впливу омели білої на міцність гілок дерев, **О. В. Хандогіній** (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова) за допомогу в оволодінні геоінформаційними технологіями, **Ю. Л. Коваленку** (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова) за рекомендації щодо впровадження результатів дослідження в практику, **О. О. Кагалу** (Інститут екології Карпат НАН України) за цінні поради під час підготовки рукопису, **Ю. Г. Гамулі** (Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна) за важливі коментарі.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ОМЕЛИ БІЛОЇ НА НАСАДЖЕННЯ

1.1. Зелені насадження як компонент біогеоценотичного покриття міста

Біоценози утворюють активну плівку життя на нашій планеті. Поняття про біоценоз, введене К. А. Мьобіусом у 1877 р., відіграло важливу роль у становленні системної концепції екології, зосереджуючи увагу дослідників на взаємодії між видами і цілісними властивостями біологічних угруповань, що внаслідок цього виникають. Різні автори стали надавати цьому терміну різне значення [144]. Наприклад, Р. Г. Уїттейкер описує біоценоз як сукупність популяцій рослин, тварин і мікроорганізмів, які взаємодіють одна з одною у межах даного середовища і утворюють тим самим особливу живу систему зі своїми власними складом, структурою, взаєминами зі середовищем, розвитком і функціями [33]. Висловлювали доволі протилежні погляди – від уявлень Ф. Клементса і його послідовників про біотичне угруповання (біоценоз) як організм вищого порядку (суперорганізм) до практичного заперечення об'єктивних основ для концепції біоценозів, які випливали з робіт Л. Г. Раменського та Г. Глізона.

В рамках системної екології найбільш доцільно застосовувати поняття «біоценоз» тільки до рівня екосистеми (біогеоценозу) для позначення її живої частини, надаючи, таким чином, цьому терміну фіксований біохорологічний ранг, на відміну від таких безрангових понять, як біотичне угруповання або група видів [144]. Ще у 1935 р. англійський ботанік А. Тенслі, а в 1940 р. радянський геоботанік та еколог В. М. Сукачов прийшли до розуміння єдності, що виникає внаслідок взаємодії угруповання живих організмів і неживих тіл навколишнього середовища (А. Тенслі назвав таку єдність екосистемою, а В. М. Сукачов – біогеоценозом) [39]. Його також слід відрізняти від понять

«консорція» і «гільдія», які мають у порівнянні з «біоценозом» більш низький, підпорядкований ранг, що відповідає його структурно-функціональній одиниці, елементарній виразності (за аналогією співвідношення дема і популяції).

Таким чином, *біоценоз* – це сукупність усіх популяцій біологічних видів, які беруть суттєву (постійну або періодичну) участь у функціонуванні даної екосистеми. Отже, в біоценоз включаються не тільки види рослин, тварин і мікроорганізмів, які постійно перебувають у розглянутій екосистемі, але і види, що проводять у ній тільки частину свого життєвого циклу, але істотно впливають на її життя.

У кожний момент часу біоценоз має певне видове багатство (видову насиченість), яке вимірюється кількістю популяцій різних видів, що до нього входять, і кількісний склад, який характеризується набором із чисел, що позначають чисельності або щільності цих популяцій.

Визначення видового багатства, а тим більше кількісного складу біоценозу – надзвичайно трудомістка робота, яка вимагає участі широкого кола спеціалістів і великих витрат часу і ресурсів. Тому зазвичай доводиться обмежуватися визначенням видового багатства окремих груп видів (угруповань) усередині біоценозу, які виділяють за тими чи іншими ознаками. Наприклад, група вищих судинних рослин у лісі, група безхребетних хижаків у ґрунті або група діатомових водоростей у морському планктоні [144]. На сьогодні багато авторів говорять про угруповання птахів, комах, рослин тощо, що вносить певну термінологічну плутанину і може спотворювати масштаб і дійсний екологічний сенс терміну угруповання. Біоценоз – це дещо більше, ніж просто сума окремих популяцій та їхня взаємодія [33].

Кількість видів у різних групах і, відповідно, видове багатство біоценозу загалом зі плином часу змінюється в результаті процесів імміграції і елімінації (еміграції й вимирання) видів, які безперервно відбуваються в екосистемах із тією чи іншою інтенсивністю [144]. Наприклад, буковий ліс, його флора і фауна становлять біоценоз [32].

Життя організмів проходить під впливом численних екологічних факторів – біотичних та абіотичних, кількість яких потенційно є необмеженою. Для кількісної характеристики впливу екологічних факторів на показники життєдіяльності особин, таких як швидкість росту, розвиток, плодючість, тривалість життя, смертність, інтенсивність живлення, метаболізм, рухова активність та ін. введені поняття функцій відклику. Значення, яких набуває певний показник життєдіяльності особин на певній шкалі за варіювання екологічних факторів, обмежені знизу та згори.

В типових випадках графік окремої функції відклику на зміну екологічного фактора має форму випуклої кривої, яка монотонно зростає від мінімального значення фактора (нижня межа толерантності) до максимуму (або плато максимальних значень) за оптимальних значень фактора і монотонно спадає у міру наближення до максимального значення (верхня межа толерантності). Інтервал, обмежений мінімальним і максимальним значеннями деякого екологічного фактора, називається інтервалом толерантності за цим фактором, а точка, в якій досягається максимальне значення показника, називається точкою (інтервалом або зоною) оптимуму за даним фактором.

Слід підкреслити, що ширина інтервалу толерантності, положення на ньому точки оптимуму, а також форма і масштаб функції відклику для окремого фактора можуть значно змінюватися залежно від значень, яких набувають інші фактори (випадок взаємодії).

Інформація, що міститься у функціях відклику, які отримують при однофакторних експериментах, малопридатна для ідентифікації повної функції відклику як функції від усієї сукупності екологічних факторів. Ідея оптимального розміщення експериментальних точок в екологічному просторі з метою ідентифікації повної функції відклику лежить в основі іншого методу вивчення функції відклику – методу багатфакторних експериментів.

Реакцію виду на градієнт фактора середовища можна уявити собі як деякий вимір у просторі й розповсюдити цю операцію на будь-яку кількість коор-

динатних осей, використовуючи принципи n -мірної геометрії. Прийоми багатofакторного експерименту та апарат багатомірного математичного аналізу (наприклад, дисперсійний аналіз, аналіз головних компонент) є корисним інструментом для дослідження впливу на показники життєдіяльності особин різних комбінацій екологічних факторів. Тому доцільно звернути увагу на вивчення простору екологічних факторів і різноманітних його підмножин та дійти до концепції екологічної ніші й ряду пов'язаних із нею понять [144].

У сорокових роках минулого століття було розповсюджене доволі туманне визначення ніші як «професії» організму в конкретному угрупованні, однак потім у роботі Дж. Хатчинсона було наведено її формальне й потенційне кількісне визначення. Цей дослідник пропонував брати до уваги весь діапазон фізичних, хімічних і біотичних змінних середовища, до яких має бути адаптований даний вид і під дією яких видова популяція живе і відтворюється безкінечно тривалий час. Він розрізняє два стани видової ніші: фундаментальну (або потенційну) і реалізовану (або фактичну) [33].

Фундаментальною нішею виду в екологічному просторі називається n -мірний паралелепіпед, сторони якого є максимальними інтервалами толерантності виду за відповідними екологічними факторами.

З визначення фундаментальної ніші безпосередньо випливає, що в будь-якій точці екологічного простору, що виходить за межі фундаментальної ніші, існування популяції неможливе, оскільки обов'язково знайдеться фактор, за яким не витримані межі толерантності.

Отже, стійке існування популяції можливо тільки всередині її фундаментальної екологічної ніші. Водночас усередині фундаментальної екологічної ніші є несприятливі для популяції точки. Найбільш «підозрілими» в цьому відношенні є «кути» гіперпаралелепіпеда, в яких екологічні фактори мають значення, близькі до екстремальних.

Для виділення всередині фундаментальної ніші множини точок, в яких гарантоване стійке існування популяції, вводять поняття *реалізованої ніші*. Реа-

лізована ніша у просторі екологічних факторів – це еліпсоїд, який повністю входить у гіперпаралелепіпед, який представляє фундаментальну нішу. Реалізована ніша доволі ясно обмежує множину сприятливих комбінацій екологічних факторів, однак вона визначається неявно [144].

Реалізовані ніші більшості організмів змінюються в часі та просторі залежно від фізичного й біотичного середовища. Таким чином, реалізовану нішу можна вважати постійно мінливою підмножиною фундаментальної ніші, або, в трактуванні моделі n -мірного гіпероб'єму, – пульсуючим гіпероб'ємом, який обмежений гіпероб'ємом, що відповідає фундаментальній ніші.

Оскільки ми ніколи не знаємо усіх факторів, які впливають на ту або іншу організменну одиницю, фундаментальна ніша залишається абстракцією. Навіть реалізовані ніші більшості організмів характеризуються такою великою кількістю вимірювань, що їхній кількісний опис є складною проблемою.

В більшості випадків ефективне число вимірів ніш можна скоротити до трьох – це місце, їжа і час [86]. Залежно від комбінації факторів, що впливають на показники життєдіяльності особин, можна розрізняти ніші «кліматичні», «трофічні», «едафічні», «гідрохімічні» та ін., так звані «партикулярні» або «часткові» ніші [144].

Біота екологічної системи – це множина особин усіх рослин, тварин і мікроорганізмів, які входять до її складу. Загальна чисельність усіх цих організмів, особливо малих і мікроскопічних, надзвичайно велика, тому не може бути і мови про індивідуальне вивчення кожної особини. Окремі організми об'єднуються (агрегуються) в групи на основі тих чи інших ознак. Принципи виділення таких груп можуть бути доволі різноманітними, однак найбільш природним є агрегування організмів, що належать до одного біологічного виду, тобто поділ біоти на видові популяції.

Популяцією називається сукупність особин, які впродовж тривалого часу населяють певну територію, пов'язаних тією або іншою мірою панміксії та достатньо ізольованих від інших таких самих сукупностей.

Системна екологія вивчає популяції як порівняно самостійні підсистеми в рамках екологічної системи, що об'єднує їх із абіотичними компонентами в єдине динамічне ціле. Дотримуючись далі методології системного підходу, в кожній популяції можна виділити основні системні атрибути: склад, структуру (вікова, статева, просторова, генетична) і функціонування [144].

У міських поселеннях порушення цілісності екосистем (природного біогеоценотичного покриву) досягає свого максимального ступеня [15]. Місто, особливо промислове, – неповна або гетеротрофна екосистема, що отримує енергію, їжу, волокнисті матеріали, воду та інші речовини з великих площ, які знаходяться за його межами.

Нині навіть у посушливих районах більшість міст мають широкий «зелений пояс» або включають у себе автотрофний компонент: дерева, кущі, трав'янисті газони. Органічна продукція цього зеленого компонента не має істотного значення у забезпеченні механізмів і людей, які щільно населяють місто і його промислові райони. Без величезних надходжень їжі, пального, електрики й води механізми (автомобілі, фабрики та ін.) перестали б працювати. Люди або незабаром загинули б від голоду, або покинули б місто. Водночас міські ліси, галявини і парки мають величезну естетичну та рекреаційну цінність; вони пом'якшують коливання температури у місті, зменшують шумове та інші види забруднення, надають оселища птахам і іншим невеликим тваринам тощо, але потребують постійної підтримки з боку людини (зрошення, удобрення, обрізка дерев, видалення зрізаних або опалих гілок і листя тощо) [38, 77]. У цьому дослідженні основну увагу зосереджено на угрупованнях деревних рослин у складі автотрофного компонента урбоекосистеми.

Синонімами угруповання деревних рослин можна вважати терміни *зелене насадження*, *біотичне угруповання природного або штучного походження*, *дервно-чагарникова рослинність*.

1.2. Стресори для насаджень у місті

В умовах міста дерева зіштовхуються зі складним набором стресорів (рис. 1.1), які обмежують їхню здатність досягти зрілості і реалізувати свій біологічний потенціал, що ставить під загрозу користь, яку вони дають довкіллю і людині [178].



Рис. 1.1. Стресори в наземному і підземному середовищі для дерев у місті [178] (зі змінами)

У порівнянні з широкомасштабною загибеллю насаджень під впливом комах-фітофагів, ксилофагів та абіотичних екстремальних умов на кшталт посух, сильних злив, ураганів і пожеж, наявність рослин-паразитів є менш вираженим чинником модифікації екосистемних процесів і динаміки насаджень [196]. На відміну від циклонів і пожеж, які є неперіодичними екологічними факторами у будь-якій кліматичній зоні, паразитичні рослини мають глобальне поширення і є невід'ємним компонентом більшості екосистем [219]. Найбільшу групу епіфітних рослин-паразитів становлять омели, більшість з яких є напівпаразитами, що живляться соком дерев і при цьому зберігають зда-

тність до фотосинтезу [196]. Один із таких видів – омела біла – на сьогодні демонструє неабияке поширення в природних та міських екосистемах в Україні, про що свідчать численні публікації [24, 23, 62, 122, 123, 131, 137, 214].

1.3. Вивчення біолого-екологічних особливостей омели білої

Систематика. Таксономічну характеристику омели білої згідно з широко відомим визначником «Определитель высших растений Украины» за редакцією Ю. М. Прокудіна та за списком вищих судинних рослин України С. Л. Мосякіна і М. М. Федорончука наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Систематичне положення омели білої [80]

Таксономічна категорія	Українська назва	Латинська назва
Домен	Еукаріоти	<i>Eucaryota</i>
Царство	Рослини	<i>Plantae</i>
Відділ	Покритонасінні	<i>Magnoliophyta</i> (= <i>Angiospermae</i>)
Клас	Дводольні	<i>Magnoliopsida</i> (= <i>Dicotyledone</i>)
Порядок	Санталоцвітні	<i>Santalales</i>
Родина	Ремнецвітникові	<i>Loranthaceae</i>
Рід	Омела	<i>Viscum</i>
Вид	Омела біла	<i>Viscum album</i> L.

Сучасні уявлення про систематичне положення виду дещо змінилися, але єдиного погляду на таксономічний статус омели білої фахівці не мають [214]. Нещодавні дослідження дали змогу реконструювати еволюційну історію роду *Viscum* на основі даних про аналіз позацитоплазматичного геному пластид і послідовності ядерної ДНК та встановити, що цей таксон виокремився в ранньому еоцені з імовірним центром походження в екваторіальних тропічних лісах центральної Африки [221]. На сьогодні рід *Viscum* об'єднує приблизно 100 видів, більшість з яких розповсюджені в Африці та на Мадагаскарі, а також у невеликій кількості – в Південній Азії. Лише декілька видів омели відомі в Європі, помірних широтах Азії, Малайзії та східній Австралії [249, 262].

Морфологія і анатомія. Згідно з офіційним довідником по флорі України [80] омела біла має такі морфологічні ознаки: висота – 20 – 40 см (за іншими даними – 100 – 150 см [65, 92, 214]); листя завдовжки до 8,0 см і завширшки до 2,5 см; плід білий (його ширина переважає довжину, рідше він майже кулястий); насіння з 1 – 2 зародками і випуклими краями; паразитує на різних видах дерев на всій території УРСР; рослина лікарська [80].

Омела біла – це здебільшого поодинокий кулястий багаторічний вічнозелений чагарник із дихотомічним розгалуженням (екзофіт), що кріпиться до дерева-живителя стійкою ендоефітною системою (ендоефітом) [214]. Рослина асимілює власний вуглець завдяки фотосинтезу, що й зумовлює її зелене забарвлення, але при цьому повністю залежить від водних і мінеральних ресурсів дерева, на якому оселяється [264].

Листки омели білої шкірясті (завдяки восковій кутикулі завтовшки близько 10 мкм), сидячі, оберненояйцеподібно-довгасті, еквіфаціальні, супротивні, (жовтувато-) зелені за забарвленням [163], дуже мінливі за формою й розміром (довжина варіює в межах від 1,3 см до 10,7 см, ширина – від 0,3 см до 4,3 см) та містять від трьох до п'яти прозорих жилок, які розташовані майже паралельно і пов'язані між собою дифузними сітчастими венулами [214]. Вік листя омели на одній особині може варіювати від 17 місяців до 3 років. Клітини епідермісу омели білої містять хлорофіл *a* і *b*. Продихи розміщені з обох сторін листка [262], їхня щільність становить 89 ± 23 продихів на мм^2 [186] і залежить від віку рослини [262]. Довжина міжвузля становить 1 – 9 см [263].

Стебла омели білої голі, зелені [65, 66], вильчасто-гіллясті [92]. Тип галуження – псевдодихотомічний (верхівкова брунька після розгалуження стебла відмирає, його подальший ріст відбувається за рахунок розвитку супротивно розміщених бокових бруньок, у результаті чого утворюється своєрідна вилка) [148]. Починаючи з 4 – 5-річного віку та інтрузивного ендогенного росту, *V. album* стає дозрілим і щорічно розвиває один дихазійний пагін із двома між-

вузлями (коротким та довгим), що несуть дві пари листя [214]. За дихотомією, яка з'являється щороку, можна визначати вік омели [248].

Квіти дрібні, жовтувато-зелені, сидячі, непримітні [262], зібрані невеликими групами по 3 – 5 квіток у суцвіття (щиток або несправжня напівпарасолька) у пазухах пагонів і на кінцях гілок [59, 92]. Омела біла – вид дводомний. Як правило, співвідношення в популяції омели чоловічих та жіночих кущів дуже часто істотно відрізняється від співвідношення 1:1, зазвичай переважають жіночі рослини (понад 70 % популяції) [262].

Плід омели – куляста або рідше грушоподібна соковита ягода (псевдоягода) [214] з клейкою м'якоттю діаметром 6 – 10 мм, яка містить від одного до чотирьох зародків розміром $6,42 \times 4,20$ мм [248]. Спочатку вона зелена (за іншими джерелами, жовто-зелена, напівпрозора [152]), а при дозріванні (взимку) – біла [65, 66]. Формуються ягоди омели в пазухах торішніх пагонів і на верхівках гілок попереднього року розвитку, рідше – в точках розгалуження стебла. Один кілограм плодів омели містить у середньому 175 ягід (мінімум 96, максимум 237, залежно від виду дерева-живителя) [262].

Зародки омели укладені у дуже тонкий ендокарп (або внутрішній шар), товстий мезокарп (середній шар), що складається з двошарового слизового вісцину (так званого «пташиного клею») та білий або дещо жовтуватий епікарп (зовнішній шар), що має кінцеве кільце з чотирьох бічних та одного центрального рубців [214] (по суті, «насіння» омели є ембріоном, що вкладений в ендокарп [262]).

Ендофітна, або «прихована» частина омели сильно розгалужена, особливо у випадку системної інвазії, і включає специфічні для паразитів органи – гаусторії (присоски) і ризоїди (ниткоподібні утворення) [195, 262, 237]. Ризоїди омели дерев'яністі, членисті, легко ламаються у вузлах [92]. Зародок омели утворює поодинокий первинний гаусторій, який проникає в камбій дерева-живителя і з'єднується з ксилемою для отримання води та поживних речовин [185]. Ризоїди, які містять хлорофіл, проходять через паренхіму або флоему

дерева-живителя (при цьому немає жодних даних про наявність взаємозв'язку між флоемою і ксилемою ниткоподібних утворень омели і флоемою дерева-живителя [48]) і породжують вторинні гаусторії (гризла), які поширюються поперек та/або поздовжньо [126]. Гаусторії *V. album* демонструють залежність від морфології дерева-живителя зі значними варіаціями довжини та структури галуження [214], тоді як ризоїди мають стабільний щорічний приріст близько 0,75 см [262].

Гаусторій прив'язує паразита до живителя і створює між ними судинний місток ксилема-ксилема/ксилема-флоема. Цей зв'язок дає змогу паразиту не тільки поглинати воду і поживні речовини (що може спричинити водний стрес і дефіцит мінералів у живителя), але й переносити мРНК, білки та віруси [214].

Життєва форма. Життєва форма (або біоморфа) омели білої за системою І. С. Серебрякова – чагарник [132], за системою К. Раункієра – вічнозелений фанерофіт [232]. У деяких джерелах (напр.: [262]) уточнюють – вічнозелений епіфітний фанерофіт.

Життєвий цикл і розмноження. Життєвий цикл рослини представлений на рис. 1.2. Первинним вектором розповсюдження насіння омели білої є птахи [214], які живляться стиглими плодами рослини-напівпаразита. Насіння, що проходить через шлунково-кишковий тракт птахів, зберігає схожість. Разом із послідом воно потрапляє на гілки дерев і там проростає [66]. Процес проростання супроводжується інтрузивним ростом і завершується успішним встановленням гаусторових зв'язків ксилема-ксилема, на цьому самозабезпечене зростання *V. album* закінчується, рослина переходить до напівпаразитичного міксотрофного (авто- і гетеротрофного) способу живлення [214]. Перша пара листків на омелі з'являється впродовж другого – третього років розвитку. На п'ятий рік розвитку молода рослина набуває вигляду тендітного кущика віялоподібної форми. Через декілька років, за рахунок щорічного приросту листової маси, цей куш набуває майже ідеальної кулеподібної форми [262]. Індивідуальні особини

омели можуть доживати до 30 років [157, 196, 214, 218] (за даними інших авторів – до 40 років [47, 83]).

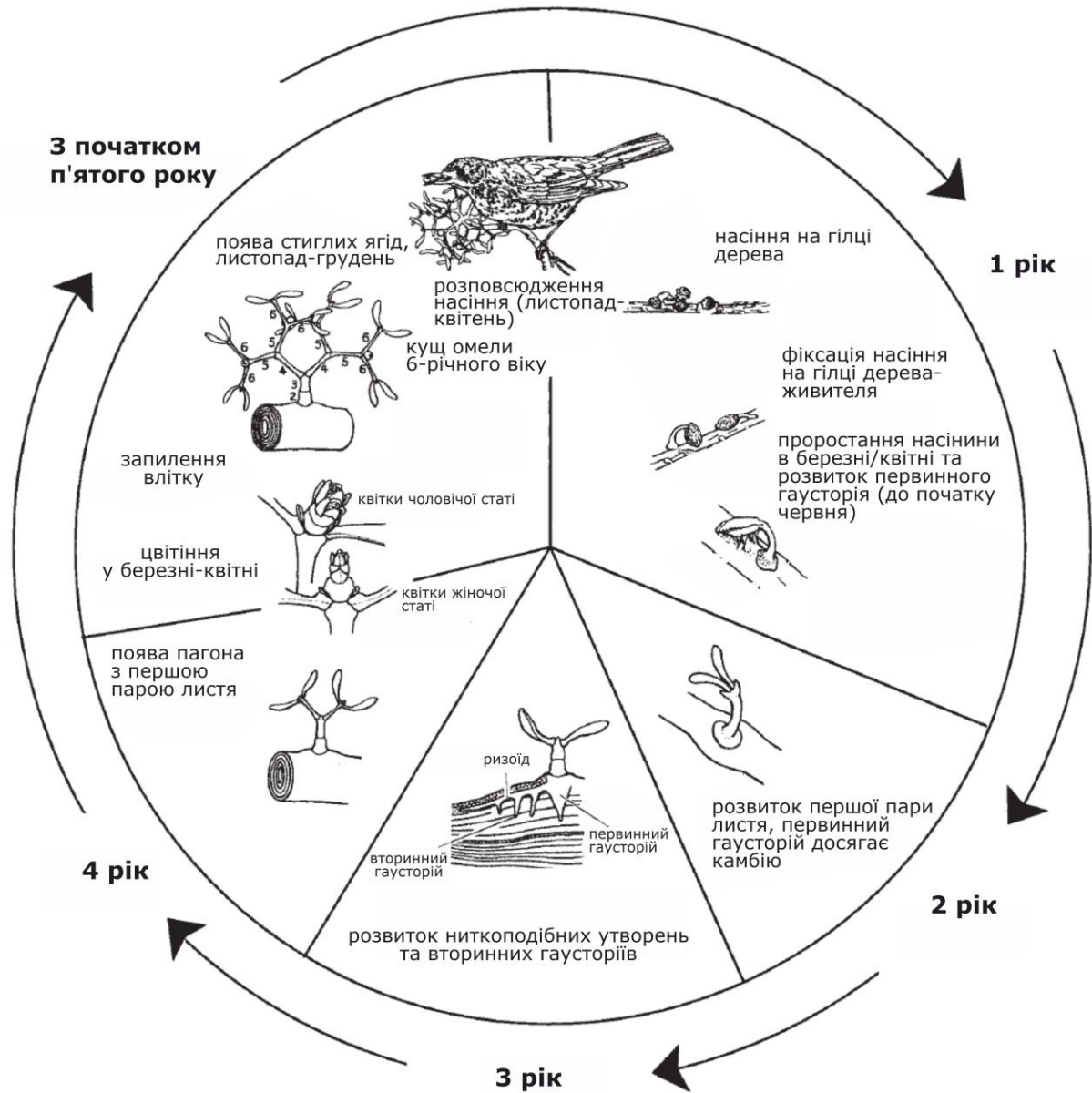


Рис. 1.2. Життєвий цикл омели білої [92, 262] (зі змінами)

Насінина омели білої має плоску форму і темно-зелене або зеленувато-жовте забарвлення. У природних умовах протягом п'яти – шести місяців вона знаходиться у стані зимового спокою [262]. Для проростання (може відбуватися на всіх типах поверхонь, на склі, камінні, дереві, папері або навіть на волоссі) омелі необхідно достатньо світла та порівняно високі температури повітря: по-

діл клітин насінини починається при $+8 - +10\text{ }^{\circ}\text{C}$, що зазвичай відповідає температурам березня – квітня, оптимальна температура для проростання становить $+15 - +20\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальна – близько $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після проростання омела може рости в темряві.

Через 3 – 4 дні після проростання насінини починає подовжуватися. Як правило, цей процес триває до 60 днів, впродовж яких формується відросток завдовжки приблизно 5,6 мм [253] (згідно з іншими джерелами – 4 – 8 мм) [262]. Далі цей відросток нахиляється в бік дерева-живителя, його кінець збільшується в розмірі і поступово утворює закріпку. Якщо у цей час насінини розвивалася на неживому субстраті (штучний матеріал, мертва деревина тощо), вона засихає, якщо ж на гілці живого дерева – клітини відростка омели (за участі специфічних ферментів) проникають у тканини деревної рослини і формують первинний гаусторій. Як правило, процес зараження дерев омелою візуально помітний. Лише в деяких випадках зовнішні частини відростка висихають. Молодому росткові омели властивий фототропізм і геотропізм, він витримує пониження температури до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ [262].

Після проростання в омели білої щорічно формується одна пара листків, довжина яких (як і міжвузля) протягом перших п'яти років поступово зростає, а потім повільно зменшується [171] (тобто розмір листкової пластинки переважно є функцією від віку рослини). Як правило, максимальний приріст листкової маси відбувається у травні – червні [262].

Приблизно з 4 – 5-річного віку омела починає цвісти [139, 262]. Час цвітіння *V. album* не залежить від виду дерева-живителя, є переважно стабільним та припадає на березень – квітень [92]. Тривалість періоду цвітіння омели білої, як правило, становить декілька тижнів [152]. Запилення відбувається влітку. Основними запилювачами напівпаразита є мухи [262] та вітер [6, 152] (здатен поширювати пилок рослини на відстань від сотні метрів до 2 км). Зерна пилку омели, як правило, овальні, розміром $35 \times 60\text{ }\mu\text{m}$. Цвіте і плодоносить рослина щорічно, без зміни продуктивності [262].

Дозрівання та поширення плодів омели білої починаються в листопаді – грудні і тривають до кінця зими (збігаються з прильотом у цей період птахів), а деякі ягоди залишаються прикріпленими до куща напівпаразита аж до весни і, таким чином, співіснують із квітами, які з’явилися знову [214]. Розповсюджують насіння омели птахи [254], що живляться її плодами в зимовий період року: дрізд-омелюх (*Turdus viscivorus* L.) та – набагато меншою мірою – чикотень (*T. pilaris* L.), а також – головним чином – омелюх.

Дрозди під час міграцій забезпечують регулярне поширення омели білої у напрямку з півдня на північ, натомість омелюхи є основним агентом розповсюдження виду на південних околицях його ареалу. Максимальна відстань, на яку дрозди можуть поширювати насіння омели, становить 20 км, омелюхи – 5 – 6 км. Також насіння рослини може проникати на нові території, якщо приклеїлося за допомогою вісцину до оперення або дзьобу птаха. Локальне поширення паразита забезпечує «дощ насіння» – механічне опадання перестиглих плодів омели, які можуть приклеюватися безпосередньо до самого куща, на якому вирости, гілок дерева-живителя або навіть сусідніх дерев [262]. Потрійний механізм розповсюдження – орнітохорія, як найефективніший спосіб поширення на великі відстані, а також автохорія (дощ насіння) та анемогідрохорія (дощ насіння, інтенсивність якого посилена вітром та/або атмосферними опадами), що забезпечують поширення напівпаразита в межах одного-декількох дерев, – сприяє доволі ефективному розселенню виду.

Просторове розміщення особин. Як правило, омела біла росте індивідуальними особинами на дереві-живителі, іноді її кущ може бути сформований чотирма окремими особинами, зокрема у випадку проростання поліембріонального насіння. Також окремі кущі омели можуть паразитувати один на одному.

Вимоги до клімату. Омела біла належить до видів, що пристосовані до помірного клімату, за винятком екстремально континентальних регіонів. Рослина може рости в кліматичних умовах, які характеризуються середніми темпе-

ратурами найтеплішого місяця $+15^{\circ}\text{C}$ та середніми температурами найхолоднішого місяця -8°C . Квіти рослини витримують морози понад -8°C [262].

На рис. 1.3 показано залежність поширення омели білої в ландшафті від середніх температур липня (вісь ординат) та середніх температур січня (вісь абсцис) [241]. Так, рослина починає з'являтися (це означає її здатність до розпускання бруньок і продукування життєздатного насіння) при середніх температурах січня понад $-7,7^{\circ}\text{C}$, де бере початок закруглена крива.

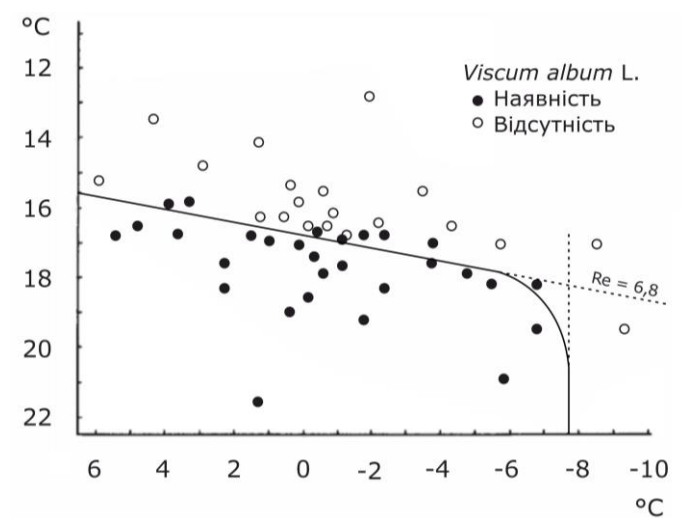


Рис. 1.3. Залежність поширення омели білої в ландшафті від температурних показників [241] (зі змінами)

Омела біла – це світлолюбний вид, особливо гостро потребує сонячного освітлення під час проростання. У зонах із висотною поясністю вона може підійматися по освітлених сонцем гірських схилах на висоту понад 1000 м над рівнем моря [262].

Вплив інших абіотичних факторів. Доказів впливу на рослину-напівпаразита кількості опадів, хімічного складу ґрунту і повітря, висоти рівня ґрунтових вод не виявлено [242, 262], прямий вплив на неї має лише тривалість вегетаційного періоду дерева-живителя [262].

Природний ареал поширення. Закономірності розповсюдження видів родини *Loranthaceae* в глобальному масштабі дотепер залишаються в багатьох

аспектах нез'ясованими [169, 174, 209]. Особливості розповсюдження омели білої вивчають у Великобританії [189], Хорватії [205], Словенії [204], Польщі [211], Угорщині [258], США [199] тощо. Розпочато такі дослідження і в нашій країні [214]. Аналогічні дослідження місцевих видів омели проводять у Швеції [240], Іспанії [231], Італії [228], Мексиці [181], Румунії [167] та Новій Зеландії [250]. Для картування ареалів різних видів омели використовують точковий і сітковий методи, а також новітні технології – гіперспектральні сканери [162].

На території України поширені три види омели (рід *Viscum*), зокрема омела біла, австрійська (*Viscum austriacum* Wiesb.) та ялівцева (*Viscum abietis* (Wiesb.) Fritsch). Суцільний ареал їхнього розповсюдження в Європі простягається від 10° зх. д. до 80° сх. д. і від 60° пн. ш. до 35° пд. ш. (рис. 1.4), при цьому найширший географічний розподіл має омела біла.

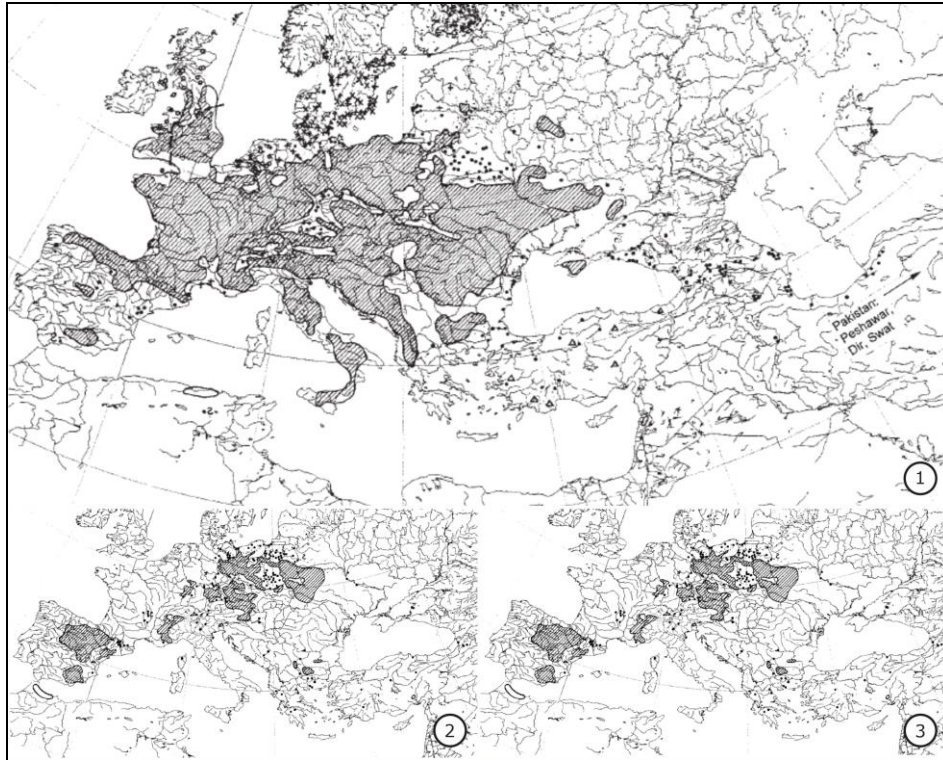


Рис. 1.4. Ареали поширення трьох видів омели, які розповсюджені на території Європи [207] (цифрою «1» позначено ареал омели білої, «2» – австрійської, «3» – ялівцевої)

Межі розповсюдження усіх трьох видів омели не збігаються з ареалами їхніх дерев-живителів, межі розселення яких є значно ширшими [262]. Водночас відсутність прив'язки до конкретного виду дерев-живителів забезпечує омелі білій набагато більший географічний розподіл у порівнянні з іншими омелами. *V. album* є універсалом, що націлений на листяні дводольні деревні рослини, тоді як два інших види – *V. austriacum* Wiesb. і *V. abietis* (Wiesb.) Fritsch – мають яскраво виражену приуроченість до деяких хвойних таксонів [214]. Крім того, нещодавні дослідження свідчать, що насіння омели білої є стійкішим до замерзання, ніж, наприклад, омели австрійської [251], що також сприяє її ширшому географічному розповсюдженню.

Лімітувальним чинником, який обмежує розповсюдження омели у північному та східному напрямках, є температура [215]. Зміни абрисів географічного розподілу омели білої, які можна простежити у наш час, пов'язують із кліматичними пертурбаціями [47]. Потепління клімату може усунути абіотичний бар'єр, який до цього часу обмежував експансію омели в північному напрямку на рівнинах і у вищій висотній пояси у гірських ландшафтах [251]. Так, М. Доббертен зі співавторами встановили [182], що одним із факторів, які позитивно впливають на розширення ареалу зокрема омели австрійської, є зміна кліматичних умов упродовж останнього століття в бік потепління. У статті представлено залежність розміщення верхньої межі ареалу поширення рослини в гірських соснових лісах Швейцарії від середньодобової температури січня та липня.

Ареал омели білої в Україні охоплює майже всю її територію, омела австрійська паразитує на соснах і модринах у Карпатах і правобережних районах Лісостепу, омела ялівцева іноді трапляється в Карпатах, на ялівцеві [80]. Тільки один вид – *V. album* – вимагає спеціальних фітосанітарних заходів (моніторинг, локалізація або ліквідація), оскільки може представляти загрозу для насаджень.

Поширення *V. album* в Україні є дуже фрагментованим. На відміну від асоційованих із хвойними рослинами видів, що трапляються лише епізодично, без помітних просторових тенденцій, *V. album* демонструє помітну приуроче-

ність до забудованих територій, таких як міста, села, промислово розвинені ділянки, а також деревостанів між полями та вздовж міжміських доріг. Значно меншу щільність омели білої визначають у диких районах і природних лісах, а також у садах навколо приватних будинків, хоча останнє, ймовірно, є наслідком регулярного винищення омели власниками присадибних ділянок. Висотний розподіл *V. album* в Україні становить між 100 м над рівнем моря (Закарпатська область, північна околиця міста Чоп, уздовж берегів річки Латориця) та близько 950 м над рівнем моря (Карабі – Ялта в Кримських горах, біля витоку річки Байсу) [214].

Вторинний ареал поширення. Приблизно в 1900 році як перспективну різдвяну прикрасу європейці привезли омелу білу в Північну Америку, в м. Сан-Франциско (північно-західний район Каліфорнії, США) [200]. Відтоді вторинний ареал поширення цього виду поступово збільшується, станом на 1991 р. його площа становила приблизно 182 км² [199].

Біотичні взаємодії. Омела біла тісно взаємодіє з деревом, на якому оселяється (хімічний склад рослини залежить від виду дерева-живителя) [31, 187, 256, 260], а також із деякими видами птахів, про що зазначено вище.

Омела біла виявлена на представниках родин *Tilia* spp., *Acer* spp., *Populus* spp., *Salix* spp. [262], *Betula* spp., *Pyrus* spp., *Malus* spp., *Quercus* spp., *Sorbus* spp. тощо [31, 65, 92], а також на декоративних видах дерев і чагарників [262]. Загальний перелік видів дерев-живителів омели об'єднує 411 найменувань [170, 204] (за даними інших авторів – 450 [249]). В Європі її зафіксовано на 384 видах, з яких 190 – види-інтродуценти. У Польщі омела біла виявлена на 194 видах деревних рослин [247], у Хорватії – на 52, у Словенії – на 25 [184], у Чеській Республіці – на 53 [229], у Словаччині – на 35, у Швейцарії – на 17, у Нідерландах – на 12 [184]). У межах вторинного ареалу поширення, в Каліфорнії, вона трапляється на 22 видах дерев [199].

Водночас багато аспектів взаємодії між рослиною-напівпаразитом та її деревом-живителем до цього часу залишаються не вирішеними [214]. Попри

широкий спектр видів деревних рослин, на яких виявлена омела біла, відомості про види, яким вона віддає перевагу у складі насаджень, досить суперечливі. У м. Лодзь (Польща) [211] та в Каліфорнії [199] рослина трапляється найчастіше на клені сріблястому, в Чеській Республіці – на представниках роду *Populus* sp. [229], в Угорщині – на представниках роду *Populus* sp. та робінії звичайній (*Robinia pseudoacacia* L.), а також клені сріблястому [258], в Києві – на клені гостролистому (*Acer platanoides* L.) [62]. Окремі аспекти взаємодії між омелою та вектором також є мало вивченими, наприклад, роль птахів у виникненні її нових колонізаційних плям [214].

Омела біла росте на гілках дерев, що дає їй змогу уникати багатьох видів тварин, які можуть нею живитися, зокрема кролів, козуль, оленів, кіз, овець, куніць та мишей. Насінням рослини живляться доволі розповсюджені в Європі три види синиць – синиці блакитна (*Parus coeruleus* L.) і чорна (*P. ater* L.), а також гаїчка болотяна (*P. palustris* L.) – та незначною мірою інші види птахів, равлики, комахи та куніці [262].

На омелі білій виявлено декілька видів комах, у тому числі облігатних і факультативних фітофагів, які можуть споживати її свіже листя, пагони і відмерлі частини. Наприклад, найпоширеніші види жуків, які колонізують і споживають пагони омели та потенційно можуть спричиняти її смертність, належать до роду *Agrilus* sp. Попри присутність у *V. album* віскотоксинів, які, як вважається, мають сильний інгібувальний вплив на деякі рослинні патогени, на омелі виявлено низку грибів і бактерій. Стебла омели часто колонізують різні види лишайників, що ростуть на корі дерев-живителів [214].

Вплив антропогенних факторів. Для контролю поширення омели білої застосовують механічні, хімічні та біологічні методи [194, 262]. Механічні методи контролю передбачають видалення уражених омелою гілок або повне вилучення дерева у разі дуже сильного заселення [72]. В Україні такі радикальні методи є звичайною практикою, особливо в містах. Менш агресивний метод, нещодавно введений в практику, базується на розрізанні екзофіту на гілці дере-

ва-живителя, вирізанні гаусторіїв всередині гілки та заповненні рани спеціальною пастою, що містить стимулятори регенерації ран, фунгіциди та антибіотики [214].

Хімічні методи боротьби з омелою полягали в обприскуванні фотосинтезувальної поверхні омели гербіцидами, багато з яких вже заборонені [72, 262], а їхнє використання у міських районах є екологічно сумнівним та може бути малоефективним (навіть у разі опадання листя омели препарат може не пошкоджувати її ендofітну систему). Крім того, такі методи є досить витратними і можуть загрожувати стану дерева-живителя [214], яке має залишитися живим та максимально неушкодженим [139, 238].

Н. Ю. Таран зі співавторами пропонують [139] застосовувати для боротьби з омелою етилен. Автори методу зазначають, що це природна сполука, яка синтезується самими рослинами та у збільшених концентраціях призводить до опадання квіток і зав'язі. Тому за введення розчину етилену у стовбур заселеного дерева діюча речовина (за рахунок вищої інтенсивності транспірації омели) накопичуватиметься у фотосинтезувальних тканинах напівпаразита.

На думку А. Бойчука [72], для боротьби з омелою можуть бути використані виявлені на ній гриби-надпаразити роду *Russinia* sp. Враховуючи можливість впливу людини на біотичні взаємовідносини омели з іншими організмами, можна припустити, що у майбутньому належне місце посідатимуть біологічні методи її контролю [213].

Водночас ще із часів Гіппократа омелу білу широко використовують у медичних цілях [31]. Повне винищення омели може позбавити фармацевтичну промисловість цінної лікарської сировини, якою є її листя [212] й пагони [31].

Омела біла як компонент екосистем. Омела відіграє неоднозначну роль в екосистемах, що створює невизначеність для лісівників і природоохоронців. З одного боку, її вважають основним біотичним стресом для дерев-живителів поряд із фітофагами (комахи, нематоди) та патогенними мікроорганізмами, які можуть спричинювати гибель насаджень і великі втрати у виробництві деревини.

ни. З іншого боку, більшість видів омели є мало шкідливими та відіграють важливу екологічну роль у підвищенні біорізноманіття через сприяння як трофічній, так і структурній різноманітності взаємодій в екосистемах [214]. Останнім часом науковці все частіше розглядають паразитичних рослин як екосистемних інженерів або види-едифікатори [196]. Отже, контроль за розповсюдженням омели білої не може зводитися до її суцільного винищення.

1.4. Екологічні дослідження впливу омели на насадження

Дослідження впливу омели на стан зелених насаджень проводять у багатьох країнах світу. На території України різні аспекти цього питання висвітлені в роботах І. М. Усцького, Л. В. Полякової [142], Ю. О. Рум'янова [126], І. Д. Василенка, Л. М. Філіпової, Я. Д. Фучила [14]. Приклади досліджень зі світової практики вивчені у закордонних публікаціях: Ф. Г. Хоксуорт [170, 197 – 200], Д. Цубер [262, 263], Ф. Прохазка [229], М. Іджойтіч, М. Когельнік, Й. Франіч, Ж. Шкворц [204], Є. Колодзієк, Я. Патиговські, Р. Колодзієк [211] та ін.

За літературними даними, різні види омели здатні спричинювати зменшення приросту листя дерев-живителів (на 50 – 77 % залежно від ступеня ураження), зниження енергії росту (на 30 – 60 %), зниження довговічності (дерева з високим ступенем ураження крони гинуть впродовж 10 – 15 років), втрату врожайності (на 50 %) та декоративності [176]. Опосередкований негативний вплив омели полягає у посиленні можливості вітроломів, що є небезпечним у випадку сильного вітру або снігопаду. Однак такі негативні наслідки характерні не для всіх видів омели [219].

Роль омели білої в біотичних угрупованнях штучного походження до цього часу є дискусійною. На думку більшості дослідників [62, 72, 122, 123, 214], вона завдає значної шкоди насадженням (спричиняє суховерхість дерев і зниження їхньої довговічності), проте деякі автори не вбачають у цій рослині

небезпеку для деревних рослин і навіть висловлюють припущення про користь омели для старовікових дерев [47].

Дослідження, проведені в ялицевих лісах Центральної Греції, дали змогу встановити тісний зв'язок між ступенем ураження дерев омелою та індексами їхнього санітарного стану. Обґрунтовано, що омела ялівцева спричиняє дефоліацію крони дерев-живителів та є одним із факторів, що підвищують рівень їхнього відпаду [230]. Вважається, що омела біла також спричиняє погіршення санітарного стану листопадних видів дерев [72], але кількісні дані у доступній літературі відсутні.

За високої інтенсивності пошкодження омелою дерев хвойних таксонів зменшується радіальний приріст деревини [193, 235, 236], що на тлі посух може призвести до всихання дерев [168, 177, 192, 222, 223, 226, 235].

Дослідити реакцію дерев на вплив природних та антропогенних чинників, у тому числі – на ураження омелою білою, у часовому та просторовому аспектах надають можливість дендрохронологічні методи, а саме відбір і аналіз зразків (кernів) деревини [7]. На відміну від звичайних методів моніторингу, які полягають у спостереженні за тим чи іншим впливом на екосистеми, дендрохронологія дає змогу встановити зміни в насадженнях за декілька десятиліть і навіть століть [52].

Дослідження впливу омели австрійської на радіальний приріст сосни звичайної, проведені у Берліні (Німеччина), дали змогу виявити, що омела спричинила зменшення ширини річних кілець, яке за високого ступеня ураження сягало 32 % [210]. Водночас Ф. Швайнгрубер встановив [239], що межі пошкодження, викликані омелою білою на листопадних видах дерев, не є однозначними, а А. М. Бекетов відмічав [5], що зовнішні умови по-різному впливають на ріст дерев, а фактори, які визначають збільшення приросту одних дерев, викликають його зменшення в інших.

Дослідження впливу омели білої на радіальний приріст тополі чорної у Ботанічному саду м. Каунас (Литва) виявили, що дерева з найбільшою кількіс-

тю кущів омели мали найвищий радіальний приріст, тобто заселеність омелою додатно корелювала з радіальним приростом досліджених дерев [206]. Також було встановлено, що омела спричиняє усихання частини гілки, яка знаходиться вище її фіксації. Дослідники припускають [206], що після обламування сухої гілки в дерево проникає грибна інфекція, яка пошкоджує також кореневу систему, що призводить до всихання дерева. Тобто літературні джерела свідчать про те, що на відміну від хвойних, листяні види дерев із розсіяно-судинною будовою (тополя, клен, липа тощо) можуть реагувати на вплив омели збільшенням радіального приросту.

Водночас формування радіального приросту дерев пов'язане з кліматичними умовами. Аналіз змін річної температури повітря в Україні, проведений кліматологами Центральної геофізичної обсерваторії Міністерства надзвичайних ситуацій України, надає можливість простежити стрімке зростання температури повітря за останні сто років [147]. За даними узагальнень за останні десятиріччя зафіксовано потепління клімату в Україні на $+0,4 - +0,6$ °C. Найбільш інтенсивне підвищення температури зафіксовано взимку ($+1,2$ °C) та навесні ($+0,8$ °C), влітку підвищення температури становило $+0,2 - +0,3$ °C. На південному сході кількість опадів збільшилася на 15 % [9, 34]. У лісостеповій зоні процеси потепління та збільшення кількості опадів почали прискорюватися протягом 1989 – 2008 рр. Дослідженнями радіального приросту сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на Харківщині виявлено, що підвищення температури холодного періоду за останнє десятиріччя призвело до зменшення тренду радіального приросту сосни внаслідок порушення зимового спокою дерев. Водночас опади меншою мірою почали обмежувати формування річних кілець [51]. Дослідження реакції дерев на заселення омелою білою із застосуванням дендрохронологічних методів в Україні досі не проводили.

Омела здатна спричинювати у дерев-живителів різні негативні ефекти, зокрема зміни в формуванні деревини і розвитку листя. Кінці заражених омелою гілок за межами інфекції часто гинуть під час посух, що призводить до

значного відмирання крони [203, 219]. Внаслідок заселення омелою на гілках і стовбурах дерев часто виникають набряки або круглі галли, які можуть стати своєрідними «вхідними точками» для грибної інфекції. Гілки з великими або численними куцями омели можуть зламатися та пошкодити будівлі, електричні лінії або припарковані транспортні засоби, а також поранити людей, особливо під час вітряних чи крижаних бур [219].

Дослідження, проведені в Туреччині, підтвердили, що омела австрійська спричиняє суттєве зменшення товщини гілки сосни звичайної вище фіксації куща [227]. Швейцарські дослідники, які також вивчали вплив омели австрійської на сосну звичайну, встановили, що маса шпильок на інфікованих омелою гілках у порівнянні з контролем (гілки подібного діаметра) є меншою аж на 77 % [233]. Дослідження, проведені в США, ґрунтовно свідчать, що омела карликова (*Arceuthobium douglasii* Engelm.) спричиняє деградацію крони дугласії майже вдвічі внаслідок зменшення приросту фотосинтезувальних тканин [243]. Аналогічні результати з місцевим видом омели, який паразитує на хвойних, отримано Ф. Г. Хоксуортом зі співавторами [198].

Попри значну кількість досліджень, присвячених вивченню фізіологічних реакцій хвойних видів деревних рослин на ураження омелою, нам відомі лише два дослідження стосовно впливу *V. album* на розвиток листя у листопадних видів. Іранські науковці встановили, що у паротії персидської (*Parrotia persica* (DC.) С. А. Меу) – виду, що належить до реліктів третинного періоду і трапляється в Каспійських Гірканських мішаних лісах, – омела біла спричиняє зменшення площі листової пластинки на 30 % у порівнянні з контролем, приросту листової маси – на 44 % [203]. Дослідження на яблуні виявили, що через десять років після ураження омелою білою розмір дерев-живителів, як правило, був меншим, ніж у контролі, а продуктивність зменшувалася на 50 % [262].

Не так багато робіт присвячені вивченню динаміки популяції омели. В Берліні змодельовано збільшення чисельності кущів у популяції омели австрійської з використанням моделей експоненціального росту [210], аналогічні дос-

лідження проведені у Франції та Швеції [262]. Особливості популяційної динаміки омели білої є мало вивченими до цього часу. Деякі автори (напр.: [14]) припускають, що провідну роль у рості чисельності популяції омели білої відіграють птахи-розповсюджувачі її насіння, зокрема їхні чисельність та активність, але цю гіпотезу слід перевірити.

Для аналізу часових модифікацій екосистемних процесів у зв'язку із зараженням деревних рослин омелою застосовують багаторівневий підхід (напр.: [196]). Дослідження, проведені в Чеській Республіці на території Ледницького парку, дозволили встановити фактори, які впливають на поширення омели білої на рівні особин дерев-живителів. До них належать: діаметр на рівні погруддя, вік, висота, характеристики крони, фізіологічний стан. Взаємозв'язки між чисельністю омели та індивідуальними характеристиками інфікованих дерев (на прикладі декількох видів кленів, глоду, горіха, робінії звичайної та липи) визначали із застосуванням методів багатовимірної статистики, зокрема дисперсійного аналізу. Також було виявлено тісні зв'язки між інтенсивністю ураження дерев-живителів омелою та наявністю інших пошкоджень [164]. Подібні дослідження проведені в Ірані, в лісопарку р. Нур [208].

Н. Ю. Таран зі співавторами припускають [139], що за збільшення кута між гілкою та стовбуром (у діапазоні $0^\circ - 90^\circ$) зростає ризик ушкодження дерев омелою, але підтверджень або спростувань цієї гіпотези у вивченій літературі не знайдено.

Омела біла трапляється у деревних насадженнях різних типів, у парках, внутрішньоквартальному озелененні населених місць, насадженнях уздовж авто- та залізничних шляхів [64]. На думку деяких дослідників, спершу вона з'являється на домінантних і кодомінантних видах [196], яким віддають перевагу птахи-розповсюджувачі її насіння [175, 217, 261]. Поширенню омели сприяє використання в озелененні деревних рослин, які є придатними для її заселення. Встановлено, що в монокультурних насадженнях щільність популяції омели може досягати великих розмірів. Можна припустити, що щільність омели білої

в насадженнях пов'язана з видовим багатством деревостою, але підтверджень або спростувань цієї гіпотези у доступній літературі також не знайдено.

В ландшафті омели біла поширюється плямами. Певною мірою її розповсюдження узгоджується зі шляхами міграції перелітних птахів [262]. Нещодавні дослідження омели білої, проведені в Калінінграді (Російська Федерація), свідчать, що одним із факторів, з якими додатно корелює щільність омели білої у міському ландшафті, є вік деревних рослин у складі насаджень і відносна вологість повітря [242]. Деякі автори (напр.: [139]) припускають, що поширенню омели в ландшафті сприяє прорідження насаджень, але нам не відомо жодного дослідження, яке спрямоване на перевірку цієї гіпотези. Загалом фактори, які впливають на розповсюдження омели білої на рівні ландшафту, є недостатньо вивченими.

Висновки до розділу 1

1. Місто – неповна або гетеротрофна екосистема, що потребує постійних субсидій у вигляді речовини й енергії зовні. Автотрофний компонент урбоєкосистеми включає в себе дерева, кущі, трав'янисті газони. Міські ліси, галявини і парки мають величезну естетичну та рекреаційну цінність; вони пом'якшують коливання температури у місті, зменшують шумове та інші види забруднення, надають оселища птахам та іншим невеликим тваринам тощо, але потребують постійної підтримки з боку людини.
2. До стресорів у наземному і підземному середовищі для дерев у місті належать: обмежений простір для кореневої системи; збіднений склад і структура ґрунту; ущільнення ґрунту; погіршена водопроникність міських поверхонь; нестача прямого сонячного світла; обмежений простір для росту крон; порушення правил обрізування крон і догляду за деревами, що негативно впливає на структуру деревини; забруднення від транспортних засобів, інфраструктури та поверхневого стоку; теплове випромінювання від штучних поверхонь; підвищений

ризик від біотичних чинників (зокрема омели білої); пошкодження від пішоходів і транспортних засобів.

3. Омела біла – здебільшого поодинокий кулястий багаторічний вічнозелений чагарник із дихотомічним розгалуженням, що кріпиться до дерева-живителя стійкою ендofітною системою. Омела біла здійснює фотосинтез, що зумовлює її зелене забарвлення, але при цьому повністю залежить від водних і мінеральних ресурсів дерева, на якому оселяється.

4. Життєва форма омели білої за системою І. С. Серебрякова – чагарник, за системою К. Раункієра – вічнозелений фанерофіт. Первинним вектором розповсюдження виду є птахи.

5. Омела біла пристосована до помірного клімату, за винятком екстремальне континентальних регіонів. Доказів впливу на неї кількості опадів, хімічного складу ґрунту і повітря та рівня ґрунтових вод не виявлено, прямий вплив на рослину має лише тривалість вегетаційного періоду дерева-живителя.

6. Природний ареал розповсюдження омели білої в Європі простягається від 10° зх. д. до 80° сх. д. і від 60° пн. ш. до 35° пд. ш. В Україні він охоплює майже всю її територію та є дуже фрагментованим. Визначено його приуроченість до забудованих територій (міста, села, промислово розвинені ділянки), а також деревостанів між полями та вздовж міжміських доріг.

7. Омела біла тісно взаємодіє з деревом, на якому оселяється, та деякими видами птахів. Загальний перелік видів дерев-живителів омели об'єднує за даними різних авторів від 411 до 450 найменувань. Плодами рослини-напівпаразита живляться дрізд-омелюх і чикотень, а також омелюх. На омелі виявлено декілька видів комах, низку грибів та бактерій.

8. Для контролю поширення омели білої застосовують механічні, хімічні та біологічні методи. Найбільш розповсюдженим методом в умовах міста залишається механічне видалення уражених гілок або повне вилучення дерева за дуже сильного ураження.

9. Різні види омели здатні спричинювати зменшення приросту листя дерев-живителів (на 50 – 77 % залежно від ступеня ураження), зниження енергії росту (на 30 – 60 %), зниження довговічності (дерева з високим ступенем ураження крони гинуть впродовж 10 – 15 років), втрату врожайності (на 50 %) та декоративності. Опосередкований негативний вплив омели полягає у посиленні можливості вітроломів. Однак такі негативні наслідки не є універсальними і частково зумовлені різницею між таксонами омели.

10. Роль омели білої в біотичних угрупованнях штучного походження до цього часу є дискусійною. На думку більшості дослідників, вона завдає значної шкоди насадженням (спричиняє суховерхість дерев та зниження їх довговічності), проте деякі автори не вбачають у цій рослині небезпеку для деревних рослин і навіть висловлюють припущення про користь омели для старовікових дерев. Вплив омели білої на міські зелені насадження не оцінювали. Також мало вивченими залишаються особливості динаміки популяції цього виду та екологічні фактори, які сприяють його розповсюдженню у міських умовах.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика району дослідження

Об'єктами дослідження у 2006 – 2019 рр. були зелені насадження на території міста Харків (знаходиться в північно-східній частині України, в межах вододілу басейнів Дону і Дніпра, біля місця злиття річок Лопань, Уди і Харків, на висоті 90 – 192 м над рівнем моря [149] ($49^{\circ}58'$ пн. ш. і $36^{\circ}15'$ сх. д. [22])).

За ландшафтним районуванням район досліджень належить до Харківської схилово-височинної області Середньоруської лісостепової провінції Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни і розташований на південному заході Середньо-Руської височини. Рельєф Харкова і його околиць є горбистою рівниною, порізаною річковими долинами, балками і ярами з переважаючим ухилом поверхні на південь [49]. На території міста протікають чотири річки: Уди (протяжність 164 км, площа басейну 894 км^2), Лопань (93 км, 2000 км^2 відповідно), Харків (71 км, 1160 км^2), Немишля (12 км, 67 км^2), які належать до басейну р. Сіверський Донець (1053 км , $98\,800 \text{ км}^2$; найбільша притока Дону) [149]. Всі чотири річки тісно пов'язані між собою і є притоками одна одної. Клімат Харкова, як і усієї Харківської області, за класифікацією В. П. Кеппена помірний типовий, з тривалою, але не суворою зимою, з частими відлигами та з помірно теплим, іноді жарким літом. За даними спостережень на метеостанції № 34300 середньорічна температура повітря у місті за період із 01.02.2005 по 30.04.2021 рр. (тобто більш ніж за останні 16 років) становить $+9,3^{\circ}\text{C}$. Найхолодніший місяць – січень, найтепліший – липень. Середня температура січня становить $-5,0^{\circ}\text{C}$, липня – $+22,4^{\circ}\text{C}$. Середньорічна кількість опадів – 517 мм. Максимум опадів припадає на липень, мінімум – на лютий. Район досліджень належить до південного Лісостепу України, де переважають потужні українські

чорноземи та сірі опідзолені лісові ґрунти. За даними геоботанічного районування, Харків і його околиці належать до Лівобережного лісостепового геоботанічного округу з лучними степами та липово-дубовими лісами [49].

Природний ландшафт у місті замінений асфальтом і камінням. Згідно з офіційними статистичними даними площа зелених насаджень загального користування на території Харкова становить 1224,4 га плюс 2036,0 га лісопарку [150]. Рослинність у місті представлена (за класифікацією, що наведена в [15]) парками, кладовищами, ботанічними садами і дендропарками, зоологічними парками, скверами, бульварами й алеями, насадженнями санітарно-захисних зон, внутрішньоквартальними насадженнями.

В умовах урбанізованого середовища під впливом антропогенних факторів відбуваються кардинальні зміни рослинного покриву: природні (зональні) рослинні угруповання поступово замінюються на напівприродні та культурні, а в складі флори збільшується частка адвентивних видів [140]. Загалом насадження в місті розміщені доволі нерівномірно [15]. Найбільші площі зелених масивів розташовані вздовж західної та північної границь міста, проникаючи окремими «язиками» по балках глибоко в забудовані квартали. Загалом більша частина міста недостатньо забезпечена зеленими насадженнями малого типу [154]. Актуальна і точна інформація про поточний видовий склад і стан насаджень у м. Харків відсутня, їхню останню інвентаризацію проводили у 1993 р. [11]. Приблизно така сама ситуація характерна для інших великих міст України: Львова, Дніпра, Донецька, Одеси тощо [154], тому територію Харкова використано як модельну для досліджень.

2.2. Методи дисертаційного дослідження

Дисертаційне дослідження базується на системному підході до розглянутої проблеми, який інтегрує польові (спостереження, обліки та збір матеріалу) та лабораторні (камеральне опрацювання матеріалу) методи із методом моде-

лювання. В роботі розглянуто систему із трьох взаємодіючих складових компонентів – «дерево – омела – вектор». Дослідження проведене за існуючими методиками [7, 84, 129, 191, 239] з наступною статистичною обробкою даних.

Під час статистичного аналізу даних використано стандартні методики [36, 53, 61, 76, 124] та комп'ютерні програми *MS Access* (зберігання даних), *MS Excel* (зберігання та обробка даних, статистичний і графічний аналізи), *Statistica* (перевірка нормальності розподілу спостережень, кореляційний аналіз, аналіз головних компонент) [53, 61, 67, 141], під час створення тривимірної моделі куща омели білої – *AutoCAD* [27], визначення площ листових пластинок – *ImagJ* [74, 134]. Для просторового аналізу даних і побудови карт використано ГІС (*ArcGIS Desktop*) [12, 75]. Супутникові знімки земної поверхні отримано з використанням програмного забезпечення *SAS.Планета* (джерело – мережевий додаток *Google Maps*). Ілюстрації та схематичний матеріал розроблено із застосуванням набору векторних графічних редакторів для професійного дизайну у складі програмного комплексу *CorelDRAW*.

2.2.1. Методика оцінки чисельності омели та її вдосконалення

Кількісний облік кущів омели проведено за методикою, яка базується як на результатах власних попередніх досліджень, так і даних інших авторів: С. І. Кузнецов, Ф. М. Левон, Ю. А. Клименко, В. Ф. Пилипчук, М. І. Шумік [58], В. П. Шлапак, Н. І. Козак, Ю. Ф. Терещенко, В. А. Вітенко, Г. І. Музика [153], Ф. Г. Хоксуорт [197], Г. М. Філіп, Дж. С. Бітті, Р. Л. Матіасен [189], К. Біглер, О. Брекер, Г. Бюгман, М. Доббертен, А. Ріглінг [173], К. Барбу [166, 167, 168] та ін.

Із розроблених методик найбільшої уваги заслуговує 6-бальна шкала оцінювання ступеня ураження ялиці омелою карликовою, яку запропонував у 1977 р. американський дослідник Ф. Г. Хоксуорт [197], рис. 2.1 (для уніфікації відомостей про розповсюдження рослини рекомендована Лісовою Службою США (U.S. Forest Service) для широкого впровадження у практику [176]; доволі близька до підходу, який використали у 2013 р. В. П. Шлапак, Н. І. Козак,

Ю. Ф. Терещенко, В. А. Вітенко, Г. І. Музика [153] для широколистих видів), а також 5-бальна шкала оцінювання ступеня ураження дерев-живителів омелою білою, яку запропонували у 2000 р. С. І. Кузнецов, Ф. М. Левон, Ю. А. Клименко, В. Ф. Пилипчук, М. І. Шумік [58] (5 балів – неуражені дерева; 4 бали – мало уражені, на яких від 1 до 5 кущів; 3 бали – середньо уражені, від 6 до 15 кущів; 2 бали – сильно уражені, від 16 до 24 кущів; 1 бал – дуже сильно уражені, від 25 кущів і більше).



Рис. 2.1. Система класифікації дерев-живителів омели карликової за 6-бальною шкалою, яку запропонував Ф. Г. Хоксуорт у 1977 р. [197, 202] (зі змінами)

Усі кущі омели на окремому дереві з одним головним стовбуром або на дереві з декількома головними стовбурами, які за вживаними в лісівництві критеріями вважаються окремими деревами [78], або на кількох деревах, які утворюють групу (тобто щонайменше два дерева, відстань між якими є меншою за діаметр крони кожного із них), вважали «дискретною групою». Для відображення кількості кущів омели в кожній окремій дискретній групі застосовували шкалу чисельності: для кількості кущів від 1 до 5 індекс чисельності становив «1»; для 6 – 10 – «2»; 11 – 20 – «3»; 21 – 40 – «4»; 41 – 80 – «5», 81 – 160 – «6»,

161 – 320 – «7», 321 – 640 – «8» (враховуючи, що в межах м. Харків не виявлено дискретних груп, в яких було більш ніж 640 кущів омели, розроблену шкалу обмежили індексом чисельності «8»; автори: Ю. І. Вергелес та І. О. Рибалка).

У літературі з біометрії (напр.: [84]) зазначено, що відображення чисельності популяції у логарифмах є найбільш адекватною характеристикою для аналізу динаміки популяцій. Під час географічного аналізу змін чисельності логарифмічний масштаб має переваги (зручність застосування за великих змін чисельності, чіткіше виявлення закономірностей відносної зміни чисельності, більш згладжений вигляд графіків у порівнянні з лінійними), тому представлена шкала побудована на напівлогарифмічній основі.

Під час розробки шкали бальної оцінки чисельності омели брали до уваги існуючі шкали вітчизняних і закордонних дослідників, але під час проведення обліків цього виду в умовах Харкова вони виявилися нерепрезентативними, оскільки за цими методиками всі уражені омелою дерева мали бути віднесені до одного класу. Тож градації індексів чисельності омели для нашого дослідження були підібрані індивідуально на основі виявлення емпіричних закономірностей за результатами суцільного обліку усіх кущів омели білої на кожному окремому дереві ($n = 1096$), рис. 2.2 під час попередніх (2005 – 2006 рр.) досліджень розповсюдження цього виду в північно-західній частині міста (район Павлового Поля). Розроблена шкала продемонструвала свою адекватність під час використання іншими дослідниками (напр.: [64]).

Оцінка вікової структури популяції омели. Для відображення приблизного співвідношення кущів омели за віком у кожній окремій дискретній групі використовували популяційно-демографічний коефіцієнт $K[j-g-s]$ (автори: Ю. І. Вергелес та І. О. Рибалка), який показує співвідношення ювенільних (j), генеративних (g) і сенільних (s) рослин (табл. 2.1). Записували його, використовуючи символи: 0 (рослини відповідної вікової групи відсутні), 1, 2, і 3 залежно від частки кущів відповідного віку в дискретній групі (табл. 2.1 – 2.2).

Таблиця 2.1

Класифікація омели за віком

Вікова група	j – ювенільні рослини (омела «молода»)	$g_1 + g_2$ – рослини 1-го та 2-го генеративного віку (омела «зріла»)	s – сенільні рослини (омела «стара»)
Віковий інтервал	1 – 5 років	6 – 20 років (п. 3.1)	21 – 45 років (п. 3.1)
Вигляд рослини на гілці дерева-живителя			
Джерело зображення	[201]	[138]	[79]
Діаметр куща омели	до 20 см (п. 3.1)	20 – 55 см (п. 3.1)	від 55 см (п. 3.1)
Характерні риси	Віялоподібна форма; відсутність плодів (п. 3.1)	Кулеподібна форма; невисока щільність пагонів і листя; наявність білих ягід (п. 3.1)	Кулеподібна форма; висока щільність пагонів і листя; наявність білих ягід (п. 3.1)

Таблиця 2.2

Характеристика вікової структури популяції омели

Співвідношення вікових груп	Популяційно-демографічний коефіцієнт $K[j-g-s]$	Тип популяції за динамікою
$j = g = 0; s \neq 0$	K001	одновікова зі старими рослинами
$j = s = 0; g \neq 0$	K010	одновікова зі середньовіковими рослинами
$j = 0; g = s \neq 0$	K011	згасаюча із двома віковими групами
$j = 0; g < s$	K012	згасаюча із двома віковими групами
$j = 0; g > s$	K021	стабільна із двома віковими групами
$j \neq 0; g = s = 0$	K100	одновікова з молодими рослинами
$g = 0; j = s \neq 0$	K101	що стабілізується з розривом поколінь
$j < s; g = 0$	K102	згасаюча з розривом поколінь
$j = g; s = 0$	K110	що стабілізується з двома віковими групами
$j = g = s \neq 0$	K111	що стабілізується
$j = g < s$	K112	згасаюча
$j < g; s = 0$	K120	що стабілізується з двома віковими групами
$j = s < g$	K121	стабільна
$j < g = s$	K122	згасаюча
$j < g < s$	K123	згасаюча
$j < s < g$	K132	стабільна

Продовж. табл. 2.2

Співвідношення вікових груп	Популяційно-демографічний коефіцієнт $K[j-g-s]$	Тип популяції за динамікою
$j > s; g = 0$	K201	зростаюча з розривом поколінь
$j > g; s = 0$	K210	зростаюча з двома віковими групами
$j > g = s$	K211	зростаюча
$j = s > g$	K212	що стабілізується
$g < j < s$	K213	що стабілізується
$j = g > s$	K221	що стабілізується
$g > j > s$	K231	стабільна
$j > s > g$	K312	що стабілізується
$j > g > s$	K321	зростаюча

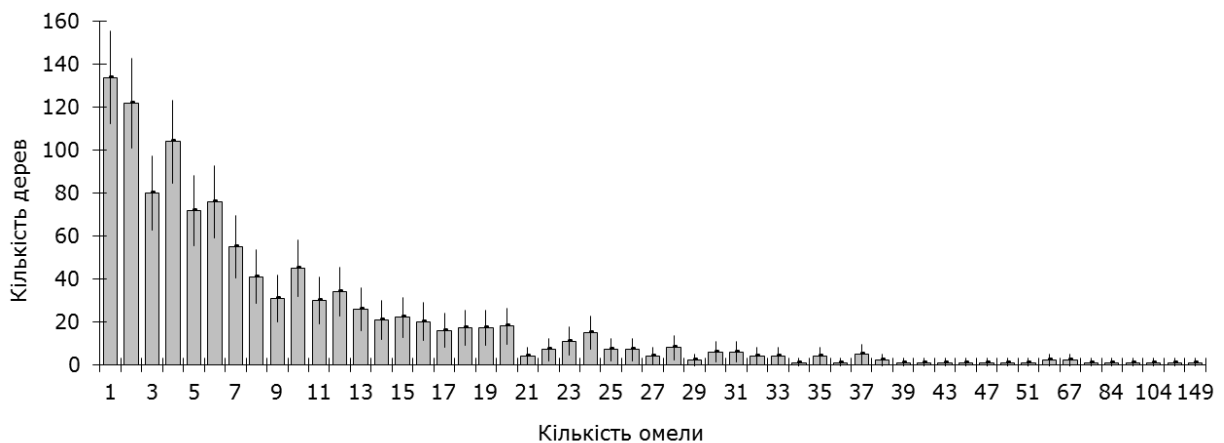


Рис. 2.2. Розподіл чисельності дерев-живителів відповідно до кількості виявлених на них кущів омели білої на пробних ділянках у північно-західній частині міста

Усі дискретні групи омели на ділянці відображали на карті місцевості (масштаб 1:10 000), рис. 2.3. Картування проводили у період зимового спокою дерев.

2.2.2. Методика дослідження екологічної ніші виду

В роботі розглянуто три аспекти ніші – місце, живитель і час [86]. Для опису реалізованої в умовах Харкова екологічної ніші омели білої за виміром «місце» використовували фітоіндикаційні шкали Д. М. Циганова та Г. Елленберга, які містять дані щодо меж толерантності виду до певного еколо-

гічного фактора, обмеженого мінімальним і максимальним значеннями показника (фундаментальна ніша). У дослідженні припускали, що крива відклику на дію екологічного фактора одновершинна. Мінімальні та максимальні показники розглядали як симетричні відносно оптимуму. Екологічний оптимум дорівнює середній арифметичній із мінімуму та максимуму [35].



Рис. 2.3. Фрагмент карти місцевості з даними натурних спостережень за омелою білою у центральній частині м. Харків

Для опису реалізованої в умовах Харкова екологічної ніші омели білої за виміром «живитель» використовували літературні дані та результати власних польових досліджень, за виміром «час» – літературні дані та дані власних фенологічних спостережень.

Залежно від переваги тваринним організмом того чи іншого сорту їжі виділяють: (1) їжу улюблену, (2) замісну, (3) випадкову [144]. Однак залежно від фактичної наявності в навколишньому середовищі їжі того чи іншого сорту в раціоні тварини може переважати не улюблена, а замісна або випадкова їжа [144]. Омела біла також віддає перевагу певним видам дерев-живителів у складі міських зелених насаджень. Пов'язати її відносну щільність на дереві та частку дерев певного виду у структурі насаджень дає змогу показник відносної біотопічної приуроченості.

Ділянки ($n = 15$), на яких проводили дослідження (вересень 2006 р. – квітень 2010 р., листопад – грудень 2016 р., а також січень 2017 р.), знаходяться у північній, північно-східній, центральній, північно-західній та південно-східній частинах м. Харків (рис. 2.4). Вони є квадратами площею 40 га, які вибрані випадково на карті в межах міського селитебного ландшафту.

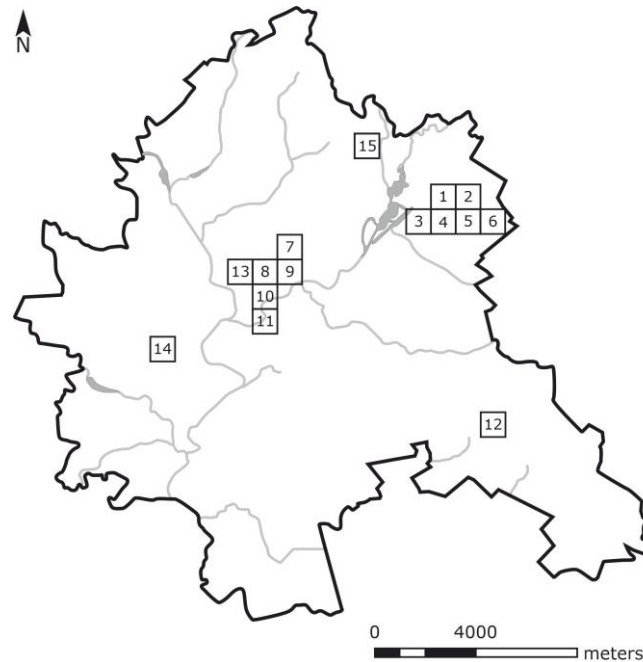


Рис. 2.4. Розміщення досліджуваних ділянок на території Харкова

У польових дослідженнях визначали видовий склад деревостану, переважаючий вік деревних рослин у складі насаджень, середню відстань між деревами, а також кількість кущів омели білої на деревах-живителях.

Зважаючи на те, що найбільшу рівномірність покриття території забезпечують схеми, запропоновані О. О. Любищевим [84], під час збору натурних даних щодо видового складу насаджень використовували одну з його схем (рис. 2.5).

Під час збору даних про склад міських зелених насаджень фіксували всі види дерев, які траплялися на маршруті у смузі 100 м завширшки. Видові назви

деревних рослин наведені згідно з [80]. Переважаючий вік дерев у складі насаджень і середню відстань між деревами визначали візуально.

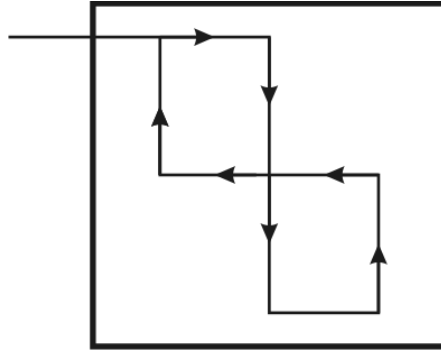


Рис. 2.5. Схема маршруту обстеження у квадраті:
стрілками показано напрямок руху дослідника [84]

Кількість кущів омели білої на деревах-живителях визначали з використанням розробленої 8-бальної шкали, яку запропонували Ю. І. Вергелес та І. О. Рибалка [109]. За результатами натурних спостережень за омелою обраховували загальну кількість кущів омели із застосуванням індексу чисельності за формулою середнього геометричного, види та кількість уражених нею дерев на кожній досліджуваній ділянці, а також кількість кущів омели на кожному виді дерев-живителів.

Загальну кількість дерев на ділянці розраховували на підставі вибірових досліджень на маршрутах через середню відстань між деревами. Кількість дерев кожного виду в межах досліджуваної ділянки визначали як добуток загальної кількості дерев і частки виду у складі насаджень, яку обраховували також на підставі даних вибірових досліджень на маршрутах.

Ступінь відносної біотопічної приуроченості (F_{ij}) омели білої до окремих видів дерев розраховували за формулою:

$$F_{ij} = \frac{n_{ij}N - n_iN_j}{n_{ij}N + n_iN_j - 2n_{ij}N_j}, \quad (2.1)$$

де n_{ij} – кількість омели білої на j -му виді дерев-живителів; N_j – кількість дерев j -го виду, на яких виявлено омелу; n_i – часка i -го виду дерев у складі насаджень; N – загальна кількість дерев у насадженнях.

Значення показника в інтервалі $-1 < F_{ij} < 0$ інтерпретуються як від'ємна приуроченість i -го виду до j -го місцезростання, в інтервалі $0 < F_{ij} < 1$ – як додатна приуроченість i -го виду до j -го місцезростання; при $F_{ij} = 0$ вид «байдужий» до нього (не відхиляє, але й не віддає переваги), при $F_{ij} = +1$ i -й вид живе лише в j -му місцезростанні, при $F_{ij} = -1$ – його повністю уникає [84].

2.2.3. Комплекс методик для досліджень механізмів взаємодії між омелою білою та її деревами-живителями

Для цілісного погляду на ураження дерев-живителів омелою використано рівневий підхід: усього організму деревної рослини та окремих її частин (стовбур, гілки, листя).

2.2.3.1. Рівень всього організму деревної рослини. Ділянки, на яких проводили дослідження (травень 2019 р.), знаходяться на вододілах у центральній і північно-західній частинах м. Харків, табл. 2.3 (загальна довжина маршрутів становила 6,54 км; маршрути на карті міста відображені на рис. Б.1 – Б.4). Під час збору даних фіксували всі види деревних рослин, які траплялися на маршруті у смузі 50 м завширшки. У польових дослідженнях для кожного дерева ($n = 956$) визначали: номер маршруту, номер ділянки, тип насаджень, ґрунтові умови, вид, клас віку, індекс санітарного стану, індекс чисельності омели (за наявності рослини-напівпаразита на дереві).

Таблиця 2.3

Загальні відомості про закладені маршрути

Маршрут, №	Ділянка, №	Опис	Довжина, км	Дата обстеження
M1	M1-1	Від вул. Маршала Бажанова до вул. Дарвіна	1,57	13.05.2019
M1	M1-2	Від вул. Дарвіна до вул. Мистецтв		13.05.2019
M1	M1-3	Вул. Мистецтв		13.05.2019
M1	M1-4	Пров. Політехнічний		13.05.2019
M1	M1-5	Вул. Максиміліанівська		13.05.2019
M2	M2-1	Від в'їзду Пушкінський до вул. Ярослава Мудрого	1,66	14.05.2019

Продовж. табл. 2.3

Маршрут, №	Ділянка, №	Опис	Довжина, км	Дата обстеження
M2	M2-2	Вул. Ярослава Мудрого	1,66	14.05.2019
M2	M2-3	Вул. Алчевських		14.05.2019
M2	M2-4	Студмістечко «Гігант»		14.05.2019
M2	M2-5	Парк «Молодіжний» на місці Старого цвинтаря		14.05.2019
M2	M2-6	Від вул. Алчевських до вул. Мироносицька		14.05.2019
M3	M3-1	Від вул. Тобольська до вул. Отакара Яроша	1,91	14.05.2019
M3	M3-2	Від вул. Отакара Яроша до вул. Новгородська		14.05.2019
M3	M3-3	Від вул. Новгородська до вул. Космічна		14.05.2019
M3	M3-4	Від вул. Космічна до вул. Бакуліна		14.05.2019
M4	M4-1	Вул. Академіка Ляпунова	1,40	30.05.2019
M4	M4-2	Вул. Коломенська		30.05.2019
M4	M4-3	Вул. Бакуліна – вул. Авіаційна – пров. Фанінський		30.05.2019
M4	M4-4	Вул. Кримська		30.05.2019

Типи насаджень визначали за класифікацією, що наведена в [15]: паркові, вуличні, внутрішньоквартальні тощо. Враховуючи специфічні особливості ґрунтового живлення насаджень в умовах міста, що пов'язані з наявністю асфальтового покриття в зоні тротуару, товщина якого разом з основою (інженерною підготовкою ґрунту) може сягати 0,5 м і більше, великою кількістю штучних ґрунтів, дуже неоднорідних за складом і властивостями тощо [63], для кожного досліджуваного дерева також визначали індекс ґрунтових умов, в яких воно зростало, табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Індекси ґрунтових умов [17]

Значення індексу	Характеристика
1	Умови близькі до природних
2	Слабо змінені ґрунти: зберігається близька до природної структура, але ґрунт може бути насипний, хоча і без чужорідних домішок
3	Середньо змінені ґрунти, насипні або перемішані з чужорідними включеннями (наприклад, із будівельним сміттям)
4	Сильно змінені ґрунти: повністю порушена природна структура, насипні або перемішані ґрунти зі значним включенням чужорідних елементів (наприклад, будівельного сміття)

Продовж. табл. 2.4

Значення індексу	Характеристика
5	Сильно змінений ґрунт, закритий штучними покриттями – асфальтом, бетоном, металевими ґратами тощо

Видові назви дерев наведені згідно з [80]. Для відображення приблизного віку деревних рослин використовували класи, наведені в табл. 2.5. Індeksi санітарного або санітарно-гігієнічного стану досліджуваних дерев встановлювали за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова [17], табл. 2.6, індeksi чисельності омели – за 8-бальною шкалою Ю. І. Вергелеса та І. О. Рибалки [109].

Таблиця 2.5

Класи віку дерев у насадженнях [78]

Клас віку	Віковий інтервал	Назва класу
1	Від 1 до 20 років	Молоде
2	Від 21 до 40 років	Жердняк
3	Від 41 до 60 років	Середньовікове
4	Від 61 до 80 років	Приспіваюче
5	Від 81 до 100 років	Спіле
6	Більш ніж 100 років	Перестійне

Таблиця 2.6

Індeksi санітарно-гігієнічного стану дерев за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова [17]

Значення індексу	Характеристика
1	Дерево здорове, видимі пошкодження відсутні або в незначній мірі пошкоджені другорядні гілки крони
2	Дерево ослаблене: пошкоджено 1 – 2 головні гілки, але не більше 15 % крони
3	Дерево суховерхівкове: видимі пошкодження (всихання) до 1/3 крони, всихання верхівки
4	Дерево сухокронне: видимі пошкодження (всихання) від 1/3 до 2/3 крони, плодові тіла грибів на стовбурі
5	Дерево всихає: всихання більше 2/3 крони, плодові тіла грибів на стовбурі, льотні отвори комах-ксилофагів
6	Свіжий сухостій: дерево всохло в поточному сезоні
7	Старий сухостій: дерево усохло в минулі роки

2.2.3.2. Рівень окремих частин деревної рослини. Для дослідження механізмів взаємодії між омелою та деревом-живителем на рівні окремих частин його організму ми оцінювали вплив рослини-напівпаразита на радіальний приріст

деревини (ZR), діаметр (d) і міцність (P) гілок, а також масу листя (m) і площу листової пластинки (S), рис. 2.6.

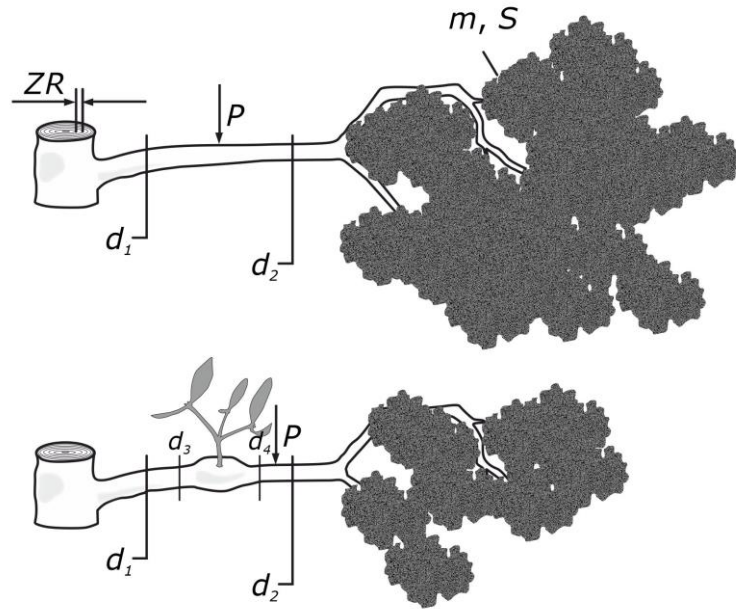


Рис. 2.6. Схема дослідження впливу омели білої на стовбур, гілки і листя уражених деревних рослин

Радіальний приріст деревини. Модельним видом для дослідження обрано клен сріблястий. Цей вид дерев має порівняно м'яку деревину, сік містить багато цукру, а кора з віком покривається довгими вузькими тріщинуватими лусочками, що легко затримують насіння омели [161]. Наші дослідження показали (п. 3.2.2), що це один із видів у складі міських зелених насаджень, з якими омела біла встановлює найтісніші взаємозв'язки.

Ділянки, на яких проводили дослідження (травень – червень 2011 р., вересень 2012 р.), знаходяться на території Центрального парку культури та відпочинку імені М. Горького, на вододілах у північно-східній частині м. Харків. Модельні дерева (рис. 2.7) відібрано у середньовікових насадженнях із різним рівнем ураження омелою (загальна кількість дерев-живителів омели 14; інших пошкоджень, крім омели, на деревах не було виявлено). У польових дослідженнях для кожного модельного дерева визначали: координати, діаметр стовбура

на рівні погруддя, висоту, індекс чисельності омели (за наявності омели на дереві), діаметр крони (у двох взаємно перпендикулярних напрямках), показники стану крони (положення крони в наметі, клас крони, клас експозиції крони, відносну протяжність крони, показник периферійного відмирання, щільність крони, прозорість листя, ступінь дефоліації), якісний стан (індекс санітарного стану за шкалою О. Д. Маслова та категорію стану деревної рослини згідно із «Санітарними правилами у лісах України» [130]), а також характеристики ґрунтових умов, у яких воно росло (індекс ґрунтових умов і ступінь ущільнення ґрунту). Зі стовбура кожного модельного дерева відбирали по одному керну для камерального аналізу.



Рис. 2.7. Розташування досліджуваних ділянок на території Центрального парку культури та відпочинку імені М. Горького

Координати дерев визначали за допомогою GPS-навігатора «Garmin III+». Діаметр дерев вимірювали на рівні погруддя з найвищого положення біля дерева (якщо у стовбура на цій висоті виявляли будь-які нерівності, опуклості, заглиблення чи гілки, діаметр вимірювали за встановленими у лісівництві правилами [10]). Висоту дерев визначали за допомогою висотоміра ІУ-2 (Україна). Діаметр крони (у двох взаємно перпендикулярних напрямках) вимірювали у метрах за допомогою рулетки. Показники стану крони визначали за методиками моніторингу II рівня за програмою FHM (Forest Health Monitoring) [191] і

моніторингу I рівня за європейською програмою ICP-Forests (The International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) [220], табл. В.1 – В.5, рис. В.1 – В.2 (у ньому ж наведені категорії стану деревних рослин згідно із «Санітарними правилами у лісах України»). Індeksi санітарного стану для кожного модельного дерева встановлювали за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова [17], див. табл. 2.6. Характеристики ґрунтових умов визначали з використанням табл. 2.4, а також табл. В.6 відповідно.

Відбір зразків та обробку матеріалу проводили за загальноприйнятими в дендрохронології методиками [7, 239]. Керни ($n = 20$) відібрано на рівні грудей буравом Преслера. Радіальний приріст деревини вимірювали на цифровому приладі HENSON. Два керни, які були уражені і не підлягали перехресному датуванню, було вилучено. Дослідження здійснювали з використанням обладнання лабораторії екології лісу Українського ордена «Знак Пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького.

Першим кроком підготовки зразків до вимірювання деревних кілець було повітряне висушування, потім гострим лезом впоперек волокон було зрізано тонкий шар деревини з кожного керна. З метою покращення візуальної чіткості меж між деревними кільцями було застосовано змочування водою зразків і втирання крейди в деревину.

Після обчислення деревно-кільцевих хронологій було проведено перехресне датування за графічним методом із метою встановлення точної дати формування кожного деревного кільця [7, 245]. Деревно-кільцеві хронології було згруповано за ступенем ураження омелою з використанням 8-бальної шкали [109]. Крім того, з метою обчислення індексів радіального приросту було використано трирічну ковзну, щоб вилучити віковий тренд, а також мінімізувати вплив розміру та віку дерева на величини деревних кілець.

Для аналізу впливу клімату на формування деревних кілець використано дані метеостанції м. Зміїв, яка знаходиться на відстані близько 40 км від центру

Харкова, що дало змогу уникнути можливого впливу локальних змін клімату, притаманних великому місту.

Гілки і листя дерев. Як модельний вид для вивчення впливу омели білої на діаметр і міцність гілок, а також приріст листя дерев-живителів було обрано тополлю канадську, яка відіграє важливу роль в озелененні населених пунктів України, оскільки невимоглива до ґрунту та рівня зволоження, стійка до надмірної загазованості й запиленості, збудників хвороб, шкідливих комах і морозів, але на сьогодні потерпає від впливу омели, про що свідчать дані таких авторів: О. М. Гнатюк, Е. М. Кавун [25, 26], Н. В. Пузріна [95], В. В. Іванців, О. Я. Іванців [46] тощо. Наші дослідження показали (п. 3.2.2), що тополі з непірамідальною формою крони – найбільш привабливий для омели білої різновид.

Дослідження проведено в липні 2017 р. під час аварійних рубок дерев-живителів омели працівниками Спеціалізованого комунального підприємства «Харківзеленбуд» Харківської міської ради. Ділянка, на якій проводили дослідження, знаходиться в південно-східній частині міста Харків, у районі Харківський тракторний завод. Модельні дерева ($n = 3$) відбирали у середньовікових насадженнях, які росли в придорожній смузі. Вони займали перший ярус у наметі, мали приблизно однакову висоту (до 25 – 27 м) та доволі подібні характеристики стану крони.

Ступінь ураження кожного окремого дерева-живителя омелою білою оцінювали з використанням індексу чисельності, п. 2.2.1. Клас санітарного стану досліджуваних дерев визначали за 7-бальною шкалою [17].

Для визначення впливу омели білої на діаметр гілок і міцність деревини з кожного модельного дерева з периферійної частини крони зрізали випадково по 6 – 7 пар гілок – інфікованих омелою і здорових (контроль). Інфіковані гілки зрізали так, щоб омела знаходилася по центру гілки (загальна кількість таких гілок – 14) або на одному з кінців на відстані мінімум 10 см від краю (загальна кількість таких гілок – 6).

Для визначення біомаси кожної досліджуваної гілки, а також відібраних кущів омели використовували портативні електронні ваги. Вік омели визначали візуально з урахуванням біологічних особливостей виду (перша пара листя на омелі формується впродовж 2 – 3-го років розвитку [262]), а також за дихотомією, яка з'являється щороку, п. 1.3.

Для кожної досліджуваної гілки за допомогою штангенциркуля вимірювали 2 – 4 діаметри, див. рис. 2.6. Для інфікованих гілок діаметри d_3 і d_4 вимірювали на відстані 10 см від куща омели.

Для визначення меж міцності P здорових та інфікованих гілок при статичному вигині (при природній вологості зразків, $\text{кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$; відстань між спеціальними металевими опорами становила 300 мм, а висота – 65 мм) використано ручний лабораторний гідравлічний прес, рис. 2.8. Дослідження здійснювали з використанням обладнання лабораторії будівельних матеріалів кафедри технології будівельного виробництва і будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.



Рис. 2.8. Установка для визначення міцності гілок

Вплив омели на фотосинтезувальні тканини оцінювали шляхом вимірювання зеленої біомаси та площі листя. Для цього з кожного модельного дерева

із периферійної частини крони зрізали по 3 – 4 пари гілок, заселених омелою та здорових (контроль). Із кожної досліджуваної гілки (загалом відібрано 10 пар гілок) із річного пагона відбирали випадково по 25 листків. Для визначення зеленої біомаси відібраного матеріалу використовували портативні електронні лабораторні ваги. Далі листя було проскановане сканером Samsung SCX-4220 із роздільною здатністю 600 dpi. Для визначення площі листкових пластинок ($n = 500$) застосовано програмне забезпечення *ImagJ* [74, 134], рис. 2.9. Результати такого вимірювання досить точні у порівнянні з традиційними методами, оскільки площа листя оцінювалася з урахуванням нерівностей краю листкової пластинки [129].

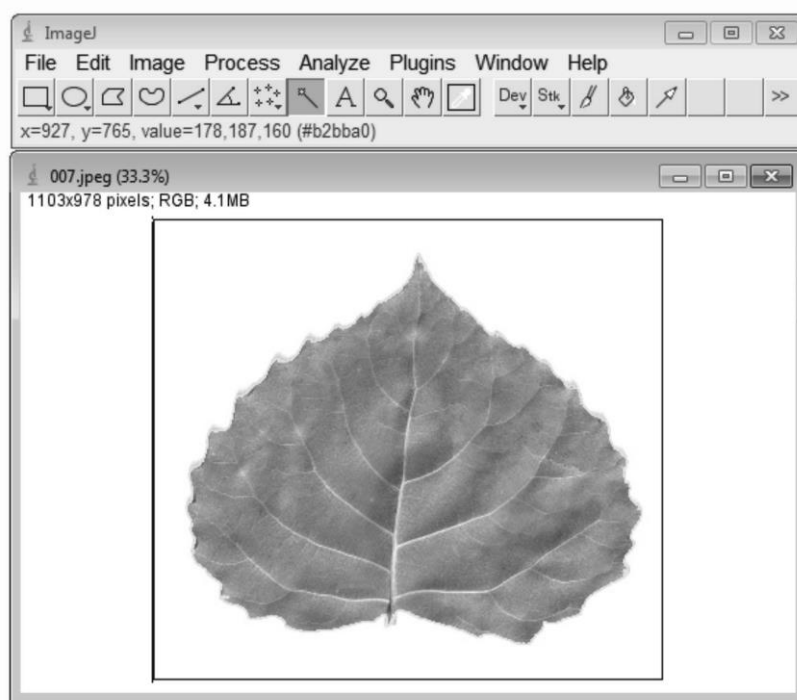


Рис. 2.9. Приклад визначення площі листкової пластинки методом сканування із застосуванням програмного забезпечення *ImagJ*

2.2.4. Методика дослідження поширення омели у міському ландшафті

Ділянки, на яких проводили дослідження (грудень 2006 р. – квітень 2010 р.), знаходяться у північній, північно-західній, північно-східній, централь-

ній, північно-західній та південно-східній частинах Харкова (загальна площа дослідженої території становить 4700 га або 15 % від загальної площі міста), рис. 2.10.

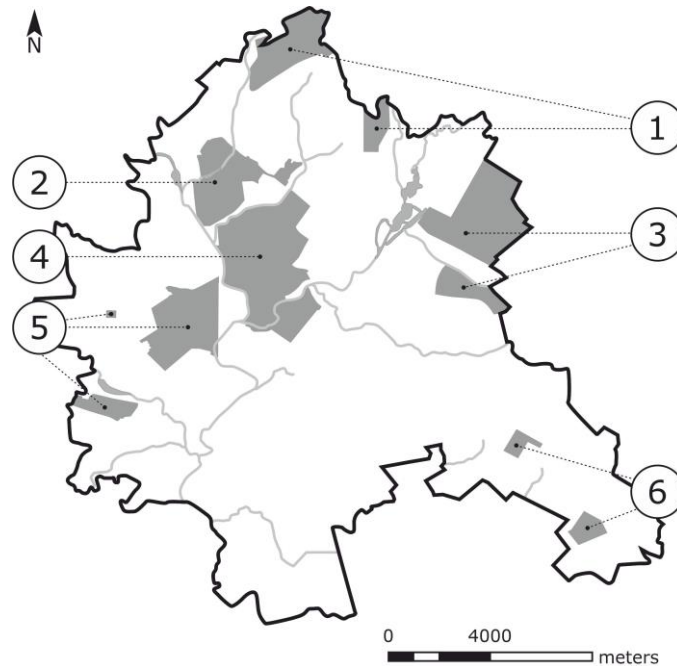


Рис. 2.10. Картосхема натурних спостережень за омелою на території м. Харків (за період 2006 – 2010 рр.)

У роботі застосовано сітковий метод картування ареалів. Ділянки є квадратами площею 1 км², які вибирали на карті із прив'язкою до ліній мережі UTM (Універсальна трансверсальна проєкція Меркатора). Для побудови карти використано супутникові знімки земної поверхні, які були просторово прив'язані в геоінформаційній системі *ArcGIS Desktop*. Для відображення на карті популяційно-демографічних характеристик популяції омели білої використано програмний комплекс *CorelDRAW*.

Польові спостереження за омелою проведено за методикою, що представлена в п. 2.2.1. Під час розробки карти розповсюдження омели білої в забудованих ландшафтах Харкова для кожного квадрату на основі зібраних даних розраховували середнє значення індексу чисельності за формулою середнього гео-

метричного та встановлювали найбільш часто повторюване значення популяційно-демографічного коефіцієнта.

2.2.5. Методика дослідження структури популяції омели

Досліджено вікову, статеву і просторову структуру популяції омели білої. Вікову диференціацію особин *V. album* оцінювали за методикою, яку запропонували Ю. І. Вергелес та І. О. Рибалка (п. 2.2.1). Вікову структуру популяції визначали на основі одноразових спостережень за омелою білою у різних частинах міста Харків (див. рис. 2.10) на основі співвідношень чисельності особин різних вікових груп: пререпродуктивної, репродуктивної та пострепродуктивної. Статеву структуру визначали на основі вивчення відповідних літературних джерел [262]. Для визначення типу просторового розподілу особин у популяції використовували індекс Одума (I_o), який визначали як співвідношення дисперсії та середньої арифметичної щільності омели на ділянці площею 1 га.

Кількість кущів омели в кожній окремій дискретній групі на ділянці площею 1 га розраховували з використанням індексу чисельності за формулою середнього геометричного. Якщо значення показника $I_o < 1$, вважали, що особини розподілені у популяції рівномірно, якщо $I_o > 1$ – групами і, нарешті, якщо $I_o = 1$, особини розподілені випадковим чином [54].

2.2.6. Методика моделювання популяційної динаміки

Основним завданням вивчення динаміки популяції певного виду є дослідження зміни в часі розміру популяції, що займає певний ареал існування, розподілу особин за віком і статтю з урахуванням внутрішньовидових і міжвидових взаємодій, а також доступних ресурсів для розвитку. Корисним інструментом для такого роду досліджень є математичні моделі різних типів, зокрема матриці, які в сукупності з даними натурних спостережень дають змогу виявити характерні властивості еволюції популяцій. З урахуванням біологічних особливостей омели білої (обмежений період розмноження, поширення через посередників – птахів, ріст на гілках дерев, що дає їй змогу уникати багатьох видів тварин, які можуть нею живитися, п. 1.3) для імітаційного моделювання дина-

міки популяції омели доцільно застосувати підхід, використаний М. Уільямсом [94, 141].

2.2.7. Методика дослідження механізмів взаємодії «омела – вектор»

Враховуючи, що багаторічні спостереження за рослиною-напівпаразитом на території Харкова не проводили, нами було здійснено спробу оцінити вплив птахів-розповсюджувачів насіння омели на ріст її колонізаційних плям опосередковано, через радіальний приріст дерев-живителів.

Ділянки, на яких проводили дослідження, знаходяться на території Центрального парку культури та відпочинку імені М. Горького. Методика оцінювання впливу омели білої на радіальний приріст деревини наведена в п. 2.2.3.2. Модельним видом птахів для нашого дослідження обрано омелюха. Омелюхи не уникають людських поселень: зустрічаються у парках, садах, вуличних насадженнях міст. В антропогенних ландшафтах м. Харків вони є основним агентом розповсюдження омели білої [16].

Польові спостереження за омелюхом проведено за методикою, яку представлено в [16]. Вона передбачала визначення інтегрального показника чисельності омелюха (N_R) у період спостережень, який встановлювали на основі комбінації трьох індексів: індексу рясності (N_A), індексу поширення особин виду на досліджуваній території (N_D) і індексу постійності (характеризує частоту, з якою особини виду зустрічались за період спостережень, N_F) [16].

2.2.8. Комплекс методик для досліджень екологічних факторів розповсюдження виду

Для цілісного погляду на екологічні фактори, які сприяють поширенню омели білої, використано багаторівневий підхід: особин дерев-живителів, біоценозу та ландшафту. Розмежування між рівнем біоценозу і рівнем ландшафту полягає в тому, що на рівні біоценозу основна увага зосереджена на функціональному аналізі, а на рівні ландшафту – на просторовому [156]. Методика проведення польових досліджень на рівні особин дерев-живителів наведена в п. 2.2.3.2, на рівнях біоценозу та ландшафту – в п. 2.2.2.

Рівень біоценозу. На сьогодні запропоновано понад 40 індексів, що призначені для оцінювання біорізноманіття [84], які можна розподілити на дві категорії: інформаційно-статистичні і міри домінування. В цьому дослідженні видове різноманіття зелених насаджень для кожного досліджуваного квадрата розраховували за індексами Шеннона (H') та Бергера-Паркера (I_{BP}). Індекс Шеннона є найбільш популярним серед інформаційно-статистичних індексів, а індекс Бергера-Паркера – найпростішою і, як показали численні дослідження, найнадійнішою мірою домінування [2, 4, 81, 155].

Індекс Шеннона визначали за формулою:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i, \quad (2.2)$$

де величина p_i – частка особин певного виду в угрупованні.

У вибірці істинне значення p_i невідоме, але оцінюється як n_i/N (N – загальна кількість особин усіх видів). Індекс Шеннона відображає складність структури угруповання і варіює в межах від 0,0 до 5,0 (зазвичай від 1,5 до 3,5 та дуже рідко перевищує 4,5) [81, 159].

Індекс Бергера-Паркера розраховували за формулою:

$$I_{BP} = \frac{N_{\max}}{N}, \quad (2.3)$$

де $N_{\max}$ – кількість особин найчисельнішого виду [159].

Збільшення величини індексу Бергера-Паркера означає зменшення різноманіття і збільшення ступеня домінування одного виду [40, 159].

Рівень ландшафту. За результатами натурних спостережень розраховували показники щільності кущів омели білої на ділянці (кущ./км²) та щільності її дискретних груп (1/км²).

Для аналізу ландшафтних характеристик у межах 15 досліджуваних ділянок використано супутникові знімки земної поверхні (джерело – мережевий додаток *Google Maps*, програмне забезпечення – *SAS.Планета*), які були просторово прив’язані в геоінформаційній системі *ArcGIS Desktop*.

Для кожного досліджуваного квадрата створювали цифрову модель ландшафту у вигляді набору растрових і векторних шарів із певним набором просторових об’єктів (будівлі, зелені насадження – однорідні колекції географічних об’єктів у вигляді полігонів; вулично-дорожня мережа – у вигляді ліній, рис. 2.11) і визначали такі параметри: частка площі забудови та зелених насаджень, щільність вулично-дорожньої мережі, кількість окремих фрагментів насаджень, плямистість насаджень (розраховували як відношення сумарного периметра насаджень до площі квадрату) тощо.



Рис. 2.11. Ландшафтно-екологічні характеристики досліджуваних ділянок у різних частинах Харкова: а – квадрат № 5 у мікрорайоні Салтівки; б – квадрат № 9 у центральній частині міста; в – квадрат № 15 у мікрорайоні Олексіївки

2.2.9. Методи опрацювання даних

Загальна схема аналізу варіаційних рядів, застосована в дисертаційній роботі, наведена на рис. 2.12 [76] (передбачає п’ять основних етапів). Статистичні

прийоми аналізу, за допомогою яких вирішували задачі, сформовані на окремих етапах аналізу, представлені в табл. 2.7 [76].

Таблиця 2.7

Статистичні методи, використані на окремих етапах аналізу [76] (зі змінами)

Етап аналізу	Задача, яку вирішували	Статистичні прийоми аналізу
1 (підготовчий)	2. Перевірка на невинновковість 1. Визначення параметрів вихідної послідовності	1. За середньою арифметичною 2. Оцінка параметрів
2 (оцінка нормальності розподілу)	Перевірка нормальності розподілу спостережень у варіаційному ряді	Критерій Колмогорова-Смірнова або Шапіро-Уїлка, відношення розмаху мінливості до середнього квадратичного відхилення, критерій асиметрії та ексцесу
3 (порівняння рядів)	1. Порівняння варіаційних рядів і виявлення зв'язку між ними у випадку, якщо їхні розподіли не відповідають нормальному 2. Порівняння варіаційних рядів і виявлення зв'язку між ними у випадку, якщо їхні розподіли відповідають нормальному	1. Непараметричний метод аналізу (коефіцієнт кореляції Ч. Е. Спірмена) 2. Параметричні методи аналізу (критерій Стюдента, критерій Фішера, коефіцієнт кореляції К. Пірсона)
4 (створення моделі ряду)	Перевірка адекватності вибраної моделі (аналітичного рівняння)	Коефіцієнт детермінації, критерій Фішера, аналіз середньої і дисперсії залишків, критерій Дарбіна-Уотсона
5 (прогнозування)	Побудова прогнозу за трендом	Методами прямолинійної або криволінійної регресії, експоненціального, логарифмічного, поліноміального і степеневого згладжування лінії тренду

Перевірка на невинновковість зібраних даних передбачала розрахунок середньої арифметичної варіаційного ряду, а також оцінювання її достовірності з застосуванням критерію Стюдента (у випадку, якщо середня арифметична була недостовірною, виключення сумнівних варіант здійснювали за загальноприйнятим підходом [36, 61]), оцінювання параметрів вихідної послідовності – визначення розмаху мінливості, медіани, дисперсії, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнту варіації. Розрахунок основних статистик та оцінку їх генеральних параметрів, а також визначення величини *t*-критерію здійснювали за рівняннями, що наведені в [61]. Критичні значення критерію Стюдента

встановлювали із застосуванням програмного продукту *MS Excel* (вбудована функція «СТЮДРАСПОБР»).

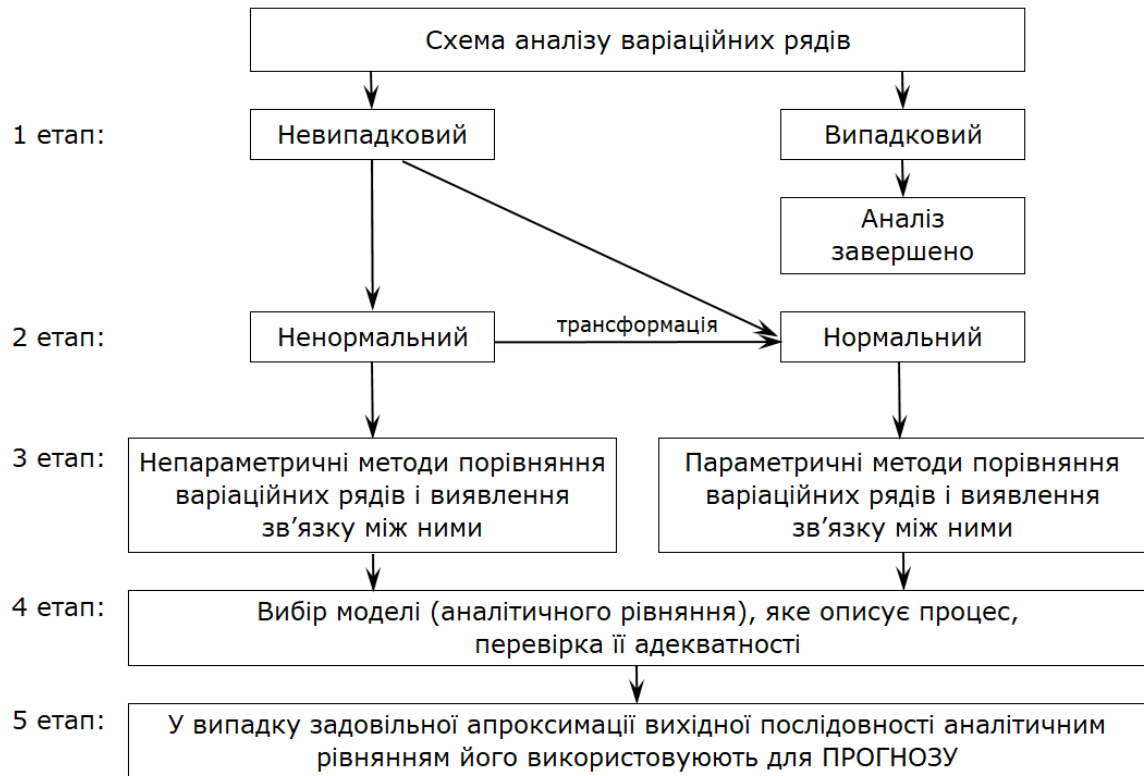


Рис. 2.12. Схема використаної послідовності аналізу варіаційних рядів [76] (зі змінами)

Для перевірки нормальності розподілу спостережень у досліджуваних варіаційних рядах застосовували критерії Колмогорова-Смірнова (доцільно використовувати, коли об'єм вибірки $n > 50$) або Шапіро-Уїлка (коли об'єм вибірки $n \leq 50$ відповідно) [41], тест на нормальність проводили із застосуванням програмного забезпечення *Statistica*, розраховували відношення розмаху мінливості в кожному досліджуваному варіаційному ряді до його середнього квадратичного відхилення (C) відповідно до [76], а також визначали показники асиметрії та ексцесу [43] із застосуванням прикладної комп'ютерної програми *MS Excel* (вбудовані функції «СКОС» і «ЭКСЦЕСС» відповідно).

Відхилення від нормального для тестів Колмогорова-Смірнова і Шапіро-

Уілка вважають суттєвим, якщо імовірність $p < 0,05$ [30, 82], для відношення розмаху мінливості в кожному досліджуваному варіаційному ряді до його середнього квадратичного відхилення – при виході величини S за межі довірчих інтервалів, що наведені в [76], для показників асиметрії та ексцесу – при перевищенні критичних значень, розрахованих за спеціальними рівняннями [43].

Для порівняння середніх арифметичних двох варіаційних рядів у випадку, якщо їхні розподіли відповідали нормальному, використовували критерій Стьюдента (аналіз передбачає рівність генеральних дисперсій). Для перевірки різниці дисперсій для двох досліджуваних груп визначали критерій Фішера. Розрахунки t -критерію і F -критерію під час порівняння двох вибірок здійснювали за рівняннями, що наведені в [61]. Критичні значення критерію Фішера встановлювали із застосуванням програмного забезпечення *Microsoft Office – Excel* (вбудована функція «FРАСПОБР»).

Для порівняння двох емпіричних розподілів використовували непараметричний критерій узгодженості Колмогорова-Смірнова (дозволяє оцінити істотність відмінностей не тільки між емпіричним і теоретичним розподілами, але також між двома емпіричними [56]), алгоритм визначення якого представлений в [67, 56], а критичні значення – в [70].

Для виявлення функціонального взаємозв'язку між двома досліджуваними рядами, якщо їхні розподіли не відповідали нормальному, використовували коефіцієнт кореляції рангів Ч. Е. Спірмена (r_s), розрахунок якого проводили із застосуванням програмного забезпечення *Statistica*, якщо їхні розподіли відповідали нормальному – коефіцієнт парної кореляції К. Пірсона (r_{xy}), розрахунок якого проводили із застосуванням *Excel* із пакета *Microsoft Office* (вбудована функція «КОРРЕЛ»). Для нормалізації допускали трансформацію рівнів вихідного варіаційного ряду шляхом логарифмування, знаходження зворотної величини тощо відповідно до рекомендацій в [76].

Визначення пірсонівського коефіцієнта кореляції передбачало також оцінювання його генерального параметра ρ . Якщо об'єм кожної із досліджуваних

вибірок не перевищував 30 варіант, для оцінювання генерального параметра ρ коефіцієнта кореляції Пірсона застосовували поправку (в такому разі коефіцієнт кореляції позначали символами r_{xy}^*), а якщо не перевищував 12 варіант – z -перетворення Фішера (що дає змогу з більшою упевненістю оцінити значущість вибіркового коефіцієнта кореляції). Для оцінювання статистичної значущості коефіцієнтів кореляції та показника z використовували t -критерій. Генеральний параметр ρ , коефіцієнта кореляції Пірсона з поправкою, показник z , а також t -критерій оцінювали за рівняннями, що опубліковані в [61].

Модель ряду створювали повним регресійним аналізом за методикою, що відображена в [3]. У випадку, якщо гіпотеза про наявність лінійної регресії була відхилена, оптимальною вважали модель із найвищим показником детермінації (R^2) – показує, яка частка варіації однієї ознаки залежить від варіювання іншої [61] (показник визначали візуально із діаграми в середовищі *MS Excel*). На основі показника детермінації за загальноприйнятим підходом розраховували критерій Фішера [20], після чого проводили аналіз залишків (передбачав аналіз середньої арифметичної і дисперсії, на основі яких визначали коефіцієнт автокореляції (r_d), а також критерій Дарбіна-Уотсона (DW) за рівняннями, що наведені в [76, 121]). Критичні значення коефіцієнта автокореляції і критерію Дарбіна-Уотсона представлені в [76]. Також у роботі застосовано методи багатовимірного статистичного аналізу (дисперсійний аналіз [61], аналіз головних компонент [53, 141]) та аналіз часових рядів [76].

Аналіз головних компонент (АГК) застосовують найбільш широко з усіх методів багатовимірної статистики [42], особливо у сфері прикладної екології [87, 125, 143]). Головні компоненти виділяли в чотири послідовних етапи (рис. 2.13) відповідно до рекомендацій в [141]. Статистично значущими вважали навантаження, що перевищували 0,70 [53].

Факторна модель вважалася доволі вдалою, якщо кількість уже знайдених компонент не більше, ніж:

$$C_n = \frac{m}{2}, \quad (2.4)$$

де m – максимально можлива кількість факторів, а дисперсія, яку вони пояснюють, становить не менш ніж 70 %, при цьому наступна компонента дає вклад у сумарну дисперсію не більш ніж 5 % [48, 57, 68].

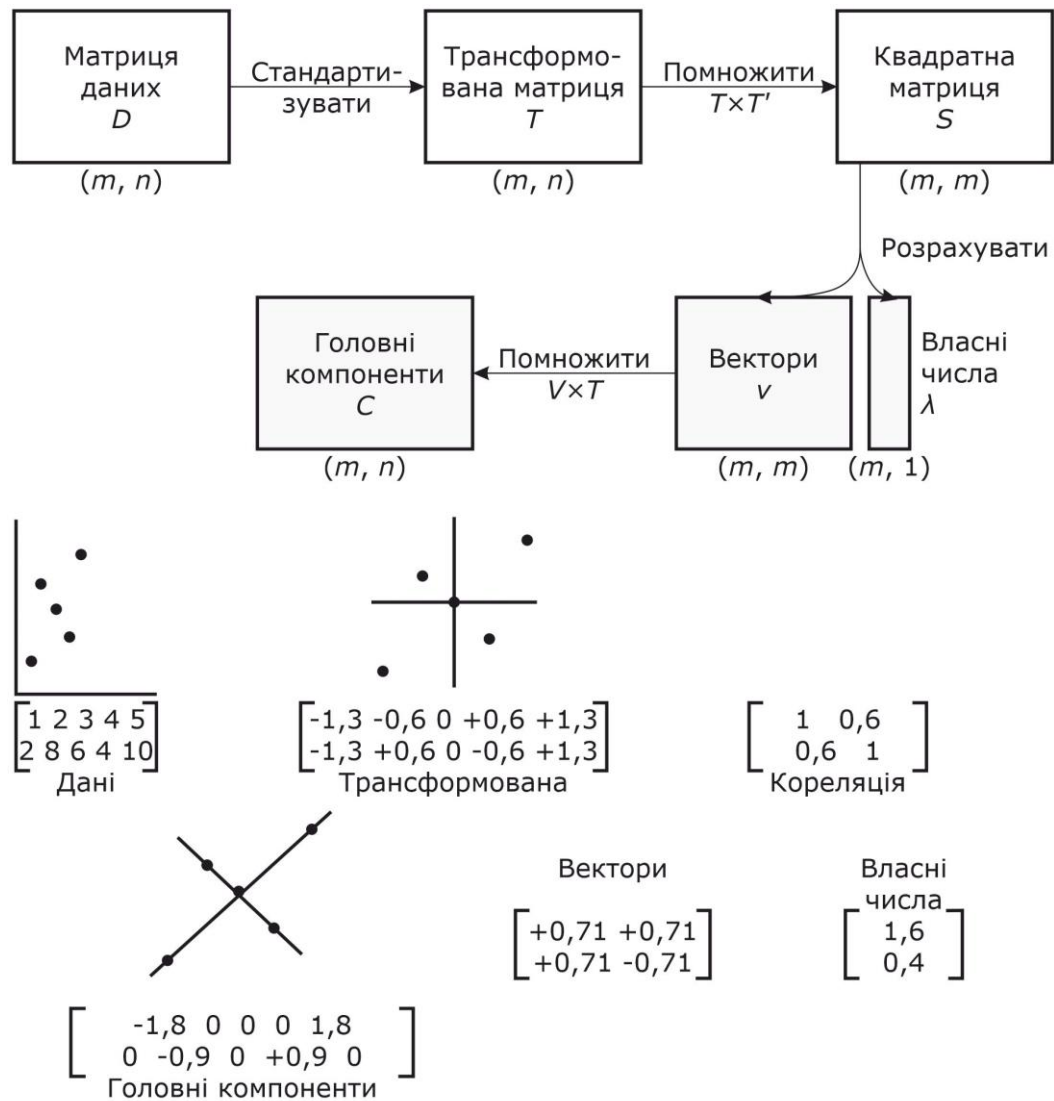


Рис. 2.13. Діаграма і числовий приклад процесу виділення головних компонент із матриці даних [141] (зі змінами)

Основна відмінність аналізу часових рядів полягає в тому, що після першого (підготовчого) етапу стандартної схеми аналізу даних, див. рис. 2.12, варі-

аційні ряди перевіряли на невинадковість із застосуванням автокореляційного критерію та на стаціонарність із застосуванням t -критерію Ст'юдента [76].

2.3. Обсяг виконаних робіт

У роботі використано інформацію, одержану з різних джерел: дані натурних спостережень за омелою білою у різних частинах Харкова, дані польових обстежень міських зелених насаджень, дані щодо погодних умов за роки досліджень, дані, отримані на основі аналізу супутникових знімків земної поверхні з застосуванням ГІС тощо.

З 2006 по 2010 рр. закладено 15 пробних ділянок площею 40 га кожна у різних частинах міста для визначення особливостей поширення омели білої у складі біотичних угруповань штучного походження, зокрема з'ясування видів дерев, із якими напівпаразит встановлює тісні взаємозв'язки.

З 2011 по 2019 рр. проведено комплексне екологічне дослідження, спрямоване на з'ясування механізмів взаємодії між омелою та її деревами-живителями. Для цього у травні 2019 р. закладено шість пробних ділянок у центральній і північно-західній частинах міста для проведення польових досліджень санітарного стану деревних рослин у складі міських зелених насаджень із використанням методу маршрутних обстежень, що дало змогу оцінити вплив омели білої на стан крони інфікованих дерев. У червні 2011 р. закладено декілька пробних ділянок на території Центрального парку культури та відпочинку імені М. Горького для визначення впливу рослини-напівпаразита на радіальний приріст деревини та дослідження механізмів взаємодії «омела – вектор», а влітку 2017 р. – в районі Харківський тракторний завод для визначення впливу омели на діаметр і міцність гілок та приріст листя уражених дерев.

З 2006 по 2010 рр. було обстежено 4700 га або 15 % від загальної площі території Харкова. Зібрані дані стали експериментальною основою для побудови карти розповсюдження омели білої в забудованих ландшафтах м. Харків і

розробки моделі динаміки її популяції. З метою уточнення даних узимку 2016 і 2017 рр. проведено повторні обстеження стану дерев-живителів омели в центральній частині міста.

З 2006 по 2012 рр. на 15 пробних ділянках у різних частинах Харкова та декількох пробних ділянках на території Центрального парку культури та відпочинку імені М. Горького було паралельно проведено дослідження, спрямоване на визначення екологічних факторів, які сприяють розповсюдженню омели на рівнях особин дерев-живителів, біоценозу й урболандшафту.

Автор дисертації безпосередньо брала участь у всіх видах робіт, які було проведено з 2006 по 2019 рр.

Висновки до розділу 2

1. Район досліджень належить до південного Лісостепу України, де переважають потужні українські чорноземи та сірі опідзолені лісові ґрунти. За даними геоботанічного районування, Харків і його околиці належать до Лівобережного лісостепоного геоботанічного округу з лучними степами та липово-дубовими лісами.
2. Площа зелених насаджень загального користування на території Харкова становить 1224,4 га плюс 2036,0 га лісопарку. Рослинність у місті представлена парками, кладовищами, ботанічними садами і дендропарками, зоологічними парками, скверами, бульварами й алеями, насадженнями санітарно-захисних зон, внутрішньоквартальними насадженнями.
3. В умовах урбанізованого середовища під впливом антропогенних факторів відбуваються кардинальні зміни рослинного покриву: природні (зональні) рослинні угруповання поступово замінюються на напівприродні й культурні, а в складі флори збільшується частка адвентивних видів. Загалом насадження в Харкові розміщені доволі нерівномірно. Найбільші площі зелених масивів розташовані вздовж західної та північної границь міста, заглиблюючись по балках у забудовані квартали. Більша частина міста недостатньо забезпечена зеленими

насадженнями малого типу. Актуальна і точна інформація про поточний видовий склад і стан насаджень у Харкові відсутня.

4. Під час проведення польових спостережень у м. Харків шкали бальної оцінки чисельності омели вітчизняних і закордонних дослідників виявилися не-репрезентативними, оскільки за цими методиками всі уражені омелою дерева мали бути віднесеними до одного класу. Тож нами вдосконалено методи кількісного обліку рослини-напівпаразита в умовах великого міста. Крім того, запропоновано популяційно-демографічний коефіцієнт $K[j-g-s]$, який дозволяє оцінювати співвідношення чисельності особин різних вікових груп омели білої (пререпродуктивна, репродуктивна та пострепродуктивна), характерні риси яких визначено на основі дослідження онтогенетичних особливостей виду.

Результати досліджень, представлені у цьому розділі, висвітлено у публікаціях: «Комплексна порівняльна ландшафтно-екологічна характеристика ділянок міської території, що належать до різних функціональних зон: методичні вказівки» [18], «Особливості поширення омели білої (*Viscum album* L.) на території міста Харкова» [109], «Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) для забезпечення сталого розвитку садово-паркового господарства міст» [115], «The White Mistletoe's (*Viscum album* L.) population modeling and control in urban areas» [234].

РОЗДІЛ 3

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ОМЕЛИ БІЛОЇ НА СТАН ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

3.1. Дослідження онтогенетичних особливостей омели

Під час визначення вікових груп омели білої враховували біологічні особливості виду, а також спиралися на матеріали Д. Цубер [262], зокрема, на відомості про динаміку росту міжвузлів рослини, рис. 3.1, а.

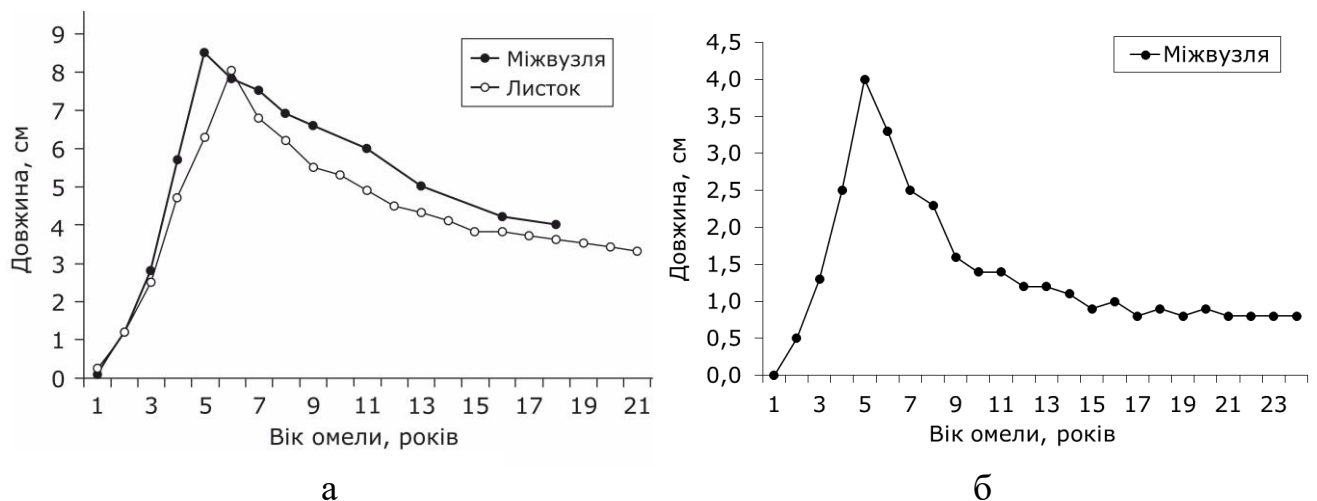


Рис. 3.1. Деякі біологічні особливості омели білої (а – динаміка росту міжвузлів та листя за літературними даними [262] (зі змінами); б – динаміка росту міжвузлів на території м. Харків)

Базуючись на даних статті, що розглядається [262], із застосуванням програмного забезпечення *AutoCAD* було створено тривимірну модель куща омели (кут між гілками у дихотомії омели становив 90°). За результатами моделювання встановлено, що у 21-річному віці діаметр куща омели може сягати 2 м. У Харкові в рамках попередніх досліджень омели білої кущів такого розміру виявлено не було, тож вікові групи омели було виділено на основі додаткових до-

сліджень, які провели у районі Павлового Поля. Кущі омели різного діаметра ($n = 20$) були відібрані в паркових насадження після обрізки дерев. На кожному досліджуваному кущі визначили кількість (а відтак, точний вік рослин) і розміри міжвузлів, табл. А.1. Довжину міжвузлів визначали за допомогою мірної стрічки.

На основі розрахованих середніх величин приросту міжвузлів (див. рис. 3.1, б) із застосуванням програмного забезпечення *AutoCAD* побудовано графічну фрактальну модель розвитку куща омели від ювенільної до сенільної фаз розвитку, рис. 3.2.

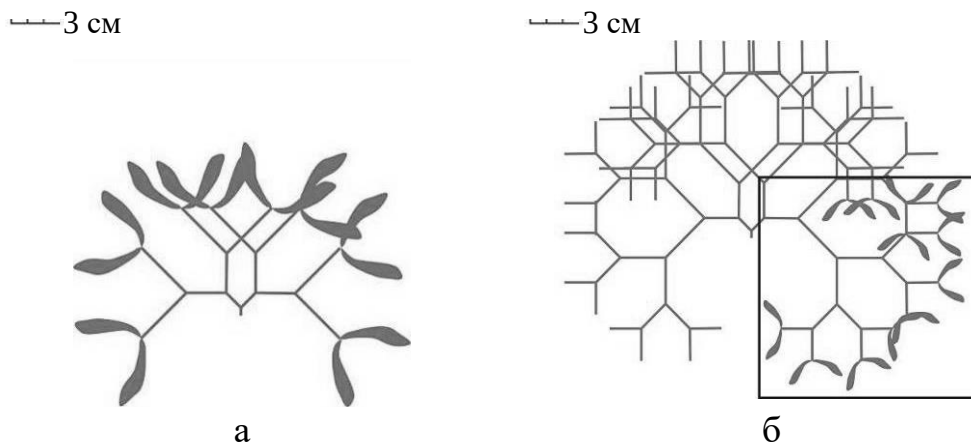


Рис. 3.2. Моделювання куща омели за даними, зібраними на території м. Харків (а – приклад створення 3D-моделі ювенільної рослини у середовищі *AutoCAD*; б – приклад створення моделі рослини генеративної фази)

Літературні джерела свідчать [262], що приблизно з четвертого – п'ятого років розвитку омела біла починає цвісти і плодоносити, тому ювенільними вважали рослини віком від 1 до 5 років. За результатами 3D-моделювання визначено, що після досягнення 5-річного віку омела має діаметр (із урахуванням річного приросту міжвузлів і листя) приблизно 20 см та віялоподібну форму (див. рис. 3.2, а). Додатковою ознакою ювенільних рослин на місцевості є відсутність плодів.

Вік омели генеративного віку визначали приблизно за точкою перегину, коли графік річного приросту міжвузлів втрачав кривизну і виходив на приблизно постійний рівень (див. рис. 3.1, б): при цьому враховували тільки ті значення, які знаходилися ліворуч від вказаної точки і до позначки «6 років». Цей вік дорівнює 6 – 21 рік. За 3D-моделлю визначено, що після досягнення 21-річного віку омела набуває діаметра 55 см, а за рахунок щорічного приросту листової маси та міжвузлів – майже ідеальної кулеподібної форми з невисокою щільністю гілок і листя. Додатковою ознакою рослин генеративного віку на місцевості є наявність білих ягід. Рослини сenільного віку мають приблизно однаковий річний приріст міжвузлів (див. рис. 3.1, б), їхній вік становить від 21 до 45 років (прийmemo, що граничний вік омели становить 45 років). Кущі сenільної фази розвитку мали діаметр понад 55 см, характеризувалися майже ідеальною кулеподібною формою на тлі високої щільності листя та гілок. Виявлені зовнішні риси кущів омели не суперечать літературним даним [262].

3.2. Екологічна ніша омели білої

3.2.1. Топічна ніша

Характеристики фундаментальної та реалізованої в умовах Харкова екологічної ніші омели білої за виміром «місце» за Д. М. Цигановим [151] наведені в табл. 3.1. Загальна кількість розглянутих екологічних факторів 5: загальний терморежим клімату (позначимо його символами Tm), континентальність клімату (Kn), вологість клімату (Om), морозистість клімату (Cr) та режим затінення (Le).

Таблиця 3.1

Характеристики екологічної ніші *Viscum album* L. за Д. М. Цигановим (1983)

Tm	Мінімум	b	7	Від середземноморського до суббореального клімату. Харків (10): термокліматичний оптимум
	Максимум	M	13	
Kn	Мінімум	O	3	Від океанічного до континентального клімату. Харків (9): субоптимум
	Максимум	K	13	

Продовж. табл. 3.1

<i>Om</i>	Мінімум	<i>C</i>	5	Від мезоаридного до гумідного клімату. Харків (8): омбро-кліматичний оптимум
	Максимум	<i>F</i>	11	
<i>Cr</i>	Мінімум	<i>+O</i>	8	Між вельми суворими/помірними зимами та дуже теплими зимами. Харків (7 – 8): кріокліматичний субпессимум*
	Максимум	<i>Q</i>	13	
<i>Le</i>	Мінімум	<i>G</i>	1	Від умов відкритих просторів до світлих лісів. Оптимум (3): в умовах паркових насаджень та внутрішньоквартальних, а також прибережних лісосмуг
	Максимум	<i>M</i>	5	

Примітки: * – близький до межі сучасного ареалу.

З табл. 3.1 зрозуміло, що в Харкові за двома екологічними факторами – загальний терморезим клімату та вологість клімату, – склалися оптимальні для омели білої умови. Також у місті склалися загалом сприятливі для неї умови за режимом затінення: найбільш поширеними є внутрішньоквартальні насадження, значно меншою мірою – паркові та прибережні лісосмути. Суцільні зелені масиви розташовані вздовж західної та північної границь міста (п. 2.1), в них омела трапляється лише на узліссях.

Екологічний фактор, близький до субпессимуму в умовах міста, – це морозистість клімату (лімітувальний фактор для рослини). Омела біла починає з'являтися у ландшафті за середньої температури найхолоднішого місяця $-7,7^{\circ}\text{C}$ (п. 1.3). За даними спостережень на метеостанції № 34300 середня температура січня в Харкові становить $-5,0^{\circ}\text{C}$ (п. 2.1), тобто лише на $+2,7^{\circ}\text{C}$ перевищує критичну межу.

Характеристики реалізованої в умовах м. Харків екологічної ніші омели білої за виміром «місце» за Г. Елленбергом наведені в табл. 3.2. В аналізі розглянуто 3 екологічних фактори: режим освітлення, відношення до вмісту азоту в субстраті живлення, рН субстрату.

Таблиця 3.2

**Характеристики екологічної ніші *Viscum album* L.
за Г. Елленбергом (цит. за [183])**

Режим освітлення	7	Напівсвітлолюбний вид
Відношення до вмісту азоту в субстраті живлення	5	Помірно забезпечені (помірно багаті) азотом субстрати
рН субстрату	6	Від помірно кислих до слабокислих субстратів або нейтральних (рН у межах 5,0 – 7,0)

З табл. 3.2 зрозуміло, що за фактором «режим освітлення» оцінки за обома шкалами узгоджені. Фіксація вуглекислого газу в омели білої іде C_3 -пентозофосфатним шляхом. Рослини з таким перебігом процесів фотосинтезу називають C_3 -рослинами. У C_3 -рослин максимальна інтенсивність фотосинтезу (на одиницю площі листя) відбувається за помірних освітленості й температури, тоді як високі температури та яскраве світло пригнічують фотосинтез. Трапляється омела біла на помірно забезпечених азотом субстратах, рН яких варіює в межах від 5,0 до 7,0.

3.2.2. Ніша живлення

Всі кущі омели білої загалом схожі за своїми потребами в поживних речовинах, тобто воді, двоокису вуглецю й основних мінеральних речовинах [33]. Водночас у порівнянні з таксонами, які паразитують на хвойних видах дерев, можливості для диференціації за рослинами-живителями омели білої значно ширші.

Фундаментальна ніша омели білої за даними різних авторів за виміром «живитель» представлена 411 видами дерев [170, 204] (за даними інших авторів – 450 [249]). Реалізована в умовах Харкова екологічна ніша омели за цим виміром значно вужча – лише 39 видів дерев (п. 3.4). Екологічним оптимумом можна вважати такий набір видів: клен сріблястий, тополя чорна, ясен звичайний, клен гостролистий і тополя бальзамічна.

Результати маршрутних обстежень деревостанів у межах 15 досліджуваних ділянок наведені в табл. Г.1. Видовий склад міських насаджень представлений 51 видом дерев: абрикос звичайний (*Armeniaca vulgaris* Lam.) (3,17 % від загальної кількості дерев на досліджуваних ділянках); алича (*Prunus divaricata* Ledeb.) (0,25 % відповідно); береза повисла або бородавчаста (*Betula pendula* Roth) (5,93 %); біота східна (*Platycladus orientalis* (L.) Franko) (0,17 %); верба біла (0,70 %); верба ламка (*Salix fragilis* L.) (0,15 %); вишня звичайна (*Cerasus vulgaris* Mill.) (1,96 %); гінкго дволопатевий (*Ginkgo biloba* L.) (0,02 %); гірकोкаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.) (12,92 %); горіх волоський

(*Juglans regia* L.) (0,36 %); горобина арія (*Sorbus aria* Crantz) (0,06 %); горобина звичайна (1,54 %); груша звичайна (*Pyrus communis* L.) (1,03 %); в'яз гірський (*Ulmus glabra* Huds.) (0,53 %); в'яз голий (*Ulmus laevis* Pall.) (0,15 %); в'яз граблистий (*Ulmus carpinifolia* Rupr. ex G. Suckow) (1,54 %); дуб звичайний (*Quercus robur* L.) (1,10 %); клен гостролистий (20,26 %); клен несправжньо-платановий або явір (*Acer pseudoplatanus* L.) (0,06 %); клен польовий (*Acer campestre* L.) (0,02 %); клен сріблястий (4,54 %); клен татарський (*Acer tataricum* L.) (0,04 %); клен ясенolistий (*Acer negundo* L.) (3,31 %); липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) (10,72 %); липа срібляста (*Tilia argentea* Desf. ex DC) (0,19 %); липа широколиста (*Tilia platyphyllos* Scop.) (7,51 %); лох сріблястий (*Elaeagnus argentea* Pursch.) (0,02 %); осика (0,06 %); робінія звичайна (3,08 %); слива домашня (*Prunus domestica* L.) (0,80 %); сосна звичайна (0,17 %); тополя бальзамічна (3,44 %); тополя біла (0,17 %); тополя Болле (0,51 %); тополя запашна (*Populus suaveolens* Fisch.) (0,78 %); тополя канадська (0,04 %); тополя китайська (*Populus simonii* Carrière) (1,18 %); тополя лавролиста (*Populus laurifolia* Ledeb.) (0,06 %); тополя пірамідальна (гібриди) (*Populus* x *italica*) (3,57 %); тополя срібляста (*Populus alba* L. x *tremula* L.) (0,13 %); тополя чорна (0,53 %); туя західна (*Thuja occidentalis* L.) (0,04 %); черемха звичайна (*Padus avium* L.) (0,03 %); черешня (*Cerasus avium* (L.) Moench) (0,08 %); шовковиця (біла й чорна разом) (*Morus alba* L., *M. nigra* L.) (0,02 %); яблуня домашня (1,54 %); яблуня сливолиста (*Malus prunifolia* (Willd.) Borkh.) (0,36 %); ялина звичайна (*Picea abies* (L.) Karst.) (2,20 %); ялина колюча (*Picea pungens* Engelm.) (0,89 %); ясен звичайний (1,29 %) та ясен зелений (*Fraxinus lanceolata* Borkh.) (0,51 %). Найбільш численними серед них є: клен гостролистий, гірकोкаштан звичайний, липи серцелиста та широколиста, а також береза повисла.

Результати польових спостережень за омелою білою у межах 15 досліджуваних ділянок представлені в табл. Г.2. За даними натурних обстежень омела виявлена на 20 видах дерев: березі повислій (0,4 % від загальної кількості інфікованих омелою дерев), вербі білій (0,4 % відповідно), гірकोкаштані зви-

чайному (0,4 %), горобині звичайній (1,6 %), груші звичайній (0,1 %), клені гостролистому (29,8 %), клені сріблястому (11,3 %), клені ясенolistому (0,5 %), липі європейській (*Tilia europaea* L.) (0,5 %), липі серцелистій (1,8 %), осиці (3,6 %), робінії звичайній (4,6 %), тополі бальзамічній (8,2 %), тополі білій (0,2 %); тополі Болле (0,8 %), тополі пірамідальній (гібриди) (0,6 %), тополі чорній (19,6 %), яблуні домашній (0,3 %), ясені американському (*Fraxinus americana* L.) (15,1 %), ясені звичайному (0,5 %). Найбільш численними серед них є: клен гостролистий, тополя чорна, ясен американський, клен сріблястий та тополя бальзамічна.

Результати розрахунку показника відносної біотопічної приуроченості омели білої до певного виду дерев-живителів за формулою (2.1) представлені в табл. Г.3. Загалом його визначено для 51 виду деревних рослин, два види (липа європейська та ясен американський) виключені з аналізу: під час картування дискретних груп омели (коли були зареєстровані всі без винятку дерева-живителі рослини) ці два види були виявлені, але під час вибіркового дослідження видового складу зелених насаджень за маршрутним методом – ні, і це унеможливило розрахунок показника F_{ij}).

З табл. Г.3 зрозуміло, що найбільш привабливими для омели білої є 12 видів дерев: тополя чорна та її гібриди з непірамідальною формою крони і осика ($F_{ij} = 1,000$); дещо нижчі значення показника відносної приуроченості омели встановлено для яблуні домашньої, тополі білої, тополі Болле, горобини звичайної, верби білої, ясена звичайного, клена сріблястого і тополі бальзамічної та її гібридів із непірамідальною формою крони ($0,999 \geq F_{ij} \geq 0,995$); найнижчі – для робінії звичайної та груші звичайної ($0,991 \geq F_{ij} \geq 0,994$).

Загалом дослідження показало, що найбільш принадними для заселення омелою є види, які належать до родини *Salicaceae*, особливо тополі. Як правило, це великорозмірні дерева (можуть досягати 35 – 40 м заввишки), які з віком набувають доволі розлогої крони, що робить їх добре помітними для птахів-

розповсюджувачів насіння омели. Вважають, що у порівнянні з іншими видами дерев тополі мають м'яку кору [145], що також сприяє поселенню омели.

Отримані результати не суперечать результатам російських дослідників, які нещодавно виявили масові ураження тополь чорної і бальзамічної, а також клена сріблястого в м. Калінінград [242].

3.2.3. Часова ніша

Омела біла – це рослина тропічного походження, яка завдяки своїм адаптаціям змогла поширитися до зони помірних і навіть суббореальних широт. В умовах помірного клімату вона пристосувалася до первинних періодичних факторів (зміна пір року і сезонів, зміна режиму освітлення впродовж дня), запилення за допомогою вітру і комах, а також розповсюдження за допомогою потрійного механізму розселення (орнітохорія, автохорія та анемо-гідрохорія).

Наші фенологічні спостереження свідчать, що в умовах Харкова омела біла цвіте у березні – квітні, запилення рослини відбувається влітку, дозрівання та поширення плодів – у листопаді – грудні і триває до кінця зими. Основним агентом розповсюдження виду в насадженнях міста є омелюх (п. 2.2.7). Зграї омелюха в Харкові та Харківській області, як правило, з'являються у середині листопада і тримаються до середини березня. В окремі роки омелюхи прилітають у жовтні (але не раніше третьої декади жовтня) і знаходяться на прольоті аж до кінця першої декади травня або з'являються тільки на початку і в кінці зимового періоду. Їхня чисельність на зимівлі зазнає значних коливань. Піки та спади чисельності демонструють певну періодичність із періодами приблизно 4 – 5 років. Максимальний час, який вони проводять у місті, становить близько півроку, саме на цей період припадає дозрівання плодів омели.

Значно меншою мірою омелу розповсюджують у міських умовах дрізд-омелюх та чикотень. Для дрозда-омелюха плоди рослини є основним кормовим ресурсом узимку, але його чисельність на території міста є дуже низькою, а особини цього виду тримаються переважно у прирічкових насадженнях, де вони мають кормові території. Дрізд-омелюх перебуває на території м. Харків уп-

родовж усього року. Для чикотня ягоди омели білої взимку є випадковим кормом. Птахи цього виду перебувають у місті впродовж усього року, а взимку утворюють великі зграї.

3.3. Механізми взаємодії між омелою білою та її деревами-живителями

3.3.1. Вплив на санітарний стан

Результати польових спостережень за міськими зеленими насадженнями представлені в табл. Д.1. Розмір дослідженої вибірки становив 956 дерев, табл. Д.2. Загальна кількість деревних рослин без омели – 845. Неуражені омелою дерева (контроль) були представлені 36 видами: абрикос звичайний (0,71 % від загальної кількості дерев без омели), береза повисла (4,85 % відповідно), верба біла (0,12 %), верба ламка (0,12 %), в'яз гірський (2,01 %), в'яз голий (0,95 %), в'яз граблистий (1,42 %), в'яз еліптичний (*Ulmus elliptica* K.Koch) (0,59 %), гірकोкаштан звичайний (13,25 %), горіх волоський (1,18 %), горобина звичайна (0,24 %), груша звичайна (1,18 %), дуб звичайний (4,26 %), клен гостролистий (26,27 %), клен сріблястий (0,47 %), клен ясенolistий (3,31 %), липа європейська (10,77 %), липа серцелиста (1,89 %), липа широколиста (6,63 %), осика (0,12 %), робінія звичайна (4,85 %), тополя бальзамічна (3,31 %), тополя біла (0,24 %), тополя запашна (0,71 %), тополя канадська (1,07 %), тополя пірамідальна (гібридна) (0,83 %), тополя срібляста (0,24 %), тополя чорна (0,12 %), черемха звичайна (0,24 %), черемха пізня (*Prunus serotina* Ehrh.) (0,12 %), черешня (0,12 %), яблуня домашня (0,95 %), яблуня сливолиста (0,12 %), ясен американський (0,47 %), ясен звичайний (3,55 %) та ясен зелений (2,72 %). З них шість дерев були з вторинною кроною після обрізання (при цьому на маршруті не враховували деревні рослини, кроновані не раніше ніж 5 років тому). Виявлено чотири дерева, що належали до класу санітарного стану «всохли в минулі роки» і за вимогами чинного законодавства мали бути видалені.

Кущі омели білої виявлено на 111 деревах. Видовий склад дерев-живителів омели представлений 14 видами: горобина звичайна (6,31 % від загальної кількості інфікованих дерев), клен гостролистий (31,53 % відповідно), клен польовий (0,90 %), клен сріблястий (9,01 %), липа європейська (4,50 %), липа широколиста (0,90 %), робінія звичайна (11,71 %), тополя бальзамічна (15,32 %), тополя біла гібрид із тополею бальзамічною (0,90 %), тополя запашна (0,90 %), тополя канадська (8,11 %), тополя чорна (1,80 %), ясен звичайний (1,80 %), ясен зелений (6,31 %). Таким чином, омелою було пошкоджене кожне дев'яте дерево у насадженнях на маршруті.

Аналіз зібраних даних свідчить, що досліджувані дерева, розділені на дві групи – «непошкоджені» та «пошкоджені омелою», – ростуть у доволі близьких умовах за типами насаджень, індексами ґрунтових умов і класами віку:

- розподіл непошкоджених омелою дерев за типами насаджень: 1 – 334 екземпляри (39,53 % від загальної кількості дерев без омели), 2 – 382 (45,21 % відповідно), 3 – 129 (15,27 %); розподіл дерев-живителів омели за типами насаджень: 1 – 39 екземплярів (35,14 % від загальної кількості дерев-живителів), 2 – 58 (52,25 % відповідно), 3 – 14 (12,61 %);
- розподіл непошкоджених омелою дерев за індексами ґрунтових умов: 1 – 98 екземплярів (11,60 % від загальної кількості дерев без омели), 2 – 418 (49,47 % відповідно), 3 – 329 (38,93 %); розподіл дерев-живителів омели за індексами ґрунтових умов: 1 – 19 екземплярів (17,12 % від загальної кількості дерев-живителів), 2 – 61 (54,95 % відповідно), 3 – 31 (27,93 %);
- розподіл непошкоджених омелою дерев за класами віку: 2 – 46 екземплярів (5,44 % від загальної кількості дерев без омели), 3 – 458 (54,20 % відповідно), 4 – 330 (39,05 %), 5 – 11 (1,30 %); розподіл дерев-живителів омели за класами віку: 2 – 3 екземпляри (2,70 % від загальної кількості дерев-живителів), 3 – 57 (51,35 % відповідно), 4 – 50 (45,05 %), 5 – 1 (0,90 %).

Цікаво зазначити, що дерев-живителів омели першого класу віку не виявлено взагалі (це можна пояснити тим, що на молодому дереві, гілки у кроні яко-

го тільки формуються і мають невеликий діаметр, насінню омели важко закріпитися). Ураження рослиною-напівпаразитом визначали із другого класу віку, при цьому максимальна кількість дерев-живителів омели білої зафіксована у третьому і четвертому класах (тобто у середньовікових і пристигаючих насадженнях), що важливо в аспекті контролю розповсюдження цього виду.

За санітарним станом непошкоджені омелою дерева оцінені як перехідні від ослаблених до суховерхівкових (середнє значення індексу санітарного стану $2,43 \pm 0,03$), а дерева-живителі омели – як суховерхівкові (середнє значення індексу санітарного стану $2,98 \pm 0,08$). Розподіли неінфікованих і інфікованих омелою дерев за класами санітарно-гігієнічного стану за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова також істотно відрізняються. Розподіл непошкоджених омелою деревних рослин за класами стану наступний: 1 (здорові дерева) – 113 екземплярів (13,37 % від загальної кількості дерев без омели), 2 (послаблені) – 405 (47,93 % відповідно), 3 (суховерхівкові) – 215 (25,44 %), 4 (сухокронні) – 83 (9,82 %), 5 (такі, що всихають) – 21 (2,49 %), 6 (свіжий сухостій) – 4 (0,47 %), 7 (старий сухостій) – 4 (0,47 %); при цьому розподіл дерев-живителів омели за класами стану наступний: 1 – 0 екземплярів (0,00 % від загальної кількості дерев-живителів), 2 – 35 (31,53 % відповідно), 3 – 50 (45,05 %), 4 – 20 (18,02 %), 5 – 5 (4,50 %), 6 – 1 (0,90 %), 7 – 0 (0,00 %). «Нульова» гіпотеза зводиться до припущення, що відмінності між двома розглянутими емпіричними розподілами мають не систематичний, а виключно випадковий характер.

Результати розрахунку непараметричного критерію узгодженості Колмогорова-Смірнова під час порівняння двох емпіричних розподілів такі: $K-S = 1,94$, $K-S_{st} = 0,04$. Отже, на рівні значущості $p < 0,05$ нульова гіпотеза відкидається, і групи за розглянутою ознакою відрізняються істотно. Цікаво також зазначити, що коли розподіл для уражених дерев було зрушено на один клас уперед, розподіли (за тим же тестом) не відрізнялися ($K-S = 0,13$, $K-S_{st} = 0,96$), отже, омела зумовлює погіршення санітарного стану на один клас.

Таким чином, негативний вплив омели білої на дерево-живителя простежується на рівні всього організму деревної рослини. Аналіз зібраних даних свідчить, що омелу взагалі не виявлено на здорових деревах із індексом санітарного стану «1». Заселення рослиною-напівпаразитом відбувається, коли дерево стає ослабленим і переходить у «2» клас санітарно-гігієнічного стану. Максимальна кількість дерев-живителів має індекс санітарного стану «3», а кількість дерев із наступними індексами стану суттєво зменшується. Це вказує на те, що ослаблене дерево певний час ще може забезпечувати омелу ресурсами для розвитку, але одночасно значно швидше деградує і переходить у третій клас санітарного стану (із відповідними втратами верхівки крони), далі гине і дерево-живитель, і омела. У випадку, якщо коренева система дерева-живителя непошкоджена, воно може бути кронуване, у протилежному випадку вирішенням ситуації, що склалася, може бути тільки заміна дерева.

Розглянемо статистичний комплекс даних по деревах-живителях омели окремо. Враховуючи об'єми досліджуваних вибірок ($n = 111 > 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Колмогорова-Смірнова. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у досліджуваних варіаційних рядах було відхилено.

Для виявлення функціонального зв'язку між варіаційними рядами (символом «1» позначимо маршрут, «2» – номер ділянки, «3» – тип насаджень, «4» – індекс ґрунтових умов, «5» – клас віку, «6» – індекс санітарного стану, «7» – індекс чисельності омели) розраховували непараметричний коефіцієнт кореляції рангів Ч. Е. Спірмена. Результати кореляційного аналізу наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати розрахунку коефіцієнтів рангової кореляції

Ознака	1	2	3	4	5	6	7
1	1,00	–	–	–	–	–	–
2	-0,20*	1,00	–	–	–	–	–
3	-0,27*	-0,23*	1,00	–	–	–	–

Продовж. табл. 3.3

Ознака	1	2	3	4	5	6	7
4	-0,42*	0,21*	-0,39*	1,00	—	—	—
5	-0,28*	0,29*	0,00	0,12	1,00	—	—
6	-0,08	0,14	-0,27*	0,20*	0,03	1,00	—
7	0,11	0,13	-0,10	-0,02	0,36*	0,23*	1,00

Примітки: * – зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$.

За допомогою кореляційного аналізу на рівні значущості $p < 0,05$ виявлено тісний додатний зв'язок між індексами чисельності і віком, а також санітарним станом дерев. Отже, рослина-напівпаразит негативно впливає на облистяність крони дерев-живителів, і цей вплив посилюється з віком. Найбільш чітко взаємозв'язок між індексами чисельності і класами віку простежувався у клена сріблястого ($r_s = 0,65$; є статистично значущим на рівні $p < 0,05$), а між індексами чисельності омели і станом дерева – у робінії звичайної (був незначущим). Для статистичного комплексу даних по непошкоджених омелою деревах зв'язки виявилися іншими: санітарний стан дерев тісно корелював із номером маршруту ($r_s = -0,19$), номером ділянки ($r_s = 0,24$), типом насаджень ($r_s = -0,22$), а також ґрунтовими умовами ($r_s = 0,22$), $p < 0,05$.

Загалом насадження (вибірка із 956 дерев) за санітарним станом оцінені як перехідні від ослаблених до суховерхівкових (середнє значення індексу санітарного стану $2,50 \pm 0,03$). У 1998 р. середнє значення індексу санітарного стану для міських зелених насаджень Харкова становило $2,37 \pm 0,02$ [259], тобто за останні двадцять років можна констатувати деяке погіршення якісного стану рослинності у місті.

Проведене дослідження свідчить, що в умовах міста, де стресори комбінуються і посилюють один одного, омела це своєрідний тригер, який переводить траєкторію розвитку міських зелених насаджень на шлях прискореної деградації.

3.3.2. Вплив на радіальний приріст деревини

Деревно-кільцеві хронології, згруповані за різним ступенем ураження омелою, представлені в табл. Е.1 (дані охоплюють період із 1987 по 2010 рр., тобто 24 роки).

Враховуючи об'єми досліджуваних вибірок ($n = 24 < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у вибірках із радіальним приростом дерев, згрупованих за індексами чисельності «4», «5», «6» було підтверджено, для вибірок із радіальним приростом дерев, згрупованих за індексами чисельності «0» і «1» (здорові дерева або контроль), а також «3» – відхилено.

Враховуючи, що правильне застосування дисперсійного аналізу передбачає нормальний або близький до нормального розподіл сукупності, з якої взяті вибірки, об'єднані в єдиний дисперсійний комплекс, наступним кроком для двох вибірок із радіальним приростом дерев, оцінених індексами ураження «0» і «1» та «3», стала трансформація, яка нормалізує їхній розподіл. Аналіз виявив, що для дерев, згрупованих за індексами чисельності «0» і «1», більш ефективним виявилось перетворення $1/x_i$. Для дерев, згрупованих за індексом чисельності «3», ефективним виявилось перетворення рівнів вихідного варіаційного ряду шляхом логарифмування ($\ln x_i$).

Середні значення деревно-кільцевих хронологій закономірно збільшуються у міру зростання індексу чисельності омели. Для дерев з індексами ураження «0» і «1» у середньому вони становили $2,09 \pm 0,18$ мм, для дерев із індексами ураження «3» – «6» – $3,99 \pm 0,41$ мм (тобто є вищими майже вдвічі у порівнянні з контролем). Стандартне відхилення для здорових і майже здорових дерев становить близько 0,90, а уражених – коливається в межах 1,62 – 2,26. З табл. 3.4 зрозуміло, що з імовірністю 95 % можна стверджувати, що різниця між радіальним приростом деревини у здорових та заселених омелою дерев є статистично достовірною.

Таблиця 3.4

Результати дисперсійного аналізу

Варіювання	Ступені вільностей	Дисперсії	Достовірність різниці між середніми	
			F	$F_{0,05}$
За фактором A	4	2610,54	31,18	5,65
Залишкове	115,00	83,71	—	—
Спільне (Загальне)	119,00	—	—	—

За період 1987 – 1997 рр. не виявлено закономірностей у диференціації приросту дерев із різним ступенем ураження омелою, а у наступні 1998 – 2005 рр. помітно чітку залежність радіального приросту від рівня ураження омелою, рис. 3.3.

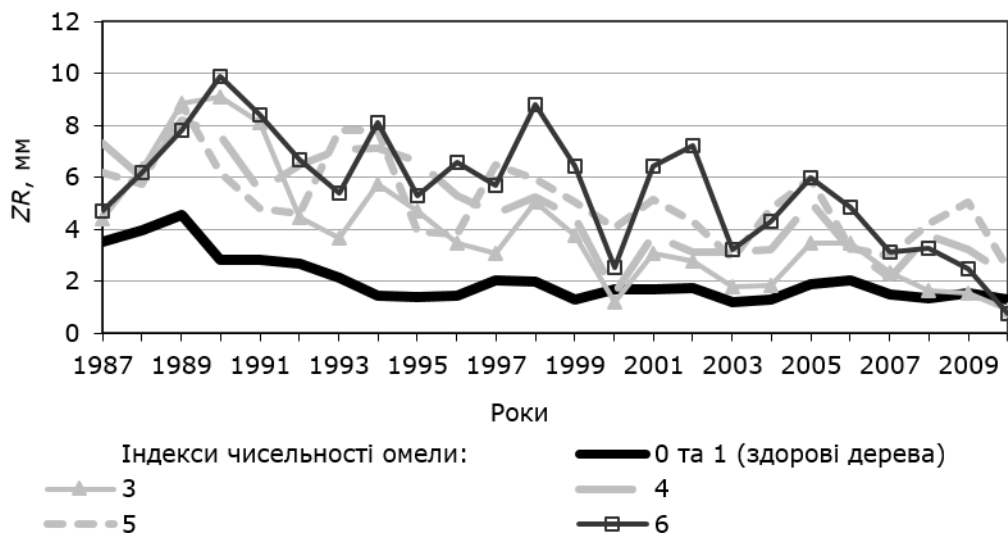


Рис. 3.3. Динаміка радіального приросту (ZR) клена сріблястого з різним ступенем пошкодження омелою в парку імені М. Горького, м. Харків

У 2006 – 2010 рр. відбувається зменшення тренду кривих радіального приросту всіх пошкоджених дерев, за винятком тих, що входять до групи з п'ятим коефіцієнтом пошкодження. Стабілізація приросту може бути пов'язана зі збільшенням площі живлення та світла за рахунок відпаду сусідніх дерев. Найшвидше приріст зменшувався в групах дерев з індексами ураження «3» та «6». У 2010 р. радіальний приріст дерев у цих групах був меншим, ніж у контролі (див. рис. 3.3).

Виявлено роки мінімального приросту дерев: 2000 р., для якого характерні низькі березневі температури (в 1,3 раза нижчі за норму); 2003 р. із низькими зимовими та ранньовесняними температурами (березневі температури були нижчими від норми майже втричі, а зимові – в 1,8 раза); 1989 та 2005 рр. характеризувалися максимальним приростом деревини завдяки сприятливому для росту дерев співвідношенню тепла та вологи (рис. 3.4 – 3.5; дані метеостанції м. Зміїв представлені в табл. Ж.1 – Ж.2).

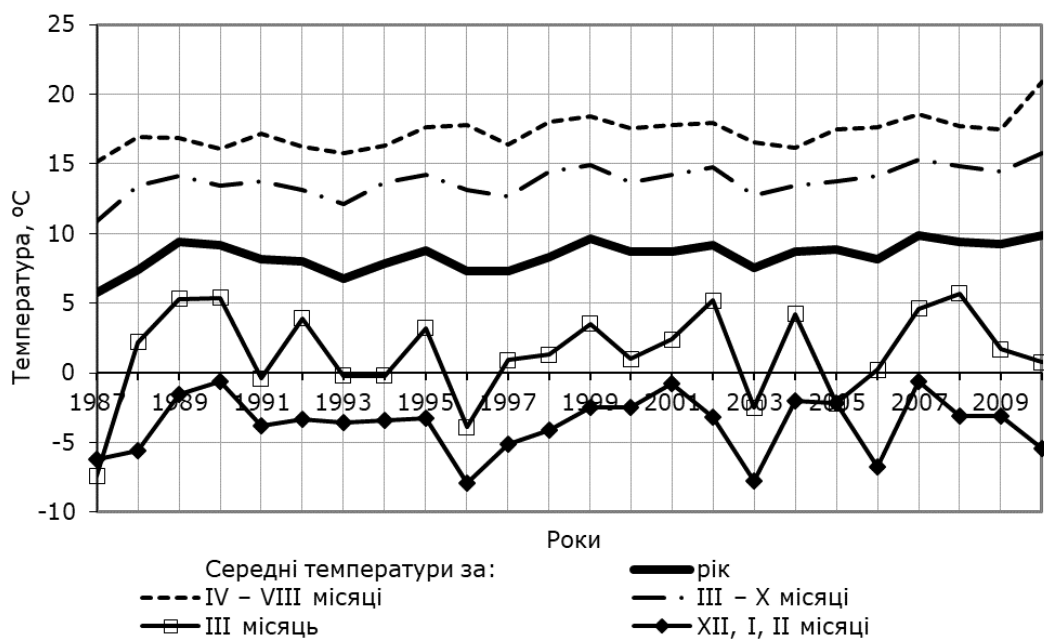


Рис. 3.4. Динаміка температури за даними метеостанції м. Зміїв

І. М. Усцький та Л. В. Полякова виявили [142], що попри біохімічні зміни в деревах, заселених омелою білою, листопадні види у парках і на вулицях Харкова візуально виглядають майже здоровими. Це парадоксальне, на перший погляд, явище можна спробувати пояснити на фізіологічному рівні. Ауксин (фітогормон) бере участь у ростових процесах і фототропізмі (направляє стебла та черешки до світла), а також стимулює камбіальну активність. У процесі пошкодження клена омелою відмирають пагони, а дерево, яке знаходиться в стресовому стані, починає розподіляти внутрішні ресурси. Додаткова кількість аук-

сину, яка звільнилася внаслідок пошкодження крони омелою, спускається по флоемі, і починається інтенсивний процес ксилогенезу, в результаті чого продукуються широкі кільця приросту [55, 146]. Надалі може наступити швидке всихання ураженого омелою дерева, яке має значний радіальний приріст, але уражене грибами (гілки і корені), про що свідчать окремі публікації у закордонних виданнях [206].

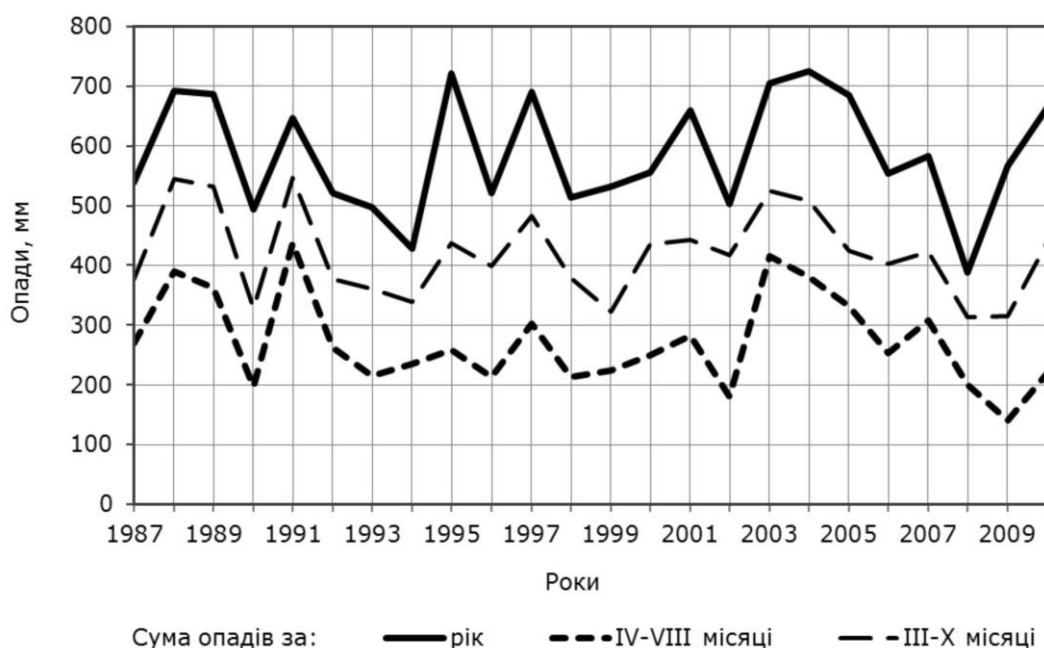


Рис. 3.5. Динаміка опадів за даними метеостанції м. Зміїв

Наступним кроком стало проведення кореляційного аналізу зв'язку між індексами радіального приросту (5 вибірок) та кліматичними показниками (12 вибірок). Для виявлення зв'язку між варіаційними рядами розраховували параметричний коефіцієнт кореляції К. Пірсона. Враховуючи, що правильне застосування пірсонівського коефіцієнту кореляції передбачає нормальний розподіл сукупності, з якої взяті вибірки, дані метеостанції м. Зміїв були оцінені на нормальність розподілу. Враховуючи об'єми досліджуваних вибірок ($n = 24 < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка.

За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у 10 досліджуваних вибірках із кліматичними показниками було підтверджено. Для двох вибірок, що характеризують опади за VII – VIII місяці і III місяць, робочу гіпотезу було відхилено. Наступним кроком для варіаційних рядів, що характеризують опади за VII – VIII місяці і III місяць, стала трансформація, яка нормалізує їхній розподіл. Аналіз виявив, що для обох вибірок ефективним виявилось перетворення рівнів вихідного варіаційного ряду шляхом логарифмування ($\ln x_i$) (при цьому для вибірки, що характеризує опади за III місяць, трансформація рівнів ряду виконана відповідно до рекомендацій [76] шляхом знаходження зворотної величини ($1/x_i$), не змінила ситуації).

Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції К. Пірсона (з поправкою) між індексами радіального приросту та кліматичними показниками відображені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

**Кореляційні коефіцієнти між індексними хронологіями
клена сріблястого та кліматичними показниками**

Кліматичні чинники	Дерева з індексом чисельності омели				
	«0» і «1» (контроль)	«3»	«4»	«5»	«6»
Сума опадів за IV – VI місяці, мм	-0,40	0,49*	0,29	0,19	0,30
Середньорічні температури, °C	0,37	-0,28	-0,43*	-0,30	-0,15
Середні температури за IV – VIII місяці, °C	0,47*	-0,48*	-0,60*	-0,58*	-0,38
Середні температури за III – X місяці, °C	0,43*	-0,32	-0,51*	-0,41	-0,19

Примітки: * – зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$.

З табл. 3.5 зрозуміло, що виявлено суттєвий позитивний вплив середньорічних температур за IV – VIII місяці на радіальний приріст у насадженні з індексами ураження «0» і «1» (контроль), а також від'ємні кореляції між індексами радіального приросту дерев із індексами ураження «3», «4» і «5». Подібні результати отримано і для середньорічних температур за III – X місяці. Отже, реакція дерев-живителів на заселення омелою простежується впродовж усього вегетаційного періоду. Також виявлено суттєвий позитивний вплив річної суми

опадів за IV – VI місяці на радіальний приріст у насадженні з індексом ураження «3». Тобто загалом простежуються чіткі закономірності щодо чутливості радіального приросту груп дерев із різними індексами ураження омелою до змін клімату. В посушливий період року омела поставала вагомим фактором скорочення радіального приросту дерев, тоді як у роки з достатнім водним забезпеченням такого ефекту не виявлено. Таким чином, омела біла спричиняє зниження адаптивного потенціалу міської рослинності до кліматичних змін, зокрема до впливу посух і високих температур.

З використанням даних, що представлені в табл. Е.1, а також у табл. Ж.1 – Ж.2, здійснено спробу визначити регресію між сумою опадів за IV – VI місяці (позначимо її символами h_{IV-VI}) та радіальним приростом у насадженні з індексом ураження «3» (вибірка після трансформації шляхом логарифмування $\ln x_i$, позначимо її символами ZR^{tr}_3), а також між середніми температурами за III – X місяці (h_{III-X}) та радіальним приростом у насадженні з індексами ураження «0» і «1» (контроль; вибірка після трансформації $1/x_i$, ZR^{tr}_1) і «4» (ZR_4). На існування таких статистичних залежностей вказували розсіювання даних вимірювань на відповідних точкових графіках у середовищі *MS Excel*.

Рівняння регресії між ознаками, що розглядаються, а також результати оцінювання їхньої якості відображені в табл. 3.6 (ознаки «сума опадів за IV – VI місяці, мм», «сума опадів за IV – VI місяці, мм», а також «середні температури за III – X місяці, °C» є незалежними змінними). Порівняння з розподілом Фішера свідчить про наявність регресії. На основі аналізу залишків за автокореляційним критерієм та критерієм Дарбіна-Уотсона «нульову» гіпотезу про взаємну незалежність залишків один від одного було підтверджено.

Таблиця 3.6

Результати регресійного аналізу зібраних даних

№	Назва групи ознак	Рівняння регресії (показники значущості)
1	«Сума опадів за IV – VI місяці, мм» і «радіальний приріст у насадженні з індексом ураження «3», мм»	$ZR^{tr}_3 = 0,8245 \ln h_{IV-VI} - 2,9572$ ($n = 24$; $r_{xy}^* = 0,49 \pm 0,19$, $t = 2,62 > t_{0,05} = 2,07$; $R^2 = 0,2219$, $F = 6,27 > F_{0,05} = 4,30$; $r_a = -0,21$, $r_{a0,05} = -0,33$, $DW = 2,41$ ($l_2 = 1,38$))

Продовж. табл. 3.6

№	Назва групи ознак	Рівняння регресії (показники значущості)
2	«Середні температури за III – X місяці, °C» і «радіальний приріст у насадженні з індексами ураження «0» і «1», мм»	$ZR_{11}^{tr} = 0,0031 T_{III-X}^{1,9505}$ ($n = 24$; $r_{xy}^* = 0,43 \pm 0,19$, $t = 2,24 > t_{0,05} = 2,07$; $R^2 = 0,1699$, $F = 4,50 > F_{0,05} = 4,30$; $r_a = 0,16$, $r_{a0,05} = 0,28$, $DW = 1,68$ ($l_2 = 1,38$))
3	«Середні температури за III – X місяці, °C» і «радіальний приріст у насадженні з індексом ураження «4», мм»	$ZR_4 = 17,4613 - 0,9150 T_{III-X}$ ($n = 24$; $r_{xy}^* = -0,51 \pm 0,18$, $t = 2,81 > t_{0,05} = 2,07$; $R^2 = 0,2550$, $F = 7,53 > F_{0,05} = 4,30$; $r_a = 0,00$, $r_{a0,05} = 0,28$, $DW = 2,00$ ($l_2 = 1,38$))

На рис. 3.6 (як ілюстрації результатів повного регресійного аналізу) наведено графік лінії регресії та границь її довірчих інтервалів для рівняння № 3 в табл. 3.6.

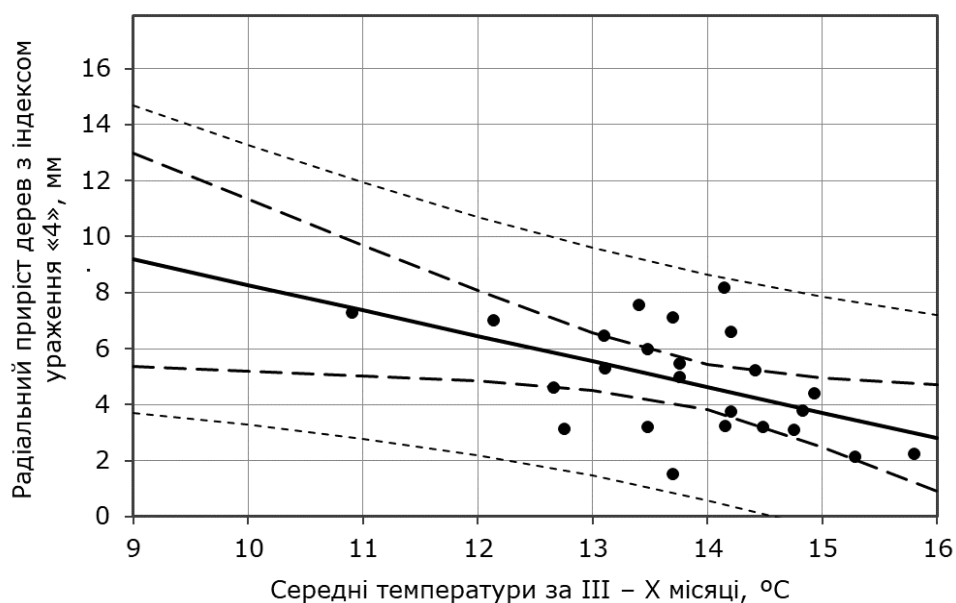


Рис. 3.6. Лінії регресії (суцільні), меж її довірчого інтервалу (штриховані) та довірчого інтервалу (пунктирні) вимірюваних величин радіального приросту в насадженні з індексом ураження «4»

Також нами здійснено спробу кількісно оцінити вплив посушливості клімату на радіальний приріст модельних дерев. Для цього розраховували індекс посушливості Мартонна (I) [37] за даними, що характеризують річну кількість опадів і річну температуру, табл. Ж.1 – Ж.2. Чим вищий цей індекс, тим воло-

гішим є клімат. Розрахунки показали, що для заданих умов індекс I варіював у межах від 20,08 (визначено для 2008 р.) до 40,27 (для 2003 р. відповідно), але спроби визначити взаємозв'язок між індексами посушливості та щорічним радіальним приростом у дерев із різним ступенем ураження омелою виявилися безуспішними.

3.3.3. Вплив на діаметр і міцність гілок

Досліджувані дерева мали 6-й ступінь ураження омелою, клас санітарно-гігієнічного стану за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова – 3. Загалом для аналізу відібрано 20 пар гілок (відтинки довжиною 45 – 78 см, діаметром 1,1 – 5,1 см, масою 95 – 800 г), результати вимірювань, а також визначення граничного тиску на розрив (варіював у межах 22,8 – 205,0 кг·с/см²) наведені в табл. И.1.

Діаметр d_1 для неінфікованих омелою гілок становив $3,37 \pm 0,16$ см, для інфікованих – $3,26 \pm 0,19$ см, тобто є меншим на 3 %, ніж у контролі; діаметр d_2 для неінфікованих омелою гілок становив $2,70 \pm 0,17$ см, для інфікованих – $2,44 \pm 0,16$ см, тобто є меншим на 9 %, ніж у контролі (чотири зразки вилучено з аналізу, оскільки вони обмежувалися діаметрами $d_1 - d_3$). Результати розрахунку критерію узгодженості Колмогорова-Смірнова під час порівняння двох емпіричних розподілів для діаметра d_1 такі: $K-S = 0,26$, $K-S_{st} = 0,12$, а для діаметра d_2 такі: $K-S = 0,23$, $K-S_{st} = 0,14$. Отже, на рівні значущості $p < 0,05$ можна стверджувати, що різниця між розглянутими розподілами є статистично достовірною (при цьому вплив рослини-напівпаразита простежується не тільки вище фіксації її кущів, а і нижче).

Граничний тиск на розрив для непошкоджених омелою гілок становив $92,0 \pm 10,4$ кг·с/см², для пошкоджених гілок – $66,1 \pm 7,5$ кг·с/см² (чотири зразки вилучено з аналізу, оскільки вони обмежувалися діаметрами $d_1 - d_3$, що унеможливлювало визначення величини P вище фіксації куща омели, див. рис. 2.6), тобто є меншим на 28 %, ніж у контролі. Результати розрахунку критерію узгодженості Колмогорова-Смірнова під час порівняння двох емпіричних розподілів для граничного тиску на розрив такі: $K-S = 2,39$, $K-S_{st} = 0,03$. Отже, на рівні

значущості $p < 0,05$ можна стверджувати, що і за цією ознакою розподіли для неінфікованих омелою гілок та інфікованих відрізняються істотно.

Наступним кроком було проведено кореляційно-регресійний аналіз між параметрами пошкоджених та непошкоджених гілок, а також між віком куща омели ($n = 17$; варіював у межах від 6 до 27 років) і діаметром інфікованої гілки d_4 вище місця його фіксації. Враховуючи об'єми кожної з досліджуваних вибірок (варіював від 16 до 20 варіант, тобто $n < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у варіаційних рядах із довжиною, діаметром і масою неінфікованих та інфікованих гілок, а також граничним тиском на розрив було підтверджено, а для варіаційного ряду з віком омели – відхилено.

Враховуючи, що правильне застосування коефіцієнта кореляції К. Пірсона передбачає нормальний розподіл сукупностей, з яких взяті вибірки, наступним кроком для даних, що характеризують вік омели, стала трансформація, яка нормалізує їхній розподіл. Аналіз виявив, що ефективним виявилось перетворення рівнів вихідного варіаційного ряду шляхом логарифмування ($\ln x_i$).

Результати кореляційно-регресійного аналізу між величинами граничного тиску на розрив і діаметром гілок відображені в табл. 3.7 (ознаки «діаметр неінфікованої гілки, см» і «діаметр інфікованої гілки, см» є незалежними змінними), формули № 1 – № 2. Діаметр неуражених омелою гілок d розраховували як середнє арифметичне між d_1 і d_2 . Діаметр уражених омелою гілок d розраховували як середнє арифметичне між d_4 і d_2 (чотири зразки вилучено з аналізу, як зазначено вище, вони обмежувалися діаметрами $d_1 - d_3$). Порівняння з розподілом Фішера показує, що регресії мають місце. На основі аналізу залишків за автокореляційним критерієм та критерієм Дарбіна-Уотсона «нульову» гіпотезу про взаємну незалежність залишків один від одного було підтверджено. Отримані лінії регресії на відповідних точкових графіках у середовищі *MS Excel* візуально відрізняються і мають різний кут нахилу до осі абсцис.

Таблиця 3.7

Результати регресійного аналізу зібраних даних

№	Назва групи ознак	Рівняння регресії (показники значущості)
1	«Граничний тиск на розрив, кг·с/см ² » і «діаметр неінфікованої гілки, см»	$P = -46,2439 + 45,5973 d$ ($n = 20$; $r_{xy}^* = 0,71 \pm 0,17$, $t = 4,26 > t_{0,05} = 2,10$; $R^2 = 0,5020$, $F = 18,15 > F_{0,05} = 4,41$; $r_a = -0,07$, $r_{a0,05} = -0,41$, $DW = 2,15$ ($l_2 = 1,41$))
2	«Граничний тиск на розрив, кг·с/см ² » і «діаметр інфікованої гілки, см»	$P = -20,5199 + 34,0393 d$ ($n = 16$; $r_{xy}^* = 0,72 \pm 0,18$, $t = 3,92 > t_{0,05} = 2,14$; $R^2 = 0,5227$, $F = 15,33 > F_{0,05} = 4,60$; $r_a = -0,12$, $r_{a0,05} = -0,43$, $DW = 2,25$ ($l_2 = 1,37$))
3	«Вік омели білої, років» і «діаметр гілки d_4 , см»	$A_{V.a.} = 3,1448 - 0,0004 d_4$ ($n = 17$; $r_{xy}^* = -0,75 \pm 0,17$, $t = 4,42 > t_{0,05} = 2,13$; $R^2 = 0,5657$, $F = 19,54 > F_{0,05} = 4,54$; $r_a = -0,19$, $r_{a0,05} = -0,45$, $DW = 2,39$ ($l_2 = 1,38$))

На основі зібраних даних також розраховано щільність деревини (за сирою масою) непошкоджених та пошкоджених омелою гілок, табл. И.2. Застосовуючи параметричний F -критерій Фішера на рівні значущості $p < 0,05$ встановлено, що різниця між щільністю деревини неінфікованих і інфікованих гілок є також статистично достовірною ($F = 2,45$, $F_{st} = 2,22$; щільність пошкоджених омелою гілок вища в 1,05 разу). Цей результат можна пояснити наявністю ендofітної системи паразита – гаусторії і ризоїди – у тканинах дерева-живителя [195, 237, 262].

Крім того, на основі аналізу зібраних даних виявлено від’ємну кореляцію між віком куца омели (позначимо його символами $A_{V.a.}$) і діаметром інфікованої гілки d_4 вище місця його фіксації. Рівняння регресії між цими ознаками, а також оцінка його якості відображені в табл. 3.7 (ознака «діаметр гілки d_4 , см» є незалежною змінною), формула № 3. Порівняння з розподілом Фішера показує, що регресія має місце. На основі аналізу залишків «нульову» гіпотезу про взаємну незалежність залишків один від одного було підтверджено.

На рис. 3.7 показано фрагмент ураженої напівпаразитом гілки. З нього чітко видно, що діаметр інфікованої омелою гілки є меншим, ніж діаметр гілки

того ж віку, але не інфікованої омелою, і чим старішим є кущ омели, тим більшою має бути ця різниця.



Рис. 3.7. Гілка дерева-живителя, на якій паразитує омела біла
(вік куща становить 15 років)

3.3.4. Вплив на приріст листя

Результати вимірювань маси і площі листя дерев-живителів омели представлені в табл. 3.8. Середня маса одного листка для непошкоджених гілок тополі становила $0,72 \pm 0,05$ г, для інфікованих – $0,54 \pm 0,04$ г; середня площа листкової пластинки для непошкоджених гілок тополі становила $26,47 \pm 2,17$ см², для пошкоджених – $20,26 \pm 1,58$ см².

Таблиця 3.8

Результати вимірювань маси і площі листя

№	Неінфіковані гілки		Інфіковані гілки	
	Маса листя, г	Середня площа листової пластинки, см ²	Маса листя, г	Середня площа листової пластинки, см ²
1	18	23,89	14	20,17
2	20	31,91	14	22,44
3	22	30,71	14	21,02
4	26	42,02	14	21,70
5	18	26,18	20	30,61
6	12	18,33	12	15,83
7	16	23,90	12	16,54
8	16	24,23	10	16,24
9	14	19,89	18	24,35
10	18	23,60	8	13,66

Враховуючи об'єми кожної з досліджуваних вибірок ($n = 10 < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у досліджуваних вибірках було підтверджено. Враховуючи отримані результати, для подальшого аналізу варіаційних рядів використано параметричні тести.

Правильне застосування t -критерію Стьюдента під час порівняння середніх арифметичних двох груп передбачає нормальність розподілу сукупностей, а також рівність генеральних дисперсій. Результати перевірки різниці дисперсій для двох досліджуваних груп (контроль та інфіковані гілки) для маси листя такі: $F = 1,30 < F_{0,05} = 3,18$; для площі листової пластинки такі: $F = 1,89 < F_{0,05} = 3,18$. На основі проведеного аналізу гіпотезу про рівність дисперсій було підтверджено. Отже, досліджувані вибірки взяті з однієї генеральної сукупності.

Аналіз зібраних даних дав змогу встановити, що омела біла спричиняє зменшення приросту фотосинтезувальних тканин на 24 % у порівнянні з контролем. Отже, рослина-напівпаразит зменшує наявність асимілятів не тільки шляхом їхнього безпосереднього вилучення із соку ксилеми дерев-живителів, про що зазначалося вище, але також опосередковано через вплив на масу та площу листя. Різниця між параметрами листя у здорових та заселених омелою дерев є статистично достовірною, табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Результати визначення достовірності різниці між середніми

Ознака	Об'єм димірної вибірки	Помилка різниці середніх, S_{dp}	Достовірність різниці між середніми арифметичними	
			t	$t_{0,05}$
Маса листя, г	20	1,68	2,62	2,10
Середня площа листової пластинки, см^2	20	2,69	2,31	

Отримані результати узгоджуються з результатами, отриманими дослідниками із США, Швейцарії та Великобританії [180, 198, 233, 243], які оцінювали вплив різних видів омели, що приурочені до хвойних таксонів, на масу і до-

вжину шпильок. Загалом за проаналізованими даними (п. 3.3) можна зробити висновок, що шкодочинність омели білої простежується як на рівні всього організму деревної рослини, так і на рівні його окремих частин – стовбура, гілок, листя.

3.4. Особливості розповсюдження виду

Результати натурних спостережень за омелою в ландшафтах міста Харків за період із 2006 по 2010 рр. представлені в табл. Г.2. Загалом на досліджуваній території виявлено 7 747 деревних рослин, інфікованих омелою, що представлені 39 видами: абрикос звичайний (0,48 % від загальної кількості дерев-живителів омели), береза повисла (0,89 % відповідно), бузок звичайний (*Syringa vulgaris* L.) (0,05 %), верба біла (0,53 %), верба ламка (0,04 %), вишня звичайна (0,04 %), в'яз гладкий (0,05 %), в'яз гірський (0,04 %), в'яз голий (0,04 %), гіркокаштан звичайний (1,39 %), глід колючий (*Crataegus oxyacantha* L.) (0,01 %), горобина звичайна (2,01 %), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.) (0,14 %), груша звичайна (0,03 %), дуб звичайний (0,61 %), клен гінала (*Acer ginnala* Maxim.) (0,01 %), клен гостролистий (14,02 %), клен сріблястий (22,87 %), клен ясенolistий (0,63 %), липа європейська (0,88 %), липа серцелиста (4,08 %), липа широколиста (2,36 %), лох сріблястий (0,12 %), осика (2,53 %), робінія звичайна (3,29 %), слива домашня (0,01 %), тополя бальзамічна (5,55 %), тополя біла (1,70 %), тополя Болле (0,21 %), тополя канадська (0,34 %), тополя пірамідальна (0,45 %), тополя срібляста (0,22 %), тополя чорна (16,15 %), яблуня домашня (1,03 %), яблуня сливолиста (0,05 %), ясен звичайний (14,51 %), ясен зелений (2,63 %). Найбільш численними серед них є: клен сріблястий, тополя чорна, ясен звичайний, клен гостролистий та тополя бальзамічна.

Загальна кількість дискретних груп омели, виявлених на досліджуваній території, становила 2 874: на ділянці № 1 виявлено 122 дискретних групи (4,24 % від загальної кількості дискретних груп), на ділянці № 2 – 652 (22,69 %

відповідно), на ділянці № 3 – 271 (9,43 %), на ділянці № 4 – 1142 (39,74 %), на ділянці № 5 – 438 (15,24 %), на ділянці № 6 – 249 (8,66 %). Максимальна кількість дерев-живителів омели, виявлених в одній дискретній групі, 167.

Найчастіше на досліджуваній території виявляли дискретні групи омели, на яких знаходилося від 1 до 5 кущів (індекс чисельності – «1»), а це вказує на те, що розповсюдження рослини в ще не заселені нею місця триває. Найбільше таких дискретних груп виявлено у північно-східній частині міста.

У різних частинах Харкова чисельність омели й динаміка її популяції суттєво відрізняються (рис. 3.8). У центральній-західній і південно-східній частинах міста щільність омели в перерахунку на квадрат UTM 1 км × 1 км значно більша, ніж на північному сході, у центральній і південно-східній частинах міста переважають стабільні локальні популяційні фрагменти, а у північно-східній частині – молоді. Загалом у місті простежується така тенденція: омела продовжує розповсюджуватися у північно-східному напрямку. Біокоридорами для цього є прирічкові насадження й насадження вздовж автомагістралей, по яких омела, ймовірно, і проникла на територію Харкова.

До 2000 р. омелу білу не виявляли ані в північно-східній частині модельного м. Харків, ані в північно-східних районах Харківської області (Вовчанський та Великобурлуцький райони). Це може бути пов'язане з особливістю ландшафтної структури вказаної території, де тривалий час переважали антропогенні ландшафти сільськогосподарського призначення. Деревні насадження штучного походження в них були переважно представлені лісосмугами за участю дуба звичайного, в'язів, ясенів зеленого і звичайного, тобто видів деревних рослин, які, за винятком двох останніх, омела біла майже не заселяє.

З іншого боку, первинним вектором поширення рослини в регіоні є омелюх [16], який під час зимівлі в Україні здебільшого уникає сільськогосподарських ландшафтів із розрідженими насадженнями. Тож можна припустити, що до моменту експансії житлової забудови міста Харків у північно-східному напрямку (район Північної Салтівки) на початку 1980-х років минулого століття,

на цій території були відсутні як біокоридори – лінійні насадження штучного походження, так і елементи ландшафтної матриці, сприятливі для птахів зазначеного виду. Разом зі збільшенням віку насаджень житлової забудови, у складі яких є види дерев-живителів омели, птахи почали розповсюджувати її насіння в насадження новозбудованих районів міста з найближчих осередків, де популяції цього напівпаразита вже існували. Таким чином, відбулося подальше проникнення омели білої на нові території як у межах, так і поза межами Харкова.

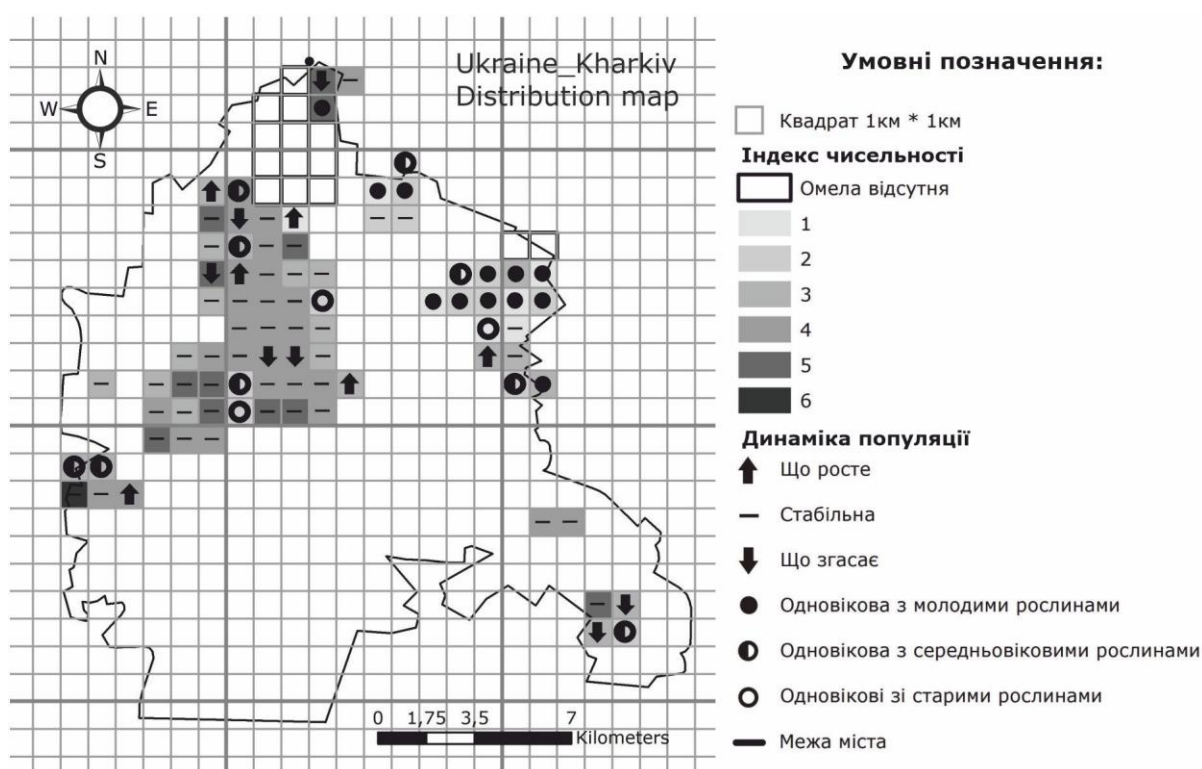


Рис. 3.8. Карта розповсюдження омели білої в ландшафтах м. Харків

Крім того, за результатами суцільного обліку омели білої в ландшафтах Харкова розроблено засобами комп'ютерної програми MS Access комп'ютерну базу даних «Розповсюдження *Viscum album* L. у місті». Модель створеної реляційної бази даних являє собою сукупність даних у вигляді таблиць, розбитих на рядки і стовпці, табл. К.1. Розроблена база даних складається із трьох взаємопов'язаних таблиць: «Класифікація *Viscum album* L. за віком», «Просторове

розповсюдження», «Індекс чисельності», структура яких відображена в табл. К.2 – К.4.

3.5. Структура популяції омели

За результатами натурної зйомки чисельності популяції омели білої на шести ділянках у різних частинах Харкова оцінювали кількість «молодих» (ювенільного класу віку), «зрілих» (генеративного 1-го та генеративного 2-го класів віку) та «старих» (сенільного класу віку) кущів омели, табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Розподіл кущів омели за віком на досліджених ділянках в м. Харків

Вікова група омели	Кількість кущів (візуальна оцінка)	Ділянка, №					
		1	2	3	4	5	6
«Молода» 1 – 5 років	Мінімальна	935	4056	757	6048	3278	1321
	Середня	1385	6084	1200	9056	4869	1964
	Максимальна	1835	8112	1643	12064	6461	2608
«Зріла» 6 – 20 років	Мінімальна	820	5085	852	7449	3854	1955
	Середня	1209	7636	1317	11193	5728	2927
	Максимальна	1599	10188	1782	14938	7603	3900
«Стара» 21 – 45 років	Мінімальна	848	2807	363	6520	2422	1103
	Середня	1254	4208	554	9797	3599	1638
	Максимальна	1661	5610	746	13074	4776	2173

Показники середньої кількості кущів на ділянках використано для побудови вікових пірамід локальних популяційних фрагментів омели у міських умовах (рис. 3.9). Із рис. 3.9 зрозуміло, що на ділянці № 1 переважають особини пререпродуктивної групи (35,99 % від загальної кількості кущів омели на ділянці), на решті п'яти ділянках – особини репродуктивної групи (відносна чисельність варіює від 37,25 % на ділянці № 4 до 44,83 % на ділянці № 6). За віковими пірамідами встановлено такі типи динаміки популяції омели білої: «популяція, що зростає» (ділянка № 1 у північній частині міста), «стабільна популяція» (ділянки № 2 – 6 у північно-західній, північно-східній, центральній, південно-західній та південно-східній частинах).

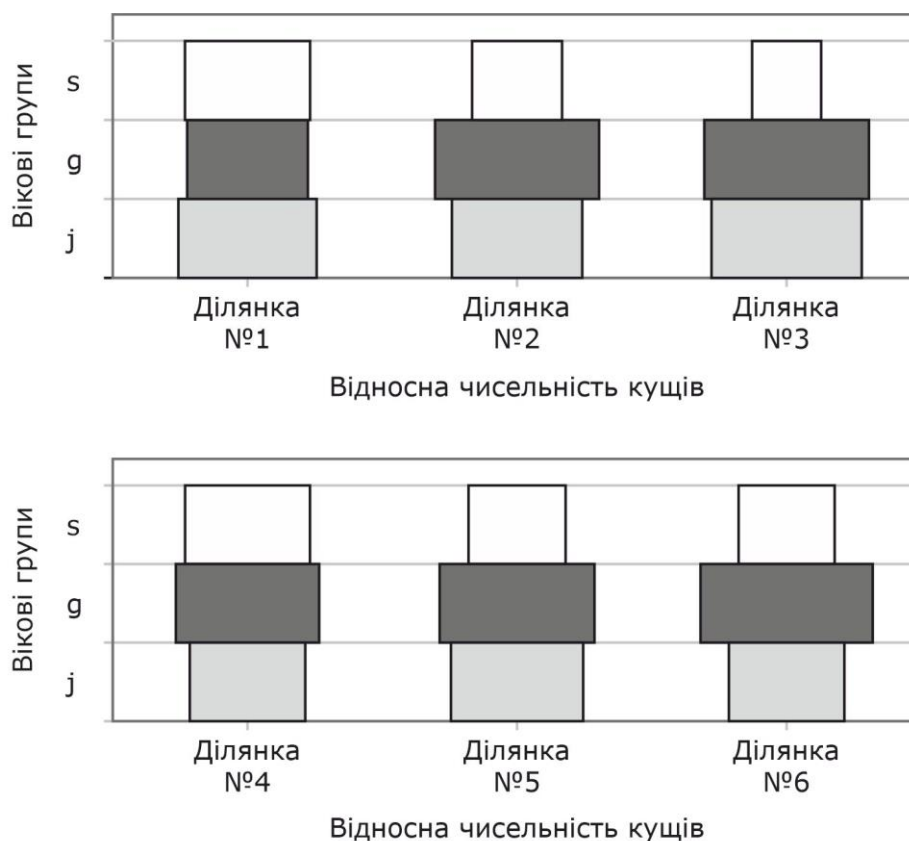


Рис. 3.9. Вікові піраміди локальних популяційних фрагментів омели у різних частинах м. Харків

Як зазначено вище (п. 1.3), співвідношення в популяції омели чоловічих та жіночих кущів дуже часто істотно відрізняється від співвідношення 1:1, зазвичай переважають жіночі рослини (понад 70 % популяції) [262].

На рис. 3.10 представлений фрагмент карти місцевості з даними натурних спостережень за омелою білою у центральній частині Харкова. Загально досліджено 25 ділянок площею 1 га кожна. Всього на цій території виявлено 24 дискретних групи омели, в яких знаходилося від 1 до 3 дерев. Загальна кількість дерев-живителів – 39. Щільність омели на ділянках у середньому становила 22 кущ./га, а тип розподілу особин популяції омели у просторі – груповий (або агрегований) ($I_o = 76$).

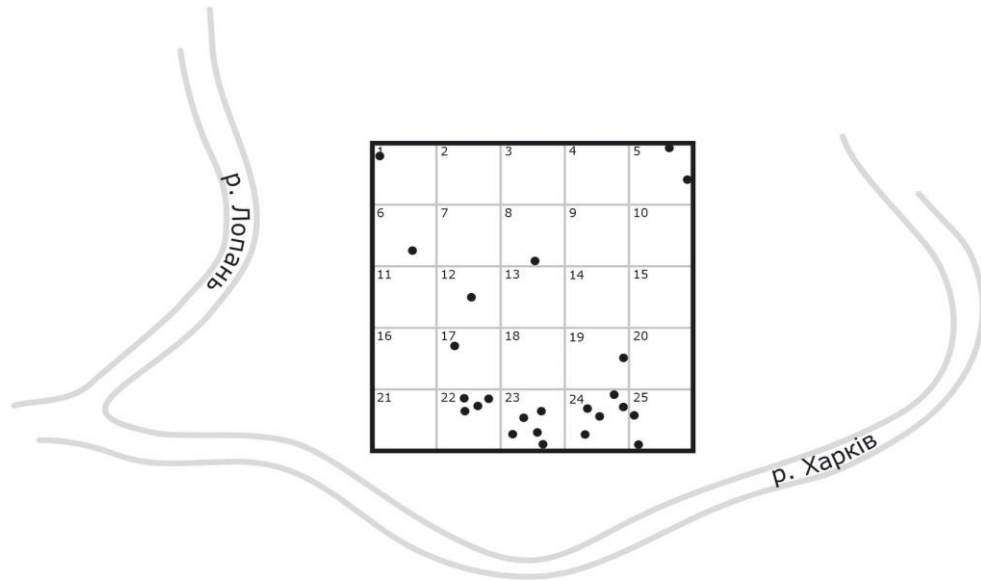


Рис. 3.10. Розподіл особин популяції омели у просторі в м. Харків

3.6. Моделювання динаміки популяції омели білої у міських умовах

3.6.1. Опис математичної моделі

Динаміка популяції омели в межах певної ділянки може бути відображена матричною моделлю:

$$\vec{m}_{t+1} = \hat{T} \cdot \vec{m}_t, \quad (3.1)$$

де $\vec{m}_t$ – вектор-стовпець, елементи якого $m_{i,t}$ є кількість кущів i -го віку розвитку ($i = 1, 2, \dots, 45$) в році t ;

$\hat{T}$ – матриця переходу, елементи якої T_{ij} визначають очікувану кількість кущів i -го віку розвитку, що з'являться в році $t + 1$ від кущів j -го віку розвитку попереднього року t .

Указана модель є варіантом моделі А. А. Маркова, в термінах якої елементи матриці переходу T_{ij} є ймовірностями переходу елементів у системі зі стану j у стан i , тобто на відміну від моделі М. Уільямсона, не можуть бути більшими за одиницю.

Треба зазначити, що особливо цікавим є стан популяції омели зі стабільним у часі розподілом кількості особин за віком. Зокрема такий стан забезпечується, якщо чисельність омели i -го віку розвитку (віку) виражається залежністю:

$$m_{i,t} = a_t q^{i-1}, \quad (3.2)$$

де a_t – кількість однорічних кущів омели у році t ;

q – співвідношення чисельності омели i -го і $i + 1$ -го років розвитку

$$q = \frac{m_{i+1,t}}{m_{i,t}}, \quad (3.3)$$

яке не змінюється з часом.

Позначимо символами $I_1 = 5$, $E_2 = 20$ і $E_3 = 45$ максимальний вік омели у роках, за яким вона може бути віднесена до групи «молодих», «зрілих» та «старих» особин. Тоді чисельності $M_{1,t}$, $M_{2,t}$, $M_{3,t}$ омели в межах кожної з цих груп у році t можна знайти у вигляді сум геометричних прогресій:

$$M_{1,t} = a_t + a_t q + a_t q^2 + \dots + a_t q^{I_1-1} = a_t \cdot \frac{1 - q^{I_1}}{1 - q}, \quad (3.4)$$

$$M_{2,t} = a_t q^{I_1} + a_t q^{I_1+1} + \dots + a_t q^{I_1+I_2-1} = a_t q^{I_1} \cdot \frac{1 - q^{I_2}}{1 - q}, \quad (3.5)$$

$$M_{3,t} = a_t q^{I_1+I_2} + a_t q^{I_1+I_2+1} + \dots + a_t q^{I_1+I_2+I_3-1} = a_t q^{I_1+I_2} \cdot \frac{1 - q^{I_3}}{1 - q}, \quad (3.6)$$

де $I_2 = E_2 - I_1 = 15$ і $I_3 = E_3 - I_2 = 25$.

Розділивши рівняння (3.5) на рівняння (3.6), знайдемо:

$$\frac{M_{2,t}}{M_{3,t}} = \frac{q^{-I_2} - 1}{1 - q^{I_3}}. \quad (3.7)$$

З рівняння (3.7) випливає, що

$$q = \frac{1}{\left[1 + \frac{M_{2,t}}{M_{3,t}} (1 - q^{I_3}) \right]^{\frac{1}{I_2}}}. \quad (3.8)$$

Рівняння (3.8) по суті є рекурентним співвідношенням, яке дозволяє вирахувати величину q методом ітерацій (послідовних наближень), якщо відомі інші величини, які до неї входять.

За вирахованою величиною q параметр розподілу a_t розраховують за рівнянням (3.5):

$$a_t = \frac{M_{2,t} \cdot (1 - q)}{q^{I_1} \cdot (1 - q^{I_2})}. \quad (3.9)$$

У зв'язку з припущенням, що в омели майже немає природних ворогів (після проростання молода омела росте на гілках дерев, що дозволяє їй уникати багатьох видів тварин, які можуть нею житися, наприклад кролів, козуль, оленів, кіз, овець, мишей тощо [262]), елементи матриці переходу за проміжок часу, що дорівнює одному року, можуть бути представлені у вигляді:

$$T_{i,j} = \begin{cases} \lambda, & \text{якщо } i = 1 \text{ та } E_n \leq j \leq 45 \\ 1, & \text{якщо } i > 1 \text{ та } j = i - 1 \\ 0, & \text{у іншому випадку} \end{cases}, \quad (3.10)$$

де λ – середній за віком коефіцієнт розмноження;

E_n – вік омели (у роках), з якого вона здатна плодоносити.

Коефіцієнт розмноження λ (кінцева швидкість розмноження) – єдиний параметр матричної моделі, який необхідно визначити.

У наш час механічне видалення уражених омелою дерев чи гілок у містах України (в межах яких спектр природних ворогів омели звужується до людини) має локальний характер, оскільки вимагає значних капіталовкладень, а тому не може розглядатися як суттєвий чинник впливу на популяцію омели загалом.

У зв'язку з припущенням про відсутність смертності омели в період досягнення нею граничного віку 45 років, можна зробити висновок, що співвідношення для визначення коефіцієнта розмноження має такий вигляд:

$$\lambda = q^{-I_1}(1-q)(1-q^{I_3})^{-1}. \quad (3.11)$$

Максимальний час T (у роках) розвитку популяції омели від моменту появи перших особин у році t визначається за співвідношенням

$$a_t q^{T-1} = 1, \quad (3.12)$$

звідси виходить, що:

$$T = \frac{\ln(a_t^{-1})}{\ln(q)} + 1. \quad (3.13)$$

3.6.2. Налаштування моделі за даними спостережень

Для налаштування матричної моделі використані дані натурної зйомки чисельності популяції омели білої на шести ділянках у різних частинах м. Харків (див. табл. 3.10). Найбільш заселеними омелою є ділянки № 2 (район Павлового Поля) і № 4 (центр міста). Це дає змогу припустити, що локальні по-

пуляційні фрагменти на цих ділянках близькі до стабільного розподілу чисельності омели за віком.

Матричну модель налаштовували у два етапи. На першому етапі задавали середні значення чисельності популяції омели зрілого $M_{2,t}$ і старого $M_{3,t}$ віків для кожної з ділянок та розраховували відповідні величини знаменника геометричної прогресії q і чисельність a_t омели першого року розвитку. Далі розраховували стабільні розподіли чисельності омели за віком і чисельності трьох її вікових груп $M_{1,t}$, $M_{2,t}$, $M_{3,t}$. Якщо під час порівняння чисельності першої вікової групи (омела «молода») не виходила за межі інтервалу, обмеженого мінімальною та максимальною граничними величинами спостережень, то припускали, що перший етап налаштування успішно завершено.

Розглянемо процедуру налаштування матричної моделі за даними обстежень на ділянці № 2 детально. Задавши середні значення чисельності популяції омели зрілого $M_{2,t} = 7636$ і старого $M_{3,t} = 4208$ віку за рекурентним співвідношенням (3.8) оцінено параметр $q = 0,944$. Ця величина q дає наступні стабільні розподіли омели за віковими групами: $M_{1,t} = 4423$ ($4056 < 4423 < 8112$, див. табл. 3.10), $M_{2,t} = 7636$, $M_{3,t} = 4210$. На рис. 3.11 представлений відповідний модельований стабільний розподіл чисельності омели за віком на ділянці № 2. При цьому чисельність особин омели першого року розвитку становить $a_t = 990$.

Для оцінювання величини середнього коефіцієнта розмноження λ припускалося, що плодоношення омели E_n починається в 6 років і триває до її загибелі після досягнення граничного віку 45 років. З урахуванням величини знаменника геометричної прогресії q коефіцієнт розмноження популяції, розрахований за співвідношенням (3.11), $\lambda = 0,098$. Аналогічну процедуру налаштування матричної моделі проведено за даними обстеження на решті п'яти досліджуваних ділянках.

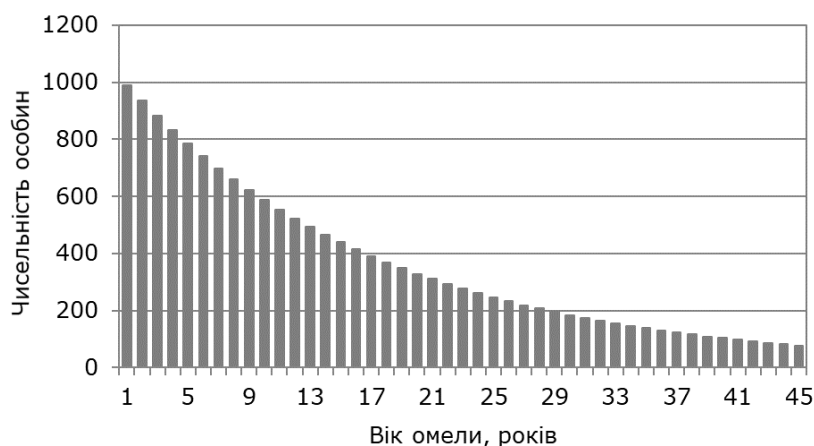


Рис. 3.11. Розподіл чисельності особин омели за віком на ділянці № 2
(одна із найбільш заселених ділянок у місті)

На рис. 3.12 представлені модельні величини чисельності трьох вікових груп омели разом із даними натурних спостережень, що визначають довірчі інтервали величин.

Як видно із наведених графіків (див. рис. 3.12), модельні чисельності $M_{1,t}$ групи молодих рослин на ділянках № 2, № 3 і № 6 знаходяться в довірчих інтервалах. Це свідчить, що гіпотеза щодо розподілу чисельності омели за віком згідно з геометричною прогресією (3.2) не може бути відхилена з урахуванням тих даних натурних спостережень, які є в наявності (див. табл. 3.10), і приймається як робоча.

Величина $M_{1,t}$ на ділянках № 1, № 4 і № 5 виходила за межі довірчих інтервалів (при цьому для двох ділянок, № 4 і № 5, теоретична величина $M_{1,t}$ була доволі близькою до емпіричної). З цієї причини на другому етапі налаштування параметрів моделі для ділянок № 1, № 4, № 5 здійснювали спроби підібрати величину q таким чином, щоб чисельності усіх трьох груп не виходили за довірчі інтервали, що вказані в табл. 3.10.

Для ділянки № 1 зниження величини q до значення 0,942 забезпечило входження чисельності усіх трьох вікових груп омели у довірчі інтервали, обмежені мінімальною та максимальною граничними величинами спостережень,

рис. 3.13. Аналогічно для ділянки № 4 величина q була знижена до значення 0,951, а для ділянки № 5 – до значення 0,945.

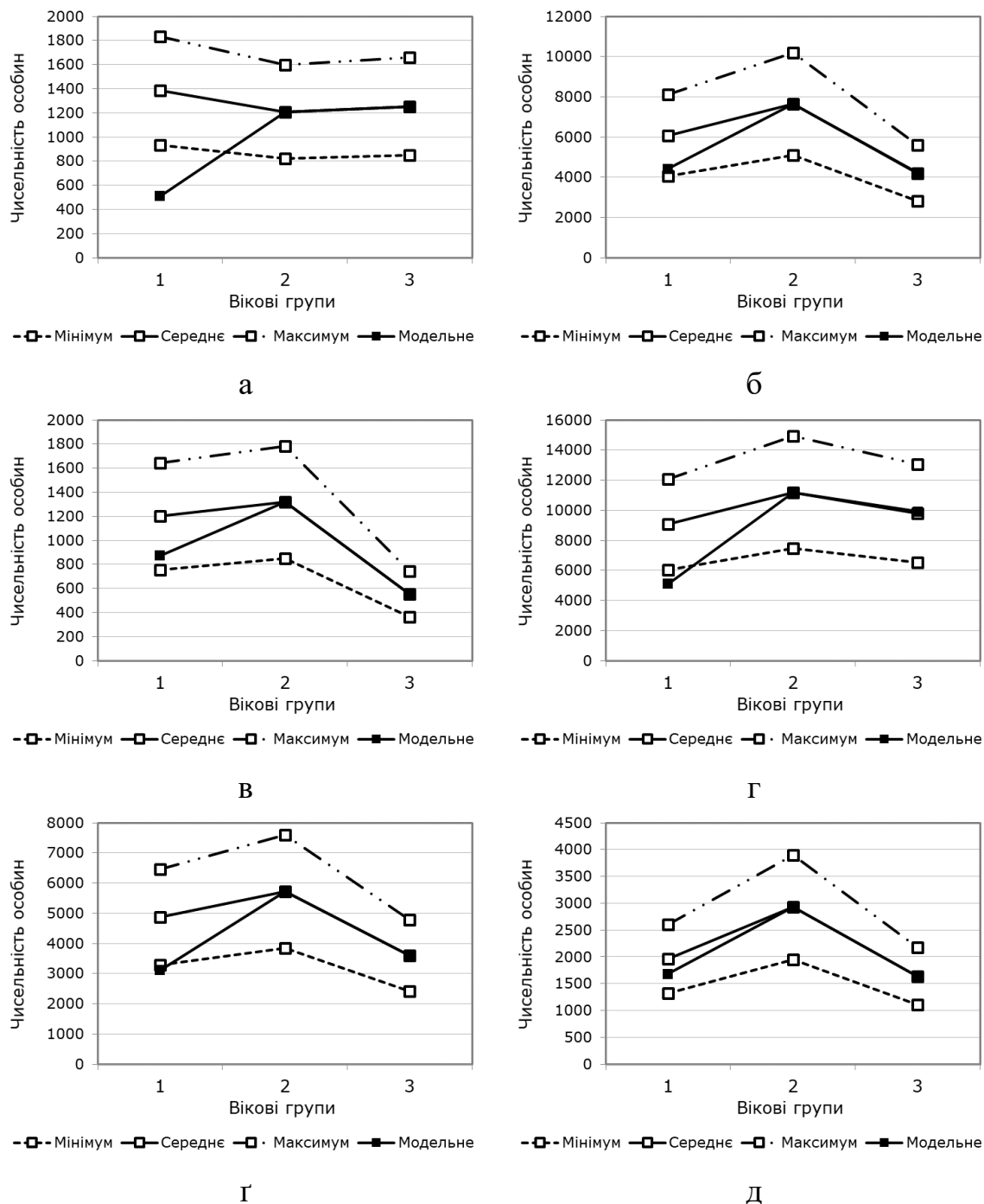


Рис. 3.12. Чисельність вікових груп омели на досліджуваних ділянках (а – ділянці № 1 ($q = 0,976$; $a_t = 107$); б – ділянці № 2 ($q = 0,944$; $a_t = 990$); в – ділянці № 3 ($q = 0,930$; $a_t = 201$); г – ділянці № 4 ($q = 0,968$; $a_t = 1092$); ґ – ділянці № 5 ($q = 0,950$; $a_t = 686$); д – ділянці № 6 ($q = 0,944$; $a_t = 376$))

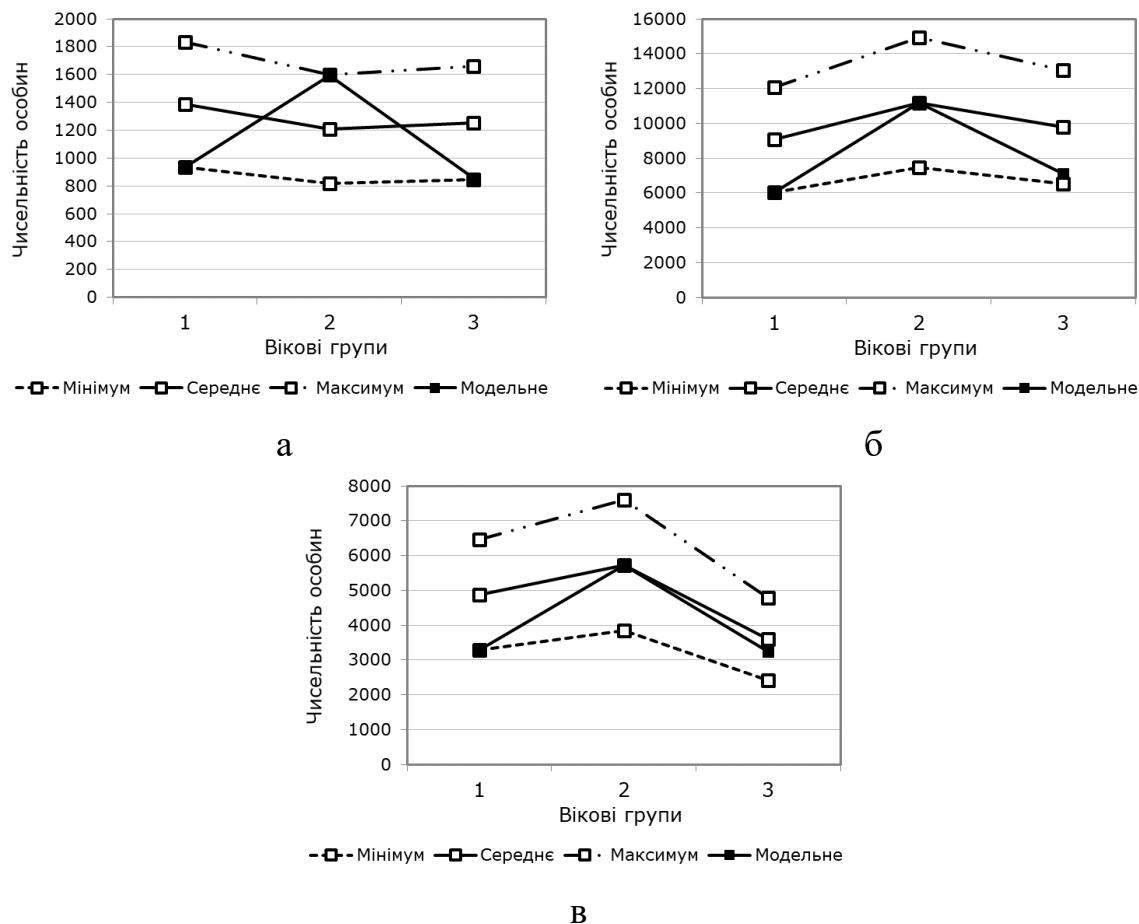


Рис. 3.13. Чисельність вікових груп омели на ділянках

(а – ділянці № 1 ($q = 0,9421$; $a_t = 160$); б – ділянці № 4 ($q = 0,9508$; $a_t = 1335$);в – ділянці № 5 ($q = 0,945$; $a_t = 733$))

Таким чином, дані натурних спостережень, які є в наявності, не дозволяють спростувати сформульовану модельну гіпотезу (3.2) стосовно стабільного розподілу чисельності омели за віком і для ділянок № 1, № 4 та № 5.

Результати розрахунку величини коефіцієнта розмноження λ за формулою (3.11) разом із іншими модельними характеристиками популяції омели білої на шести досліджуваних ділянках наведені в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Модельні характеристики популяції омели білої

№ ділянки	q	a_t	λ , 1/рік	$M_{1,t}$	$M_{2,t}$	$M_{3,t}$	M_t
1	0,942	160	0,101	937	1595	854	3387
2	0,944	990	0,098	4423	7636	4210	16270
3	0,930	201	0,121	872	1317	554	2743

Продовж. табл. 3.11

№ ділянки	q	a_t	λ , 1/рік	$M_{1,t}$	$M_{2,t}$	$M_{3,t}$	M_t
4	0,951	1335	0,088	6050	11193	7091	24335
5	0,945	733	0,097	3280	5728	3232	12241
6	0,944	376	0,097	1683	2927	1639	6249

Оцінка адекватності моделі в умовах наявних даних. Якщо оцінка кількості «молодих» кущів омели (3.9) за емпірично визначеними параметрами a_t і q відповідала даним спостережень із урахуванням похибки, то модель визнавалася прийнятною.

Розроблена модель надає можливість проводити аналіз змін у часі чисельності кущів омели білої, розподілу їх за віком як у ретроспективі, так і на перспективу.

3.6.3. Ретроспективні розрахунки змін чисельності популяції омели

Максимальний час T розвитку популяції омели білої від моменту появи перших особин у році t , який розраховували за формулою (3.13), для ділянки № 1 становить 97 років, для ділянки № 2 – 113 років, для ділянки № 3 – 83 роки, для ділянки № 4 – 136 років, для ділянки № 5 – 111 роки, для ділянки № 6 – 98 років.

З урахуванням періодів обліку рослини у місті час появи перших особин омели на ділянці № 1 можна приблизно датувати 1912 р., на ділянці № 2 – 1896 р., № 3 – 1926 р., № 4 – 1873 р., № 5 – 1898 р., № 6 – 1911 р. На рис. 3.14 представлений модельований ретроспективний розподіл чисельності популяції омели білої на ділянці № 2.

Модельні величини T , розраховані для досліджуваних ділянок, були порівняні з експертними оцінками T_e , які визначали на основі вивчення відповідних літературних джерел, табл. 3.12. З табл. 3.12 зрозуміло, що модельні оцінки для ділянок № 1 і № 4, № 5 і № 6 досить близькі до експертних, для решти двох ділянок різниця суттєвіша.

Таблиця 3.12

Результати ретроспективного аналізу

Ділянка	Модельна оцінка T , рік	Експертна оцінка T_e
1	1912	Відомості відсутні
2	1896	Друга половина 70-х років, початок 80-х XX ст. [45]
3	1926	Друга половина 70-х років, початок 80-х XX ст. [45]
4	1873	Приблизно 1831 р. [135]
5	1898	Відомості відсутні
6	1911	Приблизно 1931 р. [29, 50]



Рис. 3.14. Модельований ретроспективний розподіл чисельності популяції омели білої на ділянці № 2

3.6.4. Прогностичні розрахунки змін чисельності популяції омели

Кількість кущів омели першого року розвитку в кожному наступному році $t + 1$ дорівнює добутку коефіцієнта розмноження λ , що розрахований за формулою (3.11), на кількість кущів омели, які здатні плодоносити (тобто віком від 6 до 45 років) у поточному році t .

Результати перспективного аналізу змін чисельності популяції омели білої на ділянці № 2 на 20-й рік після проведення польових спостережень представлені на рис. 3.15.

Прогноз показує, що на ділянці № 1 загальна кількість кущів омели на 20-й рік після проведення натурної зйомки зросте від 2 568 до 9 394 кущів (тоб-

то збільшиться приблизно у три рази); на ділянці № 2 – від 16 270 до 57 985 кущів (у чотири рази); на ділянці № 3 – від 2 743 до 12 500 кущів (у п'ять разів); на ділянці № 4 – від 24 335 до 76 547 кущів (у три рази); на ділянці № 5 – від 12 241 до 42 725 кущів (у три рази); на ділянці № 6 – від 6 249 до 21 964 кущів (у чотири рази). Таким чином, найбільш стрімко чисельність омели зростатиме на ділянці № 3, у мікрорайоні Салтівки, а найповільніше – на ділянці № 4, в центральній частині міста.

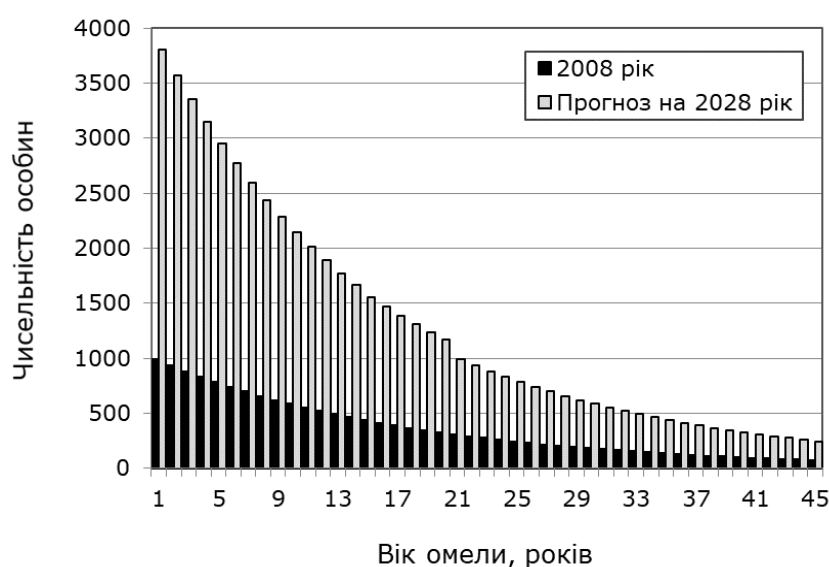


Рис. 3.15. Сценарій розвитку популяції омели білої на ділянці № 2

Моделювання популяції омели білої (зокрема запровадження сценаріїв щодо змін її чисельності на перспективу) може стати одним із інструментів, який дасть змогу визначати порядок першочерговості заходів щодо впливу на рослину-напівпаразита у містах.

3.6.5. Моделювання випадкового знищення рослин

На сьогодні найбільш надійним заходом боротьби з омелою білою в умовах міста залишається механічне видалення уражених нею гілок або повне вилучення дерева у разі дуже сильного ураження, що регламентовано на законодавчому рівні «Правилами утримання зелених насаджень у населених пунктах України» [91].

За допомогою моделі (3.2) встановлено, що у разі застосування механічного контролю чисельності і поширення омели найбільш ефективним заходом є видалення гілок із «молодими» та «зрілими» кущами, що забезпечує максимальне зниження швидкості росту популяції у майбутньому (наприклад, на ділянці № 2 через 20 років), рис. 3.16.

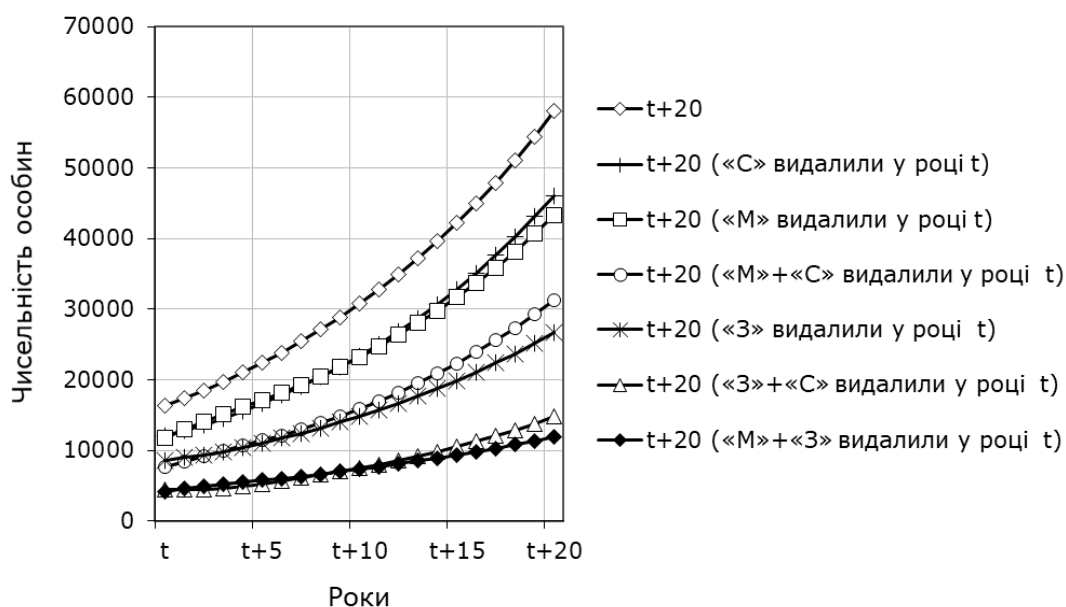


Рис. 3.16. Перспективи росту популяції омели за умови втручання людини на ділянці № 2 (символом «М» позначено молоді кущі омели, «З» – зрілі, «С» – старі)

3.7. Механізми взаємодії «омела – вектор»

Під час моделювання динаміки популяції омели білої ми не враховували первинний вектор поширення виду – птахів. Водночас ріст їхньої чисельності, ймовірно, може позитивно позначатися на рості колонізаційних плям паразита. На таке припущення нас наштовхнули результати оцінювання впливу омели на радіальний приріст деревини в парку імені М. Горького та зіставлення з динамікою чисельності омелюха, рис. 3.17. На графіку (див. рис. 3.17) чітко простежуються піки та спади чисельності популяції птахів, які значною мірою збіга-

ються із піками та спадами радіального приросту дерев-живителів омели з високим ступенем ураження.

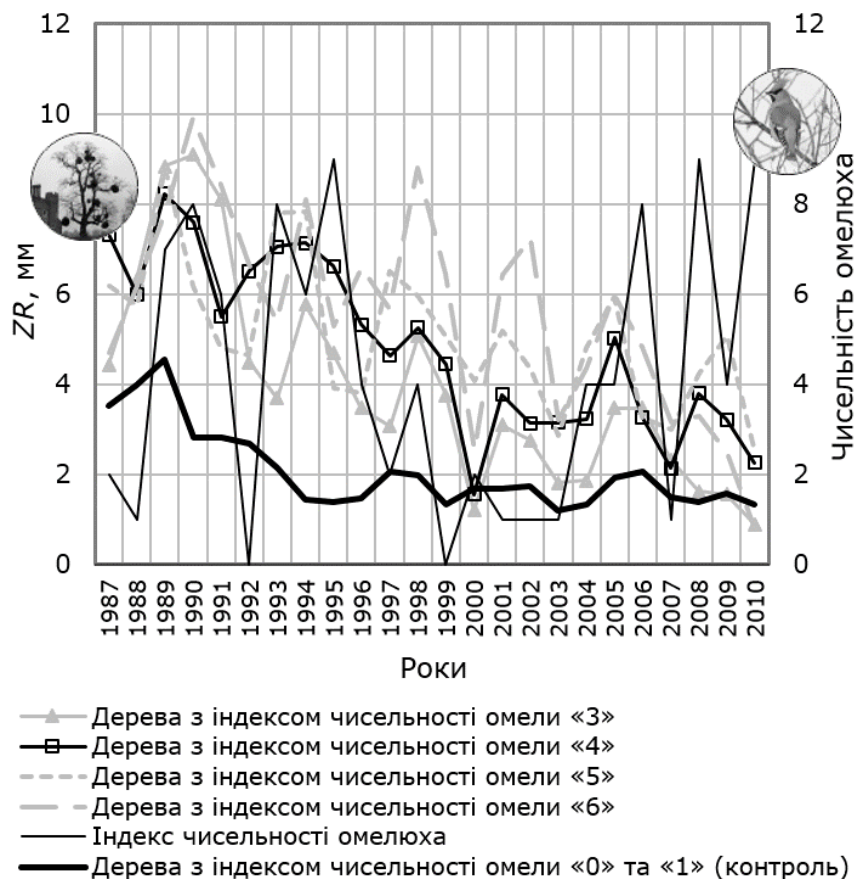


Рис. 3.17. Динаміка чисельності омелюха та радіального приросту (ZR) клена сріблястого з різним ступенем пошкодження омелою в парку імені М. Горького в м. Харків

Вихідні дані для аналізу часових рядів представлені в табл. Е.1 (радіальний приріст дерев-живителів омели, оцінених індексами ураження «0» і «1», було виключено з подальших досліджень, навіть якщо на дереві і з'явилося від 1 до 5 кущів омели, то суттєвого впливу на радіальний приріст дерева вони відразу не нестимуть) та в табл. 3.13 (охоплюють період із 1985 по 2011 рр., тобто за 26 років).

Таблиця 3.13

**Результати польових спостережень за омелюхом
на території Центрального парку культури та відпочинку
імені М. Горького (автор даних: Ю. І. Вергелес)**

Сезон	Індекс чисельності омелюха	Сезон	Індекс чисельності омелюха	Сезон	Індекс чисельності омелюха
1985/1986	7	1994/1995	6	2003/2004	1
1986/1987	5	1995/1996	9	2004/2005	4
1987/1988	2	1996/1997	4	2005/2006	4
1988/1989	1	1997/1998	2	2006/2007	8
1989/1990	7	1998/1999	4	2007/2008	1
1990/1991	8	1999/2000	0	2008/2009	9
1991/1992	6	2000/2001	2	2009/2010	4
1992/1993	0	2001/2002	1	2010/2011	9
1993/1994	8	2002/2003	1	—	—

Автокореляційний аналіз п'яти досліджуваних часових рядів дав змогу виявити лаги, на яких значення автокореляційної функції виходили за межі довірчих інтервалів навколо нульового значення коефіцієнта кореляції (при цьому виконувалося відношення $n / 4$). Так, для часового ряду з індексами чисельності омелюха (позначимо його символами N_B) на 7-му лагу (період у 19 сезонів від 1985/1986 до 2003/2004 рр.) коефіцієнт автокореляції становив -0,476 (при критичному значенні -0,412 на рівні значущості $p < 0,05$), для часових рядів із радіальним приростом дерев-живителів, оцінених індексами ураження «3» (позначимо його символами ZR_3), «4» (ZR_4), «5» (ZR_5) і «6» (ZR_6) на 2-му лагу (період у 23 роки із 1987 по 2009 рр.) коефіцієнти автокореляції r_a становили 0,741, 0,707, 0,294 і 0,469 відповідно (при критичному значенні 0,238, $p < 0,05$). Отже, представлені у них дані не є випадковими стохастичними коливаннями.

Результати оцінювання стаціонарності досліджуваних часових рядів за методом послідовного групування: для варіаційного ряду з радіальним приростом дерев-живителів, оцінених індексом ураження «6» (кількість ступенів вільностей $df = 13$), відмінності між середніми окремих відрізків були несуттєвими, тому «нульову» гіпотезу про його стаціонарність відносно центральної тенденції було підтверджено, для часових рядів з індексами чисельності омелюха

($df = 11$), а також радіальним приростом дерев-живителів, оцінених індексами ураження «3», «4» і «5» ($df = 13$), – відхилено.

Враховуючи об'єми кожного з досліджуваних часових рядів (варіював від 19 до 23 варіант, тобто $n < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу спостережень у варіаційних рядах було затверджено.

Для визначення функціонального взаємозв'язку між досліджуваними часовими рядами використовували коефіцієнт кореляції К. Пірсона. Період, який охоплював аналіз, становив 16 років, від 1987 до 2002 рр. Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції (з поправкою) представлені в табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Кореляційні коефіцієнти між індексними хронологіями омелюха та радіальним приростом дерев із різним ступенем ураження омолою

Досліджувані часові ряди	Досліджувані часові ряди				
	N_B	ZR_3	ZR_4	ZR_5	ZR_6
N_B	1,00	–	–	–	–
ZR_3	0,47	1,00	–	–	–
ZR_4	0,57*	0,83*	1,00	–	–
ZR_5	0,20	0,53*	0,64*	1,00	–
ZR_6	0,06	0,82*	0,63*	0,56*	1,00

Примітки: * – зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$.

Із табл. 3.14 зрозуміло, що виявлено зв'язок між часовими рядами індексів чисельності омелюха та радіального приросту дерев-живителів, згрупованих за ступенем ураження «4». Отже, гіпотеза про наявність взаємозв'язку між чисельністю омели білої та птахів-розповсюджувачів її насіння (на прикладі омелюха) на основі тих даних, які є в наявності, не може бути відхилена.

Висновки до розділу 3

1. В умовах Харкова за трьома екологічними факторами – загальний терморезим клімату, вологість клімату та режим затінення, – склалися оптимальні для омели білої умови. Екологічний фактор, близький до субпессимуму, –

морозистість клімату. Зростає омела біла на помірно забезпечених азотом субстратах, рН яких варіює в межах від 5,0 до 7,0.

2. Реалізована в умовах м. Харків трофічна ніша омели білої представлена 39 видами дерев (екологічним оптимумом можна вважати такий набір видів: клен сріблястий, тополя чорна, ясен звичайний, клен гостролистий та тополя бальзамічна). Найбільш привабливими для омели видами дерев у складі міських зелених насаджень є тополя чорна та її гібриди з непірамідальною формою крони, осика, яблуня домашня, тополя біла, тополя Болле, горобина звичайна, верба біла, ясен звичайний, клен сріблястий, тополя бальзамічна та її гібриди з непірамідальною формою крони, робінія звичайна, груша звичайна.

3. За санітарним станом міські насадження Харкова оцінені як перехідні від ослаблених до суховерхівкових (середнє значення індексу санітарного стану $2,50 \pm 0,03$; омела біла зумовлює погіршення санітарного стану дерев на один клас). У 1998 р. середнє значення цього індексу становило $2,37 \pm 0,02$, тобто за останні двадцять років можна констатувати деяке погіршення якісного стану рослинності у місті.

4. Середні значення річного приросту деревини клена сріблястого закономірно збільшуються у міру зростання індексу чисельності омели: для дерев з індексами ураження «0» і «1» у середньому вони становили 2,09 мм, для дерев із індексами ураження «3» – «6» – 3,99 мм (тобто є вищими майже вдвічі у порівнянні з контролем).

5. У посушливий період року омела поставала вагомим фактором зменшення радіального приросту клена сріблястого, тоді коли у роки з достатнім водним забезпеченням такого ефекту не виявлено, тобто простежуються чіткі закономірності щодо чутливості радіального приросту груп дерев із різними індексами ураження омелою до змін клімату.

6. Діаметр інфікованих гілок тополі канадської вище місця фіксації куща омели є меншим (у середньому на 9 %), так само як і міцність (у середньому на

28 %) та приріст листової маси (у середньому на 24 %) у порівнянні із неінфікованими.

7. У центральнo-західній і південно-східній частинах Харкова щільність омели в перерахунку на квадрат UTM 1 км × 1 км значно більша, ніж на північному сході, у центральній і південно-східній частинах міста переважають стабільні локальні популяційні фрагменти, а у північно-східній частині – молоді. Загалом у місті омела продовжує розповсюджуватися у північно-східному напрямку.

8. Типи динаміки локальних фрагментів популяції омели у місті, встановлені за аналізом вікової структури, є такими: «популяція, що зростає» (ділянка № 1) та «стабільна популяція» (ділянки № 2 – 6). Співвідношення в популяції чоловічих і жіночих кущів дуже часто істотно відрізняється від співвідношення 1:1, жіночі рослини можуть становити понад 70 % популяції. Тип розподілу особин популяції омели у просторі – груповий (або агрегований).

9. За допомогою моделі, появу перших особин омели в місці на ділянці № 1 можна приблизно датувати 1912 р., на ділянці № 2 – у 1896 р., № 3 – у 1926 р., № 4 – у 1873 р., № 5 – у 1898 р., № 6 – у 1911 р. Отримані результати близькі до експертних оцінок.

10. Прогнозування свідчить, що на ділянках № 1, № 4 і № 5 загальна кількість кущів омели через 20 років після проведення польових спостережень збільшиться приблизно утричі; на ділянках № 2 і № 6 – у чотири рази; на ділянці № 3 – у п'ять разів. Найбільш стрімко чисельність омели зростатиме на ділянці № 3, у Салтівському житловому масиві, а найповільніше – на ділянці № 4, в центральній частині міста.

11. У разі механічного контролю чисельності і поширення омели найбільш ефективним заходом є видалення гілок із «молодими» та «зрілими» кущами, що забезпечує максимальне зниження швидкості росту популяції у майбутньому.

12. Існує тісний взаємозв'язок між індексами чисельності омелюха і динамікою радіального приросту клена сріблястого, згрупованого за індексом чисельності «4»: $r_{xy}^* = 0,57$ (є статично значущим на рівні $p < 0,05$).

Результати досліджень, представлені у цьому розділі, висвітлено у публікаціях: «Омела біла (*Viscum album* L.) у міському ландшафті: дослідження змін чисельності популяції у ретроспективі та на перспективу» [97], «Прикладні аспекти екологічного менеджменту популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях (на прикладі м. Харків)» [98], «Сучасні проблеми екологічної безпеки насаджень урбанізованих територій» [99], «Увага: омела біла. До питання контролю розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) у насадженнях міст Східного Лісостепу України» [100], «Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на стан зелених насаджень» [101], «Економічна ефективність технології захисту зелених насаджень від впливу омели білої (*Viscum album* L.)» [104], «Використання геоінформаційних технологій в дослідженні особливостей розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) на території м. Харків» [107], «Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях для контролю її поширення та чисельності» [108], «Особливості поширення омели білої (*Viscum album* L.) на території міста Харкова» [109], «Дослідження взаємозв'язку між чисельністю омели білої (*Viscum album* L.) та омелюха (*Bombycilla garrula* L.) у міському ландшафті» [110], «Дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на приріст біомаси дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.)» [111], «Оцінка впливу омели білої на санітарний стан міських насаджень» [112], «Моделювання розвитку популяції омели білої (*Viscum album* L.) у міському ландшафті» [114], «Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) для забезпечення сталого розвитку садово-паркового господарства міст» [115], «Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на динаміку радіального приросту клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.) в Лісостеповій зоні України» [116], «Результати дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на продуктивність насаджень» [117], «До-

слідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.)» [118], «Щодо вдосконалення методики дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.)» [119], «Результати досліджень поширення омели білої (*Viscum album* L.) в ландшафтах центральної частини м. Харків» [120], «The White Mistletoe's (*Viscum album* L.) population modeling and control in urban areas» [234].

РОЗДІЛ 4

ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПОШИРЕННЯ ТА ЧИСЕЛЬНІСТЬ ОМЕЛИ БІЛОЇ

Коефіцієнт розмноження популяції омели λ в умовах Харкова у середньому становить 0,1003 (варіює в межах від 0,088 до 0,121, див. табл. 3.11). Визначимо екологічні фактори, які зумовлюють такі варіації кінцевої швидкості розмноження популяції омели білої у міських умовах.

4.1. На рівні особин дерев-живителів

Модельні дерева-живителі ростуть у подібних умовах, мають приблизно однакові характеристики стану крони (знаходяться на рівні намету), діаметр на рівні погруддя ($51,96 \pm 2,95$ см), клас за висотою ($21,6 \pm 0,38$ м) та вік (близько 60 років). Повний набір даних одержано для 10 дерев, заселених омелою, не вилучених під час реконструкції парку.

Досліджуваний статистичний комплекс (табл. Л.1) включає 10 об'єктів, для кожного з яких вимірювали 17 ознак: x_1 – діаметр стовбура на рівні погруддя, см; x_2 – висота дерева, м; x_3 – індекс чисельності омели; x_4 – положення крони в наметі; x_5 – клас крони; x_6 – клас експозиції крони; x_7 – діаметр крони (максимальний), м; x_8 – діаметр крони (мінімальний), м; x_9 – відносна протяжність крони; x_{10} – показник периферійного відмирання; x_{11} – щільність крони; x_{12} – прозорість листя; x_{13} – ступінь дефоліації; x_{14} – індекс ґрунтових умов; x_{15} – ступінь ущільнення ґрунту; x_{16} – індекс санітарно стану дерев за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова; x_{17} – категорія стану дерева згідно з «Санітарними правилами у лісах України».

Враховуючи об'єми досліджуваних вибірок ($n = 10 < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-

Уїлка. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у восьми вибірках із діаметром стовбура на рівні погруддя, висотою дерева, індексом чисельності омели, діаметрами крони (максимальний і мінімальний), показниками периферійного відмирання і щільності крони, а також показником прозорості листя було підтверджено, для решти дев'яти досліджуваних вибірок – відхилено.

Для виявлення функціональних взаємозв'язків між досліджуваними ознаками розраховували непараметричний коефіцієнт кореляції рангів Ч. Е. Спірмена (табл. Л.2). На основі проведених розрахунків виявлено тісний додатний взаємозв'язок між індексами чисельності омели та показниками периферійного відмирання крони, ступенем дефоліації, класом санітарного стану дерева за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова, а також категорією стану дерева згідно із «Санітарними правилами у лісах України».

Результати кореляційного аналізу узгоджуються з результатами грецьких дослідників, які встановили [230], що омела ялівцева спричиняє дефоліацію крони дерев-живителів, і не суперечать результатам наших власних досліджень впливу омели білої на санітарний стан дерев у складі біотичних угруповань штучного походження (п. 3.3.1) і приріст листя (п. 3.3.4). Водночас не виявлено жодного взаємозв'язку між чисельністю омели на дереві і його анатомічними особливостями. Перевіримо правильність зроблених попередніх висновків із застосуванням більш потужного методу аналізу варіабельності даних – аналізу головних компонент.

Визначення головних компонент здійснювали за кореляційною матрицею ознак, власні значення якої виявилися рівними 6,343, 4,740, 2,202, 1,529, 0,999, 0,524, 0,328, 0,253, 0,081. Для визначення розмірності факторного простору застосовували критерій Кайзера (кількість компонент дорівнює кількості власних чисел, які мають значення більше «1»). Таким чином, доцільно розглянути перші чотири головні компоненти, які спільно пояснюють 87,14 % загальної дисперсії (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Статистичні характеристики головних компонент

№	Власні значення	Частка загальної дисперсії, %	Кумулятивне власне значення	Кумулятивна дисперсія, %
1	6,343	37,309	6,343	37,31
2	4,740	27,883	11,083	65,19
3	2,202	12,955	13,285	78,15
4	1,529	8,996	14,814	87,14

Аналогічні результати отримано при застосуванні критерію відсіювання Р. Кеттелла, який передбачає побудову графіка «кам'янистого осипу»: кількість компонент визначається приблизно за точкою перегину, коли графік втрачає свою кривизну і виходить на приблизно постійний рівень (при цьому враховують тільки ті компоненти, які розміщені зліва від вказаної точки) (рис. 4.1).

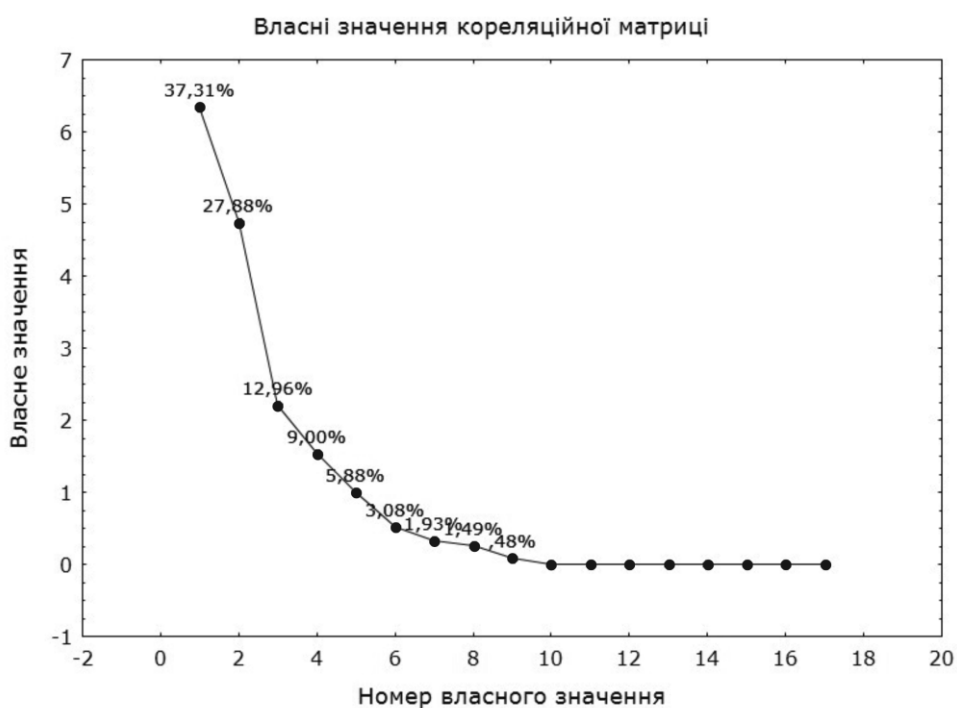


Рис. 4.1. Графічний критерій «кам'янистого осипу»

Перші чотири власних вектори кореляційної матриці представлені в табл. 4.2, коефіцієнти кореляції головних компонент з ознаками – в табл. 4.3.

Таблиця 4.2

Власні вектори кореляційної матриці ознак

Ознака	C_1	C_2	C_3	C_4
x_1	-0,223	-0,369	-0,125	0,030
x_2	0,043	-0,117	-0,424	-0,452
x_3	-0,333	0,177	-0,157	-0,107
x_4	0,120	0,339	-0,070	-0,370
x_5	0,210	0,314	-0,194	-0,281
x_6	0,155	0,224	0,474	-0,223
x_7	-0,310	-0,246	-0,116	0,094
x_8	-0,306	-0,209	-0,016	-0,054
x_9	0,013	-0,272	-0,203	-0,441
x_{10}	-0,314	0,005	0,045	-0,388
x_{11}	0,245	-0,195	-0,287	0,081
x_{12}	-0,208	-0,112	0,437	-0,224
x_{13}	-0,334	0,182	0,069	-0,106
x_{14}	0,129	-0,345	0,280	-0,153
x_{15}	0,128	-0,324	0,314	-0,235
x_{16}	-0,328	0,190	0,023	0,116
x_{17}	-0,333	0,184	-0,015	-0,034

Таблиця 4.3

Коефіцієнти кореляції головних компонент з ознаками

Ознака	C_1	C_2	C_3	C_4
x_1	-0,562	-0,803*	-0,185	0,037
x_2	0,108	-0,254	-0,630	-0,559
x_3	-0,838*	0,385	-0,233	-0,133
x_4	0,303	0,737*	-0,104	-0,458
x_5	0,529	0,683	-0,287	-0,347
x_6	0,389	0,488	0,704*	-0,275
x_7	-0,780*	-0,536	-0,172	0,117
x_8	-0,771*	-0,455	-0,024	-0,067
x_9	0,033	-0,591	-0,301	-0,545
x_{10}	-0,791*	0,010	0,066	-0,479
x_{11}	0,617	-0,424	-0,426	0,100
x_{12}	-0,524	-0,244	0,648	-0,277
x_{13}	-0,842*	0,397	0,103	-0,131
x_{14}	0,326	-0,751*	0,415	-0,189
x_{15}	0,322	-0,705*	0,466	-0,291
x_{16}	-0,827*	0,413	0,034	0,144
x_{17}	-0,838*	0,402	-0,022	-0,042

Примітки: * – виділено навантаження, які $> 0,70$.

Проаналізуємо отриману структуру факторів. Так, перша виділена вісь C_1 , що відповідає власному значенню 6,343, має високі коефіцієнти кореляції (від

0,7 до 1) з ознаками x_3 , x_7 , x_8 , x_{10} , x_{13} , x_{16} та x_{17} . Ці ознаки характеризують певні сторони як інтенсивності зараження деревних рослин омелою білою (ознака x_3), так і індивідуальні характеристики дерев-живителів (ознаки x_7 , x_8 , x_{10} та x_{13}) та їхній санітарний стан (ознаки x_{16} та x_{17}). Друга виділена вісь C_2 має високі кореляції з ознаками x_1 , x_4 , x_{14} , x_{15} , які певною мірою характеризують індивідуальні особливості дерев (ознаки x_1 та x_4) та ґрунтові умови, в яких вони ростуть (ознаки x_{14} та x_{15}). Третя компонента C_3 тісно корелює з ознакою x_{16} , тобто з класом експозиції крони. Для четвертої осі C_4 , яку виділено в аналізі, високих кореляцій виявлено не було.

Зупинимося детальніше на першій головній компоненті, яка має високі коефіцієнти кореляції з ознакою «індекс чисельності омели», а тому є найцікавішою. На рис. 4.2 представлено графік факторних координат для першої та другої виділених осей.

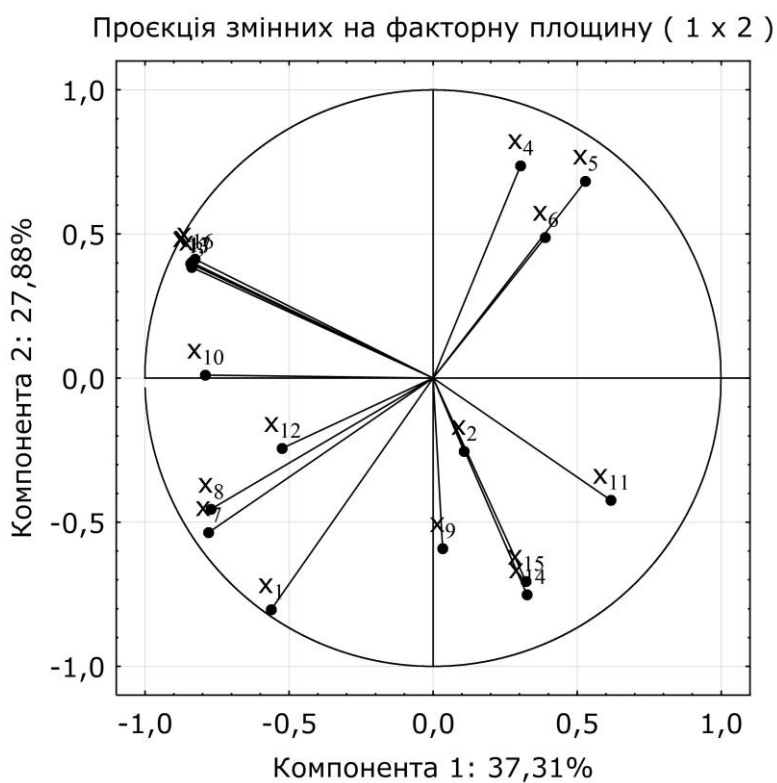


Рис. 4.2. Графік факторних координат

Оскільки поточний аналіз базується на кореляціях, максимальне значення координати не може перевищувати 1,0. Крім того, квадрати всіх факторних координат для всіх змінних (тобто квадрати кореляцій між змінною та всіма факторами) не можуть перевищувати значення 1,0. Таким чином, усі факторні координати потрапляють в одиничну окружність, виведену на графіку. Таке коло є візуальним індикатором того, наскільки добре кожна змінна відтворюється поточним набором факторів. Оскільки змінні x_3 , x_7 , x_8 , x_{10} , x_{13} , x_{16} , x_{17} розміщені доволі близько до лінії одиничної окружності, можна зробити висновок, що у системі знайдених координат вони відтворені доволі добре.

Результати аналізу головних компонент узгоджуються з результатами кореляційного аналізу. Крім того, виявлено тісні взаємозв'язки між індексами чисельності омели й діаметром крони дерева-живителя у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Таким чином, отримані результати підтверджують припущення Н. Ю. Таран зі співавторами [139] про високу ймовірність впливу форми крони дерева-живителя на процес закріплення насіння омели на гілках, коли зі збільшенням кута між гілкою та стовбуром (у діапазоні $0^\circ - 90^\circ$) зростає ризик ушкодження дерев напівпаразитом [96]. У зв'язку з тим, що модельні дерева відбирали у середньовікових насадженнях, значущих кореляцій між індексами чисельності омели та діаметром деревної рослини на рівні погруддя, а також її висотою не виявлено.

4.2. На рівні біоценозу

У процесі заміни природних екосистем штучними в них з'являються характерні риси, зокрема послаблюється автотрофний блок, порушуються трофічні зв'язки та ін. [60]. У попередніх дослідженнях (п. 3.3) ми зосередилися на ізолюваних негативних ефектах присутності омели білої у складі біотичних угруповань штучного походження. Позитивні наслідки від зараження дерев

омелою виникають у масштабах урбоєкосистеми та пов'язані зі збільшенням її видового різноманіття у вегетаційний і позавегетаційний періоди (рис. 4.3 – 4.4). Невід'ємним компонентом урбоєкосистеми (територіальної сукупності біогеоценозів [28]) є біоценоз.

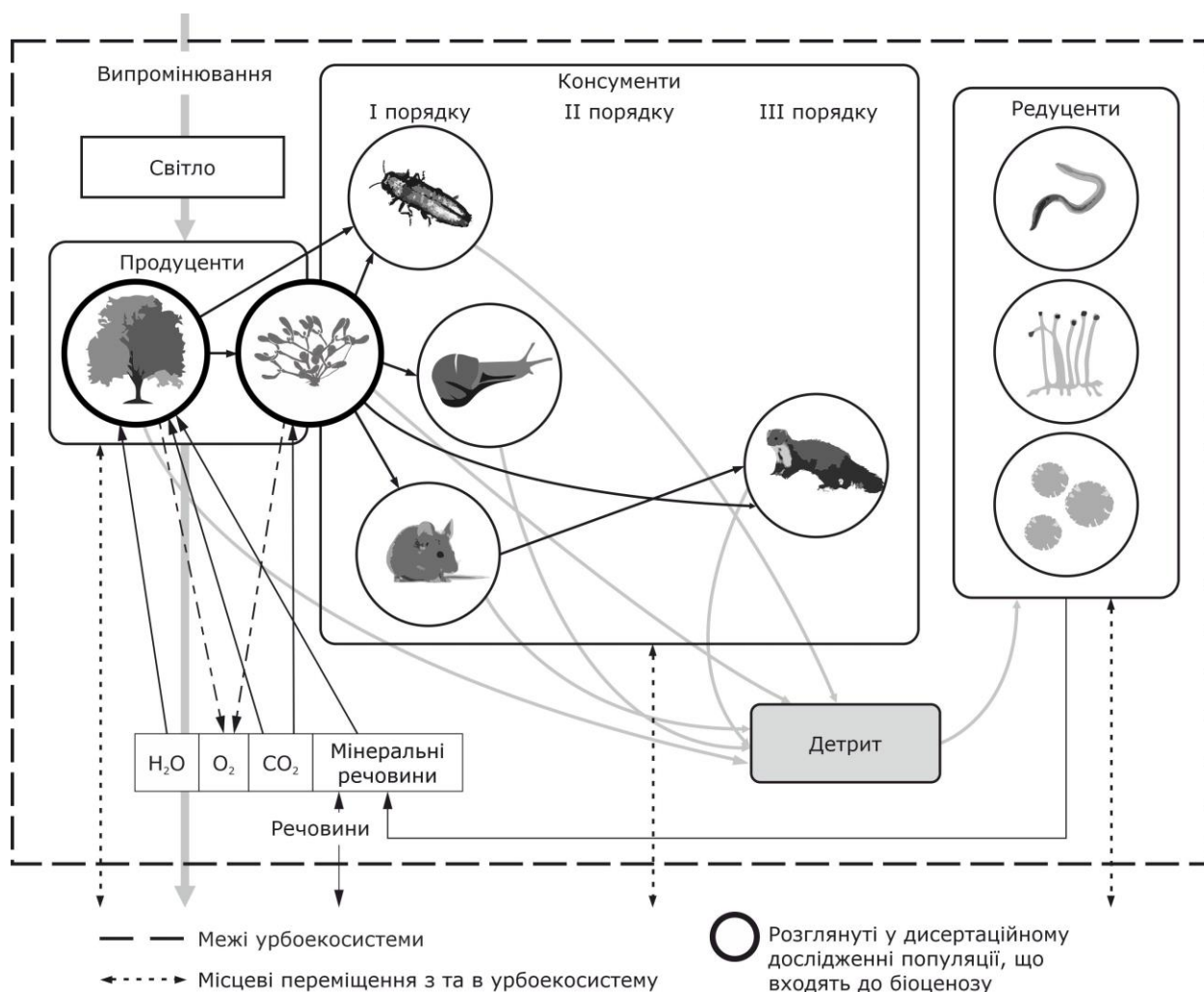


Рис. 4.3. Спрощена трофічна мережа урбоєкосистеми м. Харків у вегетаційний період

На рівні біоценозу ми вже розглянули взаємодію популяції омели з популяціями дерев-живителів (п. 3.3) і птахів-розповсюджувачів її насіння (п. 3.7). У цьому дослідженні основну увагу було приділено взаємозв'язкам між популяцією омели білої та видовим багатством і видовою різноманітністю насаджень.

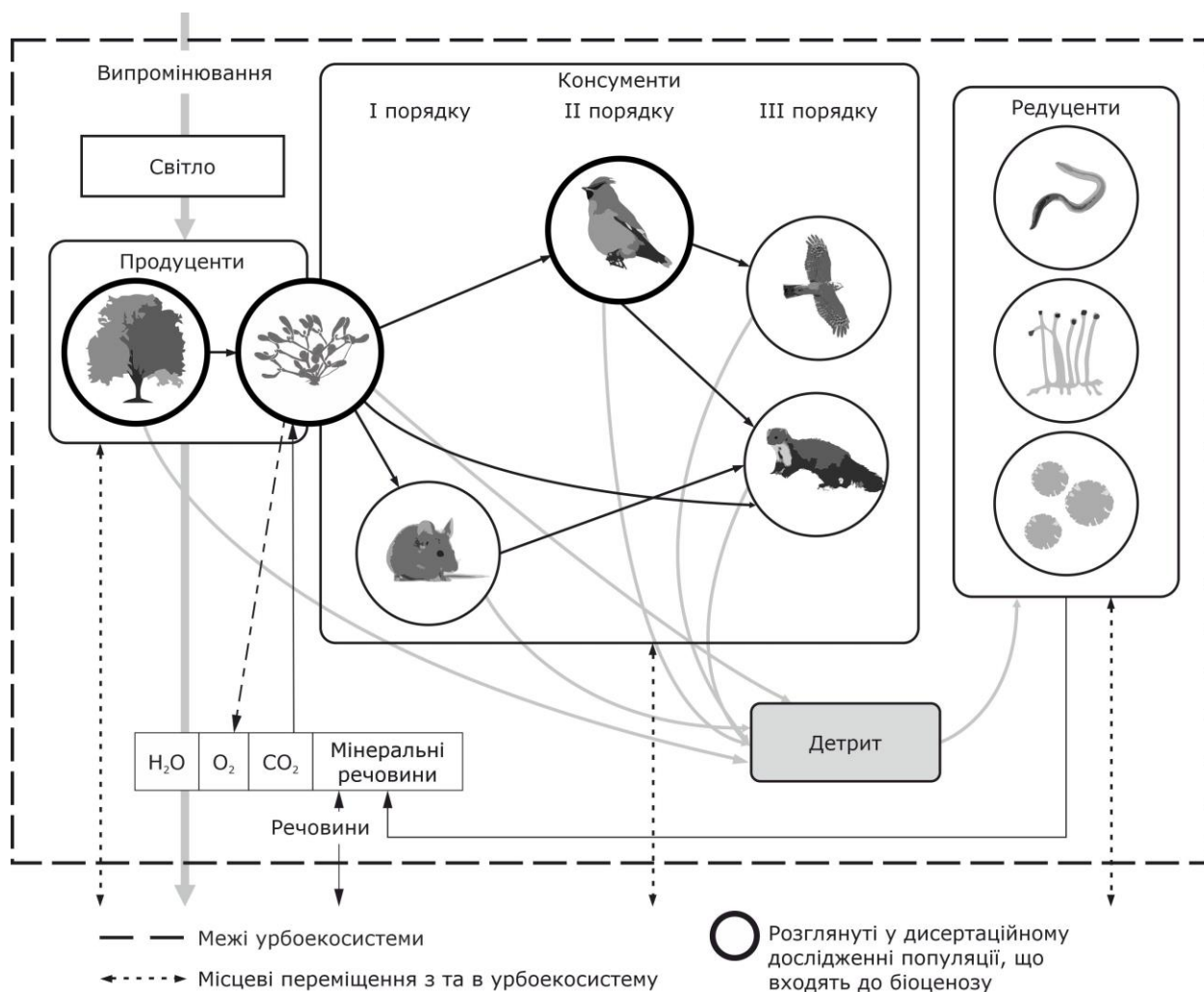


Рис. 4.4. Спрощена трофічна мережа урбоекосистеми м. Харків
у позавегетаційний період

Вихідні дані для аналізу наведені в табл. Г.1 – Г.2. Результати розрахунку показників видового багатства та видової різноманітності насаджень на 15 досліджуваних ділянках, а також щільності популяції омели білої представлені в табл. М.1.

Враховуючи об'єми досліджуваних вибірок ($n = 15 < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень у трьох вибірках із показниками видового багатства та видової різноманітності насаджень було підтверджено, натомість для вибірки із показником щільності омели білої – відхилено.

Для визначення функціонального взаємозв'язку між досліджуваними ознаками застосовували непараметричний коефіцієнт кореляції Спірмена. На основі проведених розрахунків встановлено, що щільність омели білої тісно корелює з видовим багатством деревостану: $r_s = 0,70$ (зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$). Цей результат можна пояснити тим, що у міру збільшення видової різноманітності зростає ймовірність появи у складі біотичних угруповань штучного походження видів деревних рослин, які є досить привабливими для омели.

Водночас достовірної кореляції щільності популяції омели білої з показниками видового різноманіття насаджень не виявлено (рис. 4.5).

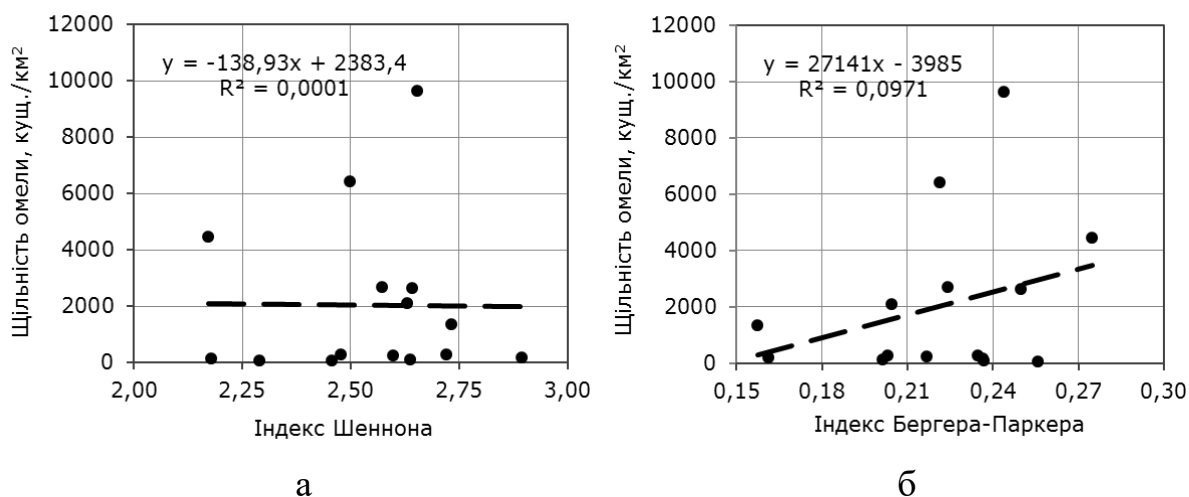


Рис. 4.5. Зіставлення щільності популяції омели і показників видового різноманіття насаджень (а – індекс Шеннона; б – індекс Бергера-Паркера)

Оптимальною вважають видову різноманітність угруповання, за якої індекс Бергера-Паркера не перевищує $1/20$ (тобто частка того чи іншого виду не перевищує 5 %). У межах 15 досліджуваних ділянок міста цю межу значно перевищують частки клена гостролистого, гіркокаштана звичайного, лип серцелистої та широколистої, а також берези повислої (використання цих видів доцільно оптимізувати в озелененні).

4.3. На рівні ландшафту

Досліджуваний статистичний комплекс (табл. Н.1) формують 15 об'єктів, для кожного з яких вимірювали 80 ознак: x_1 – щільність омели білої, кущ./км²; x_2 – щільність дискретних груп омели, 1/км²; x_3 – середня відстань між деревами, м; x_4 – частка площі забудови; x_5 – кількість окремих фрагментів насаджень, шт.; x_6 – частка площі зелених насаджень; x_7 – плямистість насаджень, км/км²; x_8 – щільність вулично-дорожньої мережі, км/км²; x_9 – переважаючий вік дерев у насадженнях, років (на першому етапі аналізу враховували ознаки, які характеризують ландшафт у загальних рисах); x_{10} – щільність інфікованої берези повислої, 1/км²; x_{11} – щільність інфікованої груші звичайної, 1/км²; x_{12} – щільність інфікованої верби білої, 1/км²; x_{13} – щільність інфікованого гіркокаштана звичайного, 1/км²; x_{14} – щільність інфікованого клена гостролистого, 1/км² і т. д. (на другому етапі загальну кількість досліджуваних ознак було розширено за рахунок усіх видів дерев-живителів омели, які були виявлені на ділянках); x_{30} – щільність абрикоса звичайного, 1/км²; x_{31} – щільність аличі, 1/км²; x_{32} – щільність берези повислої, 1/км² і т. д. (на третьому етапі загальну кількість досліджуваних ознак було розширено за рахунок усіх видів дерев, які виявили у складі міських зелених насаджень на 15 ділянках). Враховуючи, що окремі види дерев і дерев-живителів були виявлені на поодиноких ділянках, загальний обсяг досліджуваних вибірок зменшили від 80 до 44 (тобто для 36 ознак середня виявилася недостовірною без жодної можливості виокремити сумнівні варіанти).

Враховуючи об'єми досліджуваних вибірок ($n = 15 < 50$), для перевірки їхньої відповідності нормальному розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка. За результатами трьох проведених тестів робочу гіпотезу щодо нормальності розподілу даних спостережень для ознак x_6 , x_{32} і x_{51} (3 ознаки) було підтверджено, для решти досліджуваних ознак (41 ознака, тобто більш ніж 90 %, у т. ч., вибірка з даними по щільності омели) – відхилено. Враховуючи отримані результати для виявлення функціональних взаємозв'язків між досліджуваними

ознаками розраховували коефіцієнт кореляції рангів, який запропонував Ч. Е. Спірмен.

Результати кореляційного аналізу між досліджуваними ознаками (табл. Н.2) свідчать, що щільність омели (і її дискретних груп) додатно корелює зі щільністю вулично-дорожньої мережі, переважаючим віком дерев у насадженнях, щільністю семи видів дерев-живителів – клена сріблястого, робінії звичайної, горобини звичайної, тополь бальзамічної, чорної і Болле, ясена звичайного, – а також чотирьох інших видів дерев у складі міських зелених насаджень – в'язів граболистого і гірського, ялини колючої і тополі чорної. Також виявлено від'ємні кореляції між щільністю омели і щільністю двох видів дерев у складі насаджень – тополь китайської та пірамідальної.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що перехід дерев у зрілу і сенільну фази розвитку сприяє їхньому ураженню омелою, що не суперечить результатам іранських дослідників, які встановили, що зі збільшенням діаметра дерев на рівні погруддя (закономірно збільшується з віком) зростає ризик їхнього ураження рослиною-напівпаразитом [165]. Омела може закріпитися лише на гілці певного діаметра, який перевищує діаметр її плода (6 – 10 мм [248]), що ускладнює її проникнення на саджанці та підріст. На основі експериментальних даних встановлено, що ризик ураження зелених насаджень рослиною-напівпаразитом істотно зростає після досягнення ними 30-річного віку, що важливо в аспекті контролю її поширення.

Також встановлено, що щільність омели білої тісно пов'язана зі щільністю інфікованих клена сріблястого, робінії звичайної, горобини звичайної, тополь бальзамічної, чорної і Болле, а також ясена звичайного. Тісну кореляцію між щільністю омели і щільністю інфікованої горобини звичайної можна пояснити тим, що плодами цього виду дерев живиться омелюх, який, як уже зазначено, є основним агентом розповсюдження омели в зелених насадженнях Харкова [16]. Решта заселюваних видів дерев мають специфічні архітекtonіку і щільність крони, твердість деревини тощо, але є великорозмірними з потужною

наметоподібною кроною, що робить їх добре помітними для птахів, які розповсюджують насіння омели.

Маркерами рослини-напівпаразита в ландшафті є шість видів дерев: в'язи граболистий і гірський, ялина колюча, тополі китайська, пірамідальна і чорна.

Для кількісної оцінки виявлених взаємозв'язків проведено повний регресійний аналіз (табл. Н.3) (ознака «щільність омели білої, кущ./км²» є відкликом; маркери рослини-напівпаразита не враховували). Порівняння з розподілом Фішера свідчить про наявність регресій. На основі аналізу залишків за автокореляційним критерієм та критерієм Дарбіна-Уотсона «нульову» гіпотезу про взаємну незалежність залишків один від одного було підтверджено.

Для ознак, які характеризують ландшафт у загальних рисах, найвищий показник детермінації має модель, що враховує ознаки «щільність омели білої, кущ./км²» і «щільність вулично-дорожньої мережі, км/км²» (63 % варіації ознаки x_1 визначається варіюванням ознаки x_8); для ознак, які характеризують види дерев-живителів омели, – модель, що враховує ознаки «щільність омели білої, кущ./км²» і «щільність інфікованої тополі чорної, 1/км²» (89 % варіації ознаки x_1 визначається варіюванням ознаки x_{25}), що свідчить про їхню значну практичну цінність.

Наступним кроком аналізу досліджуваного комплексу було застосування потужних методів багатовимірної статистики – аналізу головних компонент.

Статистичні характеристики головних компонент за трьома етапами аналізу представлені в табл. 4.4 (для визначення розмірності факторного простору застосовано критерій Кайзера). Власні вектори кореляційної матриці і коефіцієнти кореляції головних компонент з ознаками відображені в табл. Н.4 – Н.7.

Таблиця 4.4

Статистичні характеристики головних компонент

Показники	Етапи аналізу		
	1	2	3
Кількість ознак	9	17	44

Продовж. табл. 4.4

Показники	Етапи аналізу		
	1	2	3
Власні числа кореляційної матриці ознак	3,828; 2,295; 1,877; 0,452; 0,317; 0,142; 0,072; 0,012; 0,004	7,473; 3,299; 2,484; 1,454; 0,936; 0,463; 0,438; 0,191; 0,099; 0,082; 0,059; 0,017; 0,006; 0,001	11,284; 6,713; 6,185; 4,702; 3,587; 3,134; 2,311; 1,563; 1,421; 1,104; 0,636; 0,596; 0,446; 0,318
Число компонент за критерієм Кайзера	3	4	10
Загальна дисперсія, яку пояснюють головні компоненти, %	88,893	86,526	95,464
Результати перевірки факторної моделі на вдалість за формулою (2.4)	$m = 3, C_n = 2$, перші дві компоненти пояснюють 68,037 % дисперсії, третя дає вклад у сумарну дисперсію у 20,857 % (факторна модель є задовільною)	$m = 4, C_n = 2$, перші дві компоненти пояснюють 63,362 % дисперсії, третя дає вклад у сумарну дисперсію в 14,609 % (факторна модель є задовільною)	$m = 10, C_n = 5$, перші п'ять компонент пояснюють 73,798 % дисперсії, шоста дає вклад у сумарну дисперсію в 7,123 % (факторна модель є задовільною)

Проаналізуємо отриману структуру факторів. За результатами першого етапу аналізу перша виділена вісь $C_{1,1}$, що відповідає власному значенню 3,828, має високі коефіцієнти кореляції (від 0,7 до 1) з ознаками $x_1 - x_4$ і x_8 , друга вісь $C_{1,2}$ – з ознакою x_7 . Для третьої осі $C_{1,3}$, яка була виділена в аналізі, високих кореляцій не виявлено. За результатами другого етапу аналізу перша виділена компонента $C_{2,1}$, що відповідає власному значенню 7,473, має високі коефіцієнти кореляції з ознаками $x_1, x_2, x_4, x_{15}, x_{20}, x_{25}$ і x_{29} , друга вісь $C_{2,2}$ – з ознакою x_6 , третя $C_{2,3}$ – з ознаками x_5 і x_7 , четверта $C_{2,4}$ – з ознакою x_{14} . За результатами третього етапу аналізу перша виділена вісь $C_{3,1}$, що відповідає власному значенню 11,297, має високі коефіцієнти кореляції з ознаками $x_1, x_2, x_9, x_{15}, x_{20}, x_{22}$ і x_{40} , друга вісь $C_{3,2}$ – з ознаками x_5, x_7, x_{34}, x_{56} і x_{77} , третя $C_{3,3}$ – з ознаками x_{42}, x_{45} і x_{47} , четверта $C_{3,4}$ – з ознакою x_{32} . Для решти шести осей, які були виділені в аналізі, високих кореляцій не виявлено.

Зупинимось детальніше на перших головних компонентах, які мають високі коефіцієнти кореляції з ознакою «щільність омели білої, куш./км²», а тому

є найбільш цінними. На рис. 4.6 – 4.8 представлені графіки факторних координат для першої та другої виділених осей за результатами трьох етапів аналізу.



Рис. 4.6. Графік факторних координат за першим етапом аналізу

Оскільки змінні x_1 , x_2 (характеризують особливості розповсюдження омели), x_3 , x_9 (параметри зелених насаджень), x_4 і x_8 (рівень фрагментованості ландшафту), x_{15} , x_{20} , x_{22} , x_{25} , x_{29} (види дерев-живителів омели), x_{30} , x_{40} (видовий склад біотичних угруповань штучного походження) розміщені доволі близько до лінії одиничної окружності, можна зробити висновок, що у системах знайдених координат вони відтворені доволі добре. Аналіз головних компонент переконливо свідчить, що між щільністю омели і ландшафтними характеристиками існує єдиний спільний фактор.

Результати аналізу головних компонент частково узгоджуються з результатами кореляційного аналізу (не виявлено взаємозв'язків між та щільністю омели та щільністю в'язів гладкого і гірського, тополь китайської, пірамідаль-

ної і чорної, тобто перелік видів-маркерів можна скоротити до ялини колючої, а також між щільністю інфікованих горобини звичайної і ясена звичайного, загалом 7 ознак), крім того, встановлено, що щільність омели тісно пов'язана із середньою відстанню між деревами та часткою площі забудови.

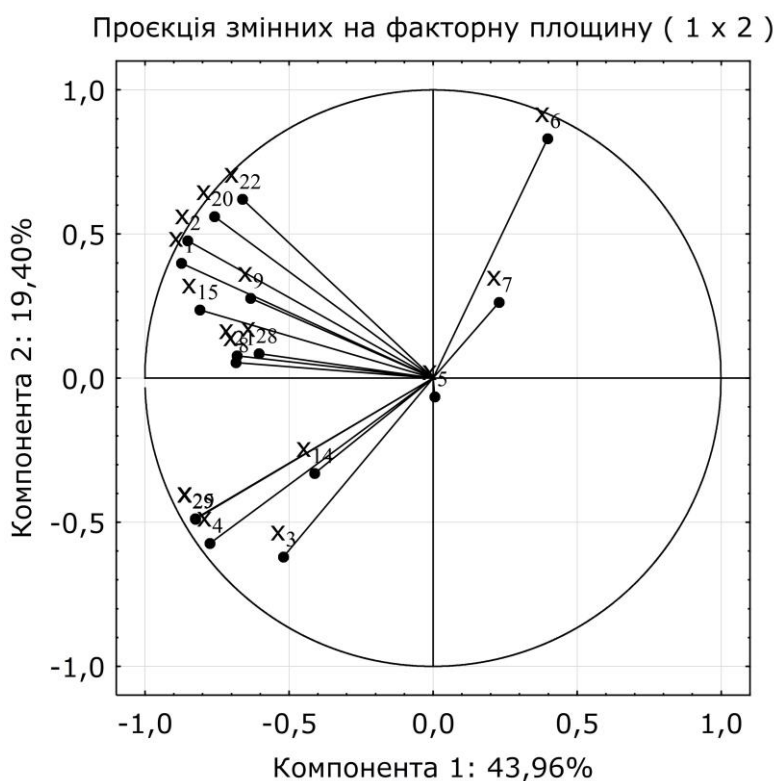


Рис. 4.7. Графік факторних координат за другим етапом аналізу

Кореляція між щільністю омели і середньою відстанню між деревами не є суворою. Це можна пояснити тим, що рослина може розповсюджуватися не лише внаслідок механічного опадання перестиглих плодів (при цьому відстань, на яку вона може поширитися, не перевищує діаметра крони дерева-живителя), а і за допомогою птахів.

За результатами проведеного аналізу також виявлено тісний взаємозв'язок між щільністю омели, часткою площі забудови і щільністю вулично-дорожньої мережі. Отримані результати узгоджуються з результатами польсь-

ких дослідників, які встановили, що в центральній частині м. Лодзь (Польща) кількість омели значно вища, ніж на його периферії [211].

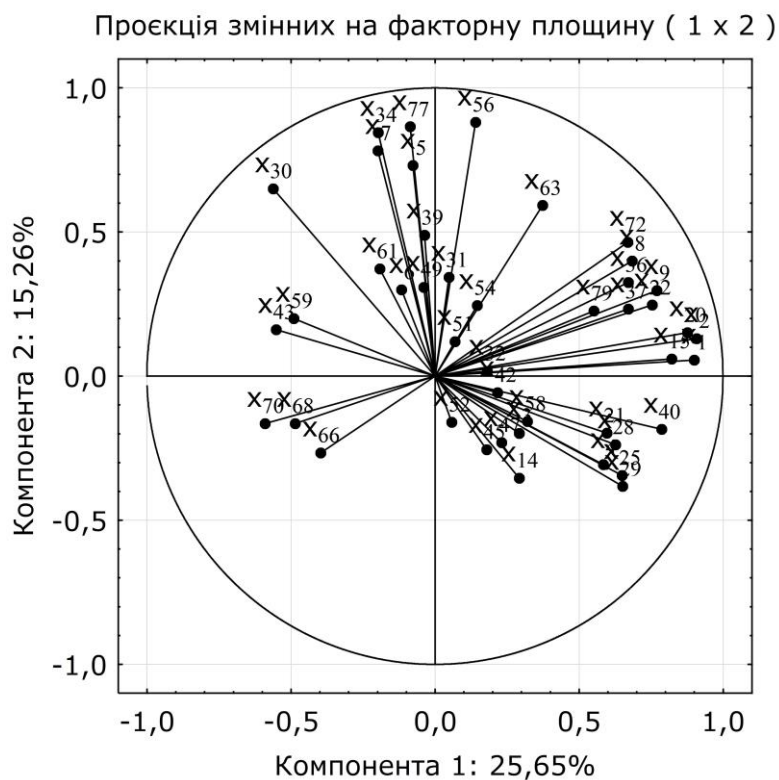


Рис. 4.8. Графік факторних координат за третім етапом аналізу

Нині процеси, що призводять до руйнування та деградації навколишнього природного середовища, набувають все більшого розмаху [4], особливо у містах. Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що омела біла в умовах урбанізованого довкілля є індикатором антропогенної трансформації ландшафтів, яка супроводжується неконтрольованою фрагментацією і вирубанням насаджень, відведенням значних площ під промислово-селитебну забудову та вилученням земель під транспортні мережі.

Загалом аналіз варіабельності щільності омели білої у міських умовах за допомогою методів багатовимірної статистики дозволив краще зрозуміти закономірності поширення цього виду на досліджуваній території, ніж кореляційний аналіз.

Дослідження, проведені нещодавно у Калінінграді, в порівняно подібних умовах, свідчать, що до основних екологічних факторів, які сприяють розповсюдженню омели білої в забудованій частині міста, належить вік дерев та відносна вологість повітря. Зв'язків між рівнем забруднення навколишнього середовища та щільністю популяції омели з використанням АГК не виявлено [242].

Крім того, ми звернули увагу на те, що чим вищою була щільність омели в різних частинах міста, тим нижчим був коефіцієнт розмноження λ її популяції. Тому наступним кроком було здійснено спробу визначити взаємозв'язок між цими показниками із застосуванням непараметричного коефіцієнта кореляції Спірмена. Враховуючи, що квартал № 13 охоплює територію саду імені Т. Г. Шевченка зі специфічною для центру міста ландшафтною структурою, ми виключили його з подальшого вивчення. За допомогою кореляційного аналізу встановлено, що зі збільшенням щільності популяції омели закономірно зменшується коефіцієнт розмноження. Це є ілюстрацією відомого в загальній екології принципу Ч. Оллі, рис. 4.9 ($r_s = -0,85$, зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$).

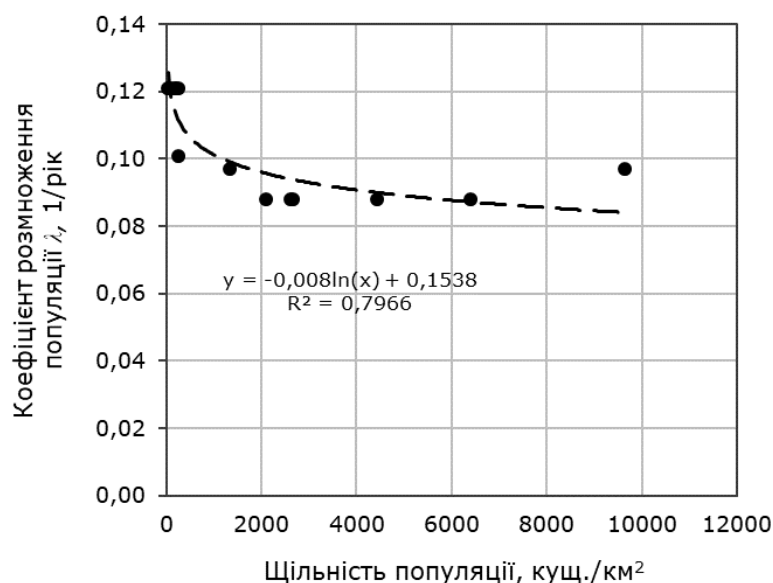


Рис. 4.9. Залежність коефіцієнта розмноження λ від показника щільності популяції омели

На основі результатів комплексного оцінювання шкодочинності омели білої та визначення екологічних факторів, які сприяють розповсюдженню цього виду, розроблено практичні рекомендації щодо захисту біотичних угруповань штучного походження від впливу рослини-напівпаразита.

Висновки до розділу 4

1. Існує тісний додатний взаємозв'язок між індексами чисельності омели білої та показниками периферійного відмирання крони дерева-живителя, ступенем дефоліації, класом та категорією санітарного стану (r_s варіює в межах від 0,65 до 0,99, $p < 0,05$), а також діаметром його крони у двох взаємно перпендикулярних напрямках (факторне навантаження $> 0,70$).
2. Щільність омели білої тісно корелює з видовим багатством деревостану: $r_s = 0,70$ (зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$). Водночас достовірної кореляції щільності популяції омели білої з показниками видового різноманіття насаджень не виявлено.
3. Щільність омели білої тісно пов'язана зі щільністю вулично-дорожньої мережі, середньою відстанню між деревами, переважаючим віком дерев у складі насаджень і часткою площі забудови (факторні навантаження $> 0,70$).
4. Зі збільшенням щільності популяції омели закономірно зменшується коефіцієнт розмноження, що є ілюстрацією відомого в загальній екології принципу Ч. Оллі: $r_s = -0,85$ (зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$).

Результати досліджень, представлені у цьому розділі, висвітлено у публікаціях: «Взаємозв'язок між інтенсивністю зараження омелою білою (*Viscum album* L.) та деякими екологічними параметрами дерев-живителів» [96], «До екологічної безпеки зелених насаджень в умовах швидкої інвазії омели білої (*Viscum album* L.)» [102], «До питання підвищення рівня екологічної безпеки насаджень пунктів України в умовах надмірного розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.)» [103], «Застосування лінійних регресійних моделей чисельності омели білої (*Viscum album* L.) для підвищення ефективності управління

екологічною безпекою зелених насаджень» [105], «Практичні рекомендації щодо захисту міських зелених насаджень від пошкодження омелою білою» [106], «Взаимосвязь между плотностью омелы белой (*Viscum album* L.) и некоторыми ландшафтно-экологическими характеристиками урбанизированных территорий (на примере г. Харькова)» [127], «The White Mistletoe's (*Viscum album* L.) population modeling and control in urban areas» [234].

РОЗДІЛ 5

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МОНІТОРИНГУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

5.1. Методика моніторингу насаджень

Під моніторингом насаджень слід розуміти систему багаторічних спостережень за їхнім станом у зв'язку із впливом численних стресорів абіотичного, біотичного та антропогенного походження [128]. Тривалий час моніторинг міських зелених насаджень на території України та інших незалежних держав пострадянського простору здійснювали за методиками, розробленими для лісів, абсолютна більшість яких спрямована на оцінювання головного ресурсного компонента біотичних угруповань природного походження – деревини. Інші ресурси оцінювали за спрощеними методиками або ними взагалі нехтували. У 80-тих роках минулого століття стало підійматися питання про необхідність розробки методики моніторингу міських насаджень [13], основна цінність яких пов'язана аж ніяк не з деревною продукцією, яку вони можуть надати [255].

На сьогодні нормативно-правове регулювання моніторингу насаджень населених місць України визначено відповідною законодавчою базою: «Положення про державну систему моніторингу довкілля», «Положення про систему моніторингу зелених насаджень у містах і селищах міського типу України» та «Інструкція з технічної інвентаризації зелених насаджень у містах та селищах міського типу України» [88, 89, 93]. Низкою законодавчих і нормативних документів України на бюро технічної інвентаризації покладено обов'язок проводити інвентаризацію і екологічний моніторинг насаджень і здійснювати контроль їх якісного стану. При цьому методична база організації та проведення локального моніторингу складових елементів зеленої інфраструктури практично відсутня, що зумовлює доцільність її розроблення.

На основі проведеного дослідження запропоновано науково-методичні підходи щодо організації та здійснення моніторингу зелених насаджень на території населених пунктів України, який орієнтований на оптимальне поєднання наземних і дистанційних методів збору даних та є основою для забезпечення сталого розвитку деревостанів. Невід’ємною складовою моніторингу є система спостережень за стресорами різного походження, зокрема омелою білою.

Основним завданням моніторингу насаджень на забудованих територіях є виявлення та попередження впливу комплексу негативних факторів виробничо-побутової діяльності людини на біотичні угруповання штучного походження. Водночас орієнтація на суцільний облік дерев, а також низький рівень застосування сучасних методів отримання й аналізу просторової інформації не дають змоги ефективно здійснювати моніторинг рослинності на території населених пунктів України [13, 73]. На наш погляд, існують значні перспективи використання вибіркового методу для постійного (щорічного) моніторингу та оцінювання якісного стану зелених насаджень, також на особливу увагу заслуговують дані дистанційного зондування Землі та геоінформаційні системи, які можуть бути одним із важливих компонентів моніторингу стану деревних рослин.

У зв’язку зі значною неоднорідністю характеру міської забудови і, як наслідок, розміщення наземних рослинних угруповань, найпоширенішим прийомом під час вибіркового обліку насаджень є поділ території населеного пункту на однорідні зони. Стратифікація сукупності – загальноприйнятий у математичній статистиці спосіб зниження мінливості досліджуваної ознаки [73]. У світовій практиці застосовують різні критерії стратифікації зелених насаджень, але на наш погляд, оптимальним є територіальний принцип поділу міста на зони. Ми пропонуємо виділяти чотири страти відповідно до генплану населеного пункту: житлова малоповерхова забудова; житлова та адміністративно-ділова багатоповерхова забудова; промислова забудова і транспортні зони; суцільні зелені масиви (парки, сади, лісопарки тощо). Генеральний план є основним нормативним актом, що визначає статус і категоризацію зелених зон у населених

пунктах і деталізує, яка площа озелених територій має бути забезпечена у планувальній структурі міських і сільських поселень [1]. Орієнтація на нього дасть змогу максимально інтегрувати дані щодо якісного стану рослинності (як одного з компонентів урбоекосистеми) у локальну систему моніторингу довкілля населеного пункту, а у перспективі – і у регіональну. Основна ідея полягає у поділі зазначених зон на дрібніші сегменти, в межах яких закладають декілька пробних ділянок для суцільного обстеження. Закладення мережі постійних пробних ділянок на території населеного пункту – доволі поширений за кордоном метод статистичної інвентаризації насаджень [73].

На наш погляд, процедура здійснення моніторингу має складатися із двох основних стадій – розроблення проєкту моніторингу та, власне, виконання спостережень за станом насаджень, рис. 5.1.

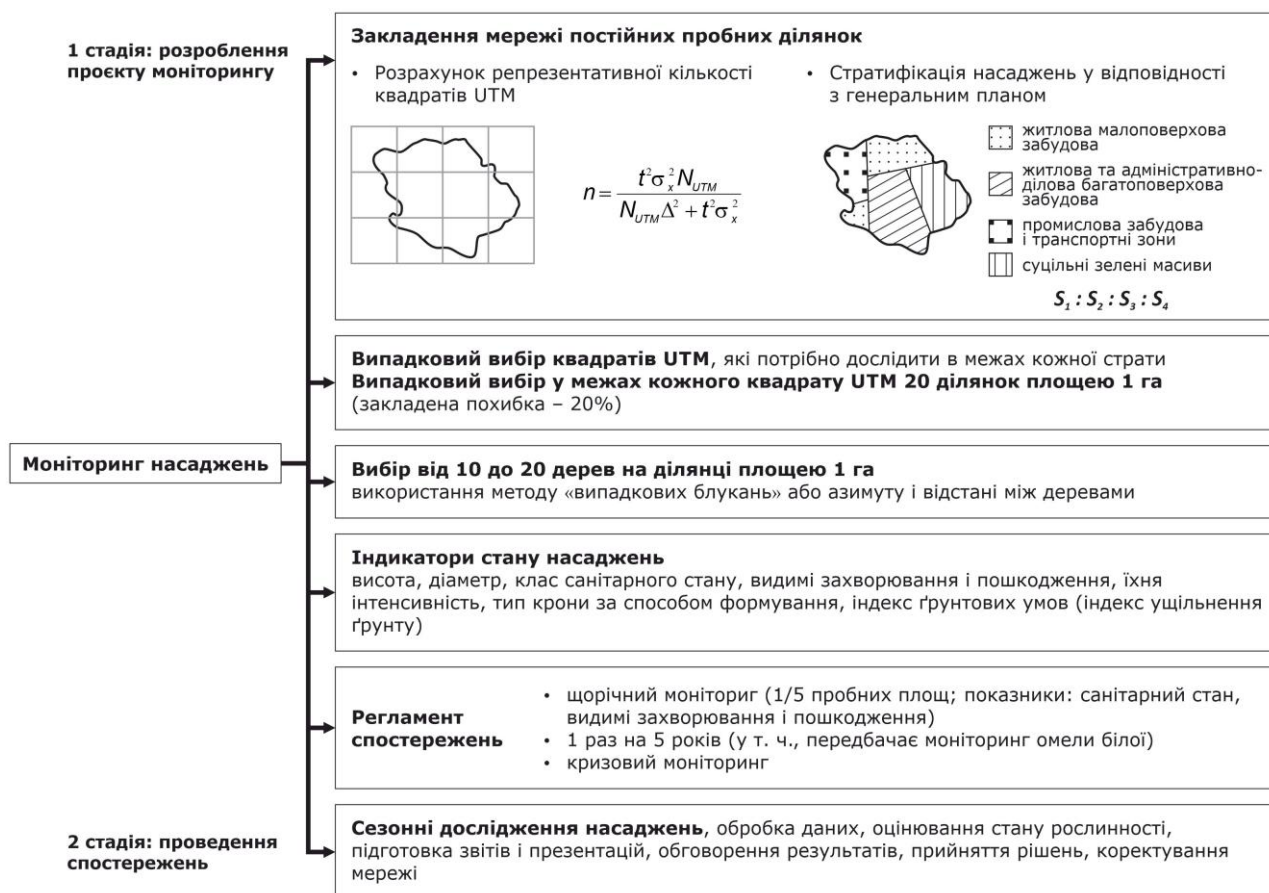


Рис. 5.1. Стадії та алгоритм моніторингу насаджень населених місць

Ключові етапи першої стадії: збір первинних даних і аналіз поточної ситуації, визначення локалізації пунктів моніторингу, обґрунтування регламенту і показників спостережень, запуск моніторингу. Проведення безпосередньо моніторингових досліджень доцільно представити у вигляді замкненої схеми, що включає такі етапи: сезонні дослідження насаджень, обробка даних, оцінювання стану рослинності, підготовка звітів і презентацій, обговорення результатів, прийняття рішень, коректування мережі.

5.1.1. Закладання мережі постійних пробних ділянок для проведення польових спостережень

Найважливішим завданням, що вирішується на стадії проєктування моніторингу, є визначення складу локальної мережі та місць розташування пробних ділянок, які у певному сенсі є аналогами елементарних інвентаризаційних ділянок [93]. У роботі запропоновано алгоритм створення локальної мережі пробних ділянок, що включає такі послідовні етапи:

- прив'язування растрових топокарт масштабу 1:50 000 і більше та даних дистанційного зондування Землі;
- нанесення ліній мережі UTM 1 км × 1 км;
- розрахунок репрезентативної кількості квадратів UTM, які необхідно дослідити в межах населеного пункту;
- векторизація кварталів житлової малоповерхової забудови, житлової та адміністративно-ділової багатоповерхової забудови, промислової забудови і транспортних зон, а також суцільних зелених масивів;
- визначення співвідношення сумарних площ страт;
- випадковий вибір квадратів UTM, які потрібно дослідити в межах кожної страти на основі отриманого співвідношення;
- випадковий вибір у межах кожного квадрату UTM двадцяти ділянок площею 1 га (закладена похибка – 20 %).

Для розрахунку репрезентативної кількості квадратів UTM, які необхідно дослідити в межах населеного пункту, слід скористатися рівнянням:

$$n_{UTM} = \frac{t^2 \sigma_x^2 N_{UTM}}{N_{UTM} \Delta^2 + t^2 \sigma_x^2}, \quad (5.1)$$

де n_{UTM} – репрезентативний об’єм вибірки;

t – критерій Стюдента (беремо 1,96, що відповідає $p < 0,05$);

σ_x^2 – дисперсія генеральної сукупності (беремо 0,25);

N_{UTM} – розмір генеральної сукупності (тобто загальна кількість квадратів UTM у межах населеного пункту);

Δ – гранична похибка вибірки (приймаємо 0,05) [8].

Загальна кількість квадратів UTM у межах досліджуваного населеного пункту – м. Харків – без урахування лісового фонду становить 360. Визначимо об’єм вибірки, достатній для того, щоб з імовірністю 95 % можна було стверджувати, що її похибка не перевищить 5 %.

За формулою (5.1) розрахуємо:

$$n_{UTM} = \frac{1,96^2 \cdot 0,25 \cdot 360}{360 \cdot 0,05^2 + 1,96^2 \cdot 0,25} = 186. \quad (5.2)$$

Аналогічні результати отримаємо, скориставшись онлайн калькулятором, що доступний у мережі Інтернет (напр.: [21]).

Достатній розмір вибірки значно варіює залежно від рівня похибки, табл. 5.1. На наш погляд, оптимальною є закладена похибка 20 %. Отже, в межах розглянутого в роботі модельного міста слід дослідити 23 квадрати UTM 1 км × 1 км кожний.

Таблиця 5.1

Репрезентативний розмір вибірки за різного рівня похибки

Похибка	Репрезентативний об’єм вибірки
5 %	186 квадратів
10 %	76 квадратів
20 %	23 квадрати

Наприклад, на основі векторизації кварталів житлової малоповерхової забудови, житлової та адміністративно-ділової багатоповерхової забудови, промислової забудови і транспортних зон, а також суцільних зелених масивів у межах Харкова отримане таке співвідношення сумарних площ чотирьох страт: 2:2:1:5. Тоді з урахуванням результатів розрахунку репрезентативного розміру вибірки (23 квадрати при закладеній похибці 20 %), а також отриманого співвідношення загальна кількість квадратів UTM, які необхідно дослідити у межах житлової малоповерхової забудови, дорівнює 5, житлової та адміністративно-ділової багатоповерхової забудови – 5, промислової забудови і транспортних зон – 2, суцільних зелених масивів – 11.

Для випадкового вибору квадратів UTM, які потрібно дослідити в межах кожної страти, можна скористатися таблицями випадкових чисел, генератором випадкових чисел, який доступний у середовищі *Microsoft Excel* (функція «СЛУЧМЕЖДУ») або у мережі Інтернет (напр.: [133]). Для цього на підготовчому етапі роботи на топокарту масштабу 1:50 000 і більше накладають лінії сітки квадратів UTM 1 км × 1 км, далі кожному квадрату в межах населеного пункту присвоюють унікальний номер (рекомендуємо для цього скористатися стандартною номенклатурою (назвами листів): наприклад, «CR-61-22», «CR 61-23», «CR-61-24», «CR-61-25», «CR-61-26» і т. д.). Для моделювання випадкової системи квадратів UTM ми скористалися функцією «СЛУЧМЕЖДУ» в *Microsoft Excel* (робота з таблицями випадкових чисел і генератором випадкових чисел у мережі Інтернет під час розробки мережі постійних пробних ділянок на території великих міст України, у т. ч. Харкова, є доволі трудомісткою), рис. 5.2. Так, для квадрата UTM під номером «CR-61-22» комп'ютер згенерував випадкове число «44», «CR-61-42» – «1», «CR-61-24» – «94», «CR-61-25» – «97», «CR-61-82» – «2» і т. д.

Розглянемо квадрат UTM під номером «CR-61-42», для якого комп'ютер згенерував випадкове число «1», і визначимо страту (або страти), до якої він належить, – житлова та адміністративно-ділова багатоповерхова забудова. Далі

розглянемо квадрат UTM під номером «CR-61-82», для якого комп'ютер згенерував випадкове число «2», і визначимо страту (або страти), до якої він належить, – також житлова та адміністративно-ділова багатоповерхова забудова. Таким чином, ми отримали два перших квадрати із п'яти необхідних, які слід дослідити у межах житлової та адміністративно-ділової багатоповерхової забудови.

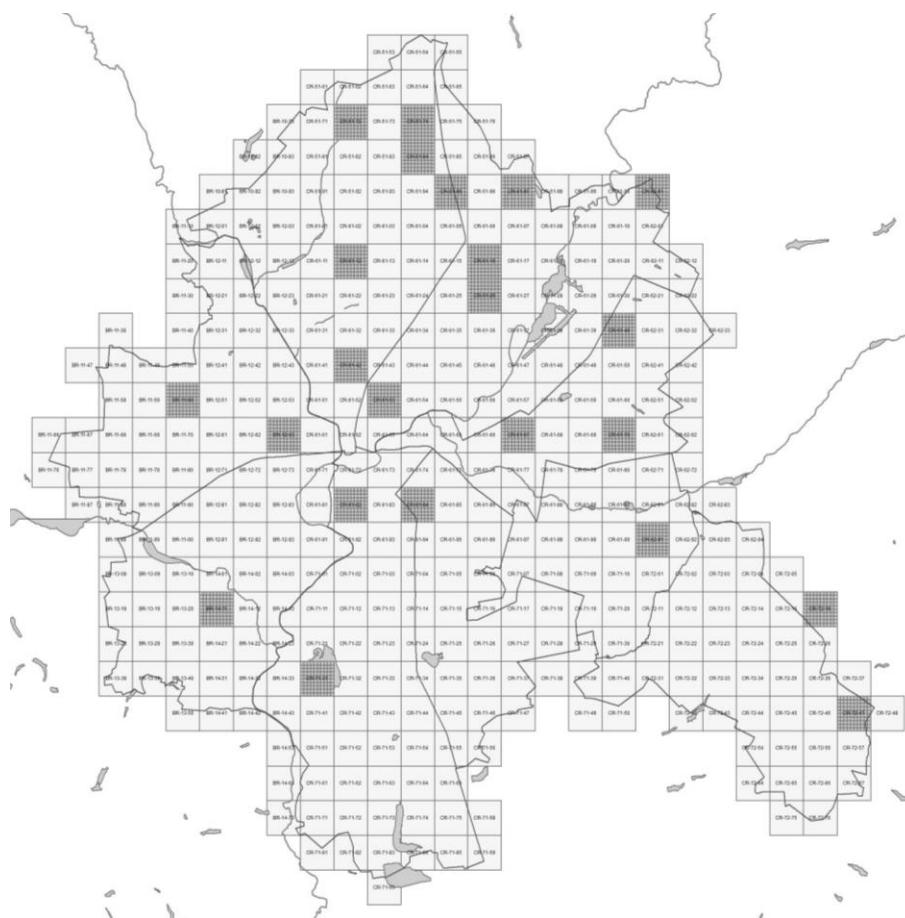


Рис. 5.2. Стандартна номенклатура квадратів UTM та 23 випадково вибраних квадратів (м. Харків)

Послідовний розгляд решти випадкових чисел дав змогу сформувати вибірки із 5 квадратів UTM у межах житлової малоповерхової забудови, 5 квадратів UTM у межах житлової та адміністративно-ділової багатоповерхової, 2 ква-

дратів у межах промислової забудови і транспортних зон і 11 квадратів у межах суцільних зелених масивів.

Якщо випадкові числа у заданій послідовності випадали на страти, для яких необхідна кількість квадратів уже була вибрана, такий номер послідовності пропускали.

З урахуванням неоднорідності характеру міської забудови і, як наслідок, розміщення біотичних угруповань штучного походження, у межах деяких квадратів UTM можна було виділити від однієї до чотирьох страт, їхнє співвідношення визначали візуально і також врахували у загальному підсумку.

У межах кожного відібраного квадрата UTM було відібрано випадково двадцять ділянок площею 1 га (закладена помилка – 20 %; процедура вибору була подібною описаній вище). Для цього на підготовчому етапі роботи на топокарту масштабу 1:50 000 і більше накладали лінії сітки ділянок площею 1 га у межах квадратів UTM 1 км × 1 км, далі кожній ділянці присвоювали унікальний номер (наприклад, «CR 61-42(001)», «CR 61-42(002)», ..., «CR 61-42(100)»; «CR 61-82(001)», «CR 61-82(002)», ..., «CR 61-82(100)»; «CR 61-82(001)», «CR 61-82(002)», ..., «CR 61-82(100)»; «CR 61-82(001)», «CR 61-82(002)», ..., «CR 61-82(100)» і т. д.). Для моделювання випадкової системи ділянок площею 1 га у межах квадрату UTM використовували *Microsoft Excel*. Якщо згенеровані випадкові числа припадали на ділянки без насаджень (стадіон, водне дзеркало водойми, полігон тощо), такий номер пропускали.

Розмір вибірки для моніторингу на ділянці площею 1 га, що має зазвичай довільну конфігурацію, становить від 10 до 20 індивідуальних дерев. Для їхнього вибору на місцевості можна скористатися методом «випадкових блукань» (передбачає фіксацію та визначення координат, наприклад, кожного двадцятого дерева на маршруті, але виключно в межах ділянки площею 1 га) або закладанням ділянки довільної форми на основі азимуту і відстані між деревами. На наш погляд, останнє є оптимальним (визначення координат дерев за допомогою GPS-навігатора супроводжується значною похибкою, яка може сягати декіль-

кох метрів і перевищувати відстань між сусідніми деревами). Робота на ділянці передбачає наявність мінімум двох операторів, один із яких здійснює візуальну оцінку та вимірювання, а інший – працює з портативними електронними пристроями (наприклад, GPS-навігатор, висотомір тощо) і заносить дані.

Для збору первинної інформації під час польових досліджень перспективним є використання портативних електронних пристроїв (смартфон, планшет тощо) з Web-анкетами на базі відкритих платформ для збору даних (наприклад, *Survey123* – додаток *Esri Labs* для створення досліджень, збирання даних у полі, перенесення даних в *ArcGIS Online* та *ArcGIS Desktop*), для ідентифікації видів дерев – використання програмних додатків на базі операційної системи *Android* «ЕкоГид: Деревья летом» і «ЕкоГид: Деревья зимой», рис. П.1 – П.2.

Для уніфікації пошкоджень дерев у Web-анкеті можуть бути передбачені відповідні поля з ілюстраціями. Крім того, портативні електронні пристрої дають змогу робити фото дерев і відстежувати їхній стан у режимі реального часу, що може бути надзвичайно корисним для контролю поширення хвороб, шкідників і інвазійних видів (наприклад, у США в такий спосіб вдалося подолати спалахи голландської хвороби в'язових, за гострої форми якої деревні рослини всихають за вегетаційний період або навіть за місяць [69]). Геоінформаційні системи не тільки дають змогу показати локацію кожного дерева у вигляді кола, але воно може бути різного діаметра, що пропорційний фактичному діаметру деревної рослини на рівні погруддя, та кольору, який може відображати її родову приналежність. Місця спалахів розмноження фітошкідників і фітохвороб можуть бути показані червоним кольором (наприклад, у вигляді контуру кола).

5.1.2. Обґрунтування польових показників та вибір обладнання

До надійних індикаторів якісного стану дерев в умовах міста належать висота, діаметр на рівні погруддя, клас санітарного стану, видимі захворювання і пошкодження (до трьох найбільш важливих), а також їхня інтенсивність (табл. 5.2), тип крони за способом формування (первинна або вторинна). Для

кожного дерева на ділянці обов'язково вказують вид і індекс ґрунтових умов. Цей перелік індикаторів пропонуємо вважати обов'язковим і мінімальним, оскільки він становить основу моніторингу зелених насаджень на території населених пунктів України. На основі цих даних зокрема стає можливим оцінювання якісного стану та екосистемних функцій міських зелених насаджень, а також оцінювання впливу на деревно-чагарникову рослинність стресорів різного походження. Цей перелік індикаторів рекомендуємо доповнити таким показником, як індекс ущільнення ґрунту.

Таблиця 5.2

Класифікація типів пошкоджень та їх граничні значення [71]

Код	Вид пошкодження	Поріг
1	Пошкодження бруньок, пагонів, листя	10 % пагонів
2	Гнилі	у всіх випадках
3	Пошкоджене коріння	у всіх випадках
4	Знищене або мертве коріння (понад 1 м від стовбура)	10 %
5	Зміна забарвлення листя (хвої)	10 %
6	Рак	10 % периметра стовбура
7	Відкриті рани	10 % периметра стовбура
8	Мертва верхівка дерева	у всіх випадках
9	Витікання соку, живиці	10 % периметра стовбура
10	Надмірне галуження гілки «відьомські мітли»	10 % пагонів
11	Інші пошкодження	у всіх випадках

Кожне модельне дерево позначають номером, що враховує номер ділянки, на якій воно знаходиться. Так, на ділянці під номером «CR-61-42(001)» перше дерево отримає номер «CR-61-42(001)-01», друге – «CR-61-42(001)-02», третє «CR-61-42(001)-03», ..., «CR-61-42(001)-20»; на ділянці під номером «CR-61-42(002)» перше дерево отримає номер «CR-61-42(002)-01», друге – «CR-61-42(002)-02», третє «CR-61-42(002)-03», ..., «CR-61-42(002)-20»; на ділянці під номером «CR-61-82(001)» перше дерево отримає номер «CR-61-82(001)-01», друге – «CR-61-82(001)-02», третє «CR-61-82(001)-03», ..., «CR-61-82(001)-20»; на ділянці під номером «CR-61-82(002)» перше дерево отримає номер «CR-61-82(002)-01», друге – «CR-61-82(002)-02», третє «CR-61-82(002)-03», ..., «CR-61-82(002)-20» і т. д.

Видові назви дерев наводять згідно з [80]. Діаметр дерев вимірюють у сантиметрах із найвищого положення біля дерева. Характеристики ґрунтових умов визначають із використанням табл. 2.4 і В.6 відповідно, індекс санітарного стану – табл. 2.6.

Обладнання, необхідне для проведення польових спостережень, є надійним, простим у користуванні, недорогим, базовий набір якого включає: GPS-навігатор (або інший електронний пристрій із функцією визначення місцеперебування), висотомір, мірну стрічку, бінокль.

5.1.3. Регламент спостережень за зеленими насадженнями

Враховуючи об'єкт моніторингу, запропоновано оптимальну періодичність проведення спостережень: за повною схемою – кожні 5 років, за спрощеною схемою – щорічно, кризовий моніторинг – у разі виникнення стихійних явищ (вітролом, сильна злива тощо).

Перелік індикаторів для щорічного моніторингу (охоплює 1/5 пробних площ, які вибирають випадково): санітарний стан деревної рослини, видимі захворювання і пошкодження. Польові спостереження доцільно проводити з кінця червня до середини вересня. Моніторинг омели білої слід проводити раз на п'ять років у період зимового спокою дерев на території всієї ділянки площею 1 га. Для обліку кущів омели пропонуємо застосовувати індекс чисельності, для відображення приблизного співвідношення ювенільних, генеративних та сенільних рослин – популяційно-демографічний коефіцієнт $K[j-g-s]$, див. табл. 2.1 – 2.2, для запровадження сценаріїв щодо змін чисельності популяції омели на перспективу – модель (3.2).

Зазначену систему моніторингу можна деталізувати до рівня підприємства, але у такому разі слід відразу переходити до визначення меж ділянок площею 1 га. Якщо на території підприємства суцільний облік насаджень ведеться – насадження інвентаризовані, дані інвентаризації можуть бути інтегровані в запропоновану систему.

Для контролю динаміки площі зелених насаджень пропонуємо застосовувати індекс NDVI (індекс рослинного покриття на основі нормалізованої різниці спектральних характеристик [244]), який дає змогу відстежувати динаміку різних параметрів із періодичністю до 1 тижня. Для його обчислення не потрібно ніяких додаткових даних і методик, крім безпосередньо самої космічної зйомки та знання її параметрів, а значне просторове охоплення дає змогу проводити моніторинг територій, співрозмірний із площами областей і цілих країн. Методику обробки й аналізу даних дистанційного зондування земної поверхні з метою розпізнавання насаджень наведено в [85, 90, 136].

Також на основі аналізу супутникових знімків перспективним є розпізнавання омели білої на деревах взимку, що дасть змогу оперативно відстежувати її поширення та чисельність на тій чи іншій території.

5.1.4. Аналіз зібраних даних та визначення оптимальних управлінських рішень у сфері озеленення

Для зберігання, оброблення та аналізу даних моніторингу в рамках дисертаційної роботи розроблено інформаційно-аналітичний програмний комплекс на основі реляційної бази даних *Microsoft Access*, пов'язаної з геоінформаційною системою. Комплекс забезпечує зберігання та впорядкування результатів вимірювань, їхнє оперативне поповнення, здійснення вибірки, експортування обраних даних для подальшого опрацювання та складання звітів, створення картографічного матеріалу та проведення геопросторового аналізу.

5.1.5. Оцінювання екосистемних функцій насаджень

Для оцінювання екосистемних функцій біотичних угруповань штучного походження, що пов'язані з виділенням кисню, поглинанням вуглекислого газу, накопиченням пилу та інших шкідливих речовин із повітря пропонуємо використовувати літературні дані щодо фітореMediaційних властивостей різних видів, дані польових спостережень щодо якісного стану деревних рослин у місті та коригувальні коефіцієнти, що враховують частку живої крони дерева, табл. 5.3.

Таблиця 5.3

**Коригувальні коефіцієнти, що враховують частку живої крони дерева
за різного індексу санітарного стану**

Клас стану	1	2	3	4	5	6	7
Коригувальний коефіцієнт	0	< 15	15 – 33	34 – 67	> 67	100	–

5.1.6. Залучення громадськості

До моніторингу насаджень перспективним є залучення громадськості, що широко практикують у розвинених країнах Європи, Америки та Австралії. Але на наш погляд, для збільшення екологічної активності населення доцільно запровадити систему матеріального заохочення для осіб, діяльність яких спрямована на розв'язання практичних задач озеленення, припинення екологічного правопорушення та притягнення винних до відповідальності. У США, наприклад, законодавчо встановлена і застосовується практика, згідно з якою у разі надання інформації, що тягне за собою кримінальну чи цивільну відповідальність, урядові агентства можуть нагородити особу, яка повідомила цю інформацію, премією у розмірі до 10 тис. дол. США. Вбачається доцільним установити подібне положення і в законодавчому полі України. Сума матеріального стимулювання може встановлюватись у відсотках від суми штрафів, стягнутих із порушників [44], наприклад 10 %.

5.2. Порівняння існуючої системи моніторингу зелених насаджень населених місць із запропонованими підходами

У 2018 р. в Україні з'явився перший проєкт на відкритих даних «Зелений Кропивницький» [158], який можна вважати першим кроком у напрямі загальнодержавного моніторингу міських зелених насаджень. Дерева на карті показано у вигляді кола. Для кожного дерева можна переглянути набір параметрів, видову або родову назву, балансоутримувача, а також найближчу адресу. Як вихідні дані для запуску сервісу використано дані про обрізку, посадку і вида-

лення дерев у місті з 2010 р., які буди накопичені в таблиці в середовищі *Microsoft Excel*.

У розвинених країнах Європи, США та Австралії благоустрій та озеленення міст є одними з пріоритетних завдань. Завдяки сучасним досягненням у методах містобудування та озеленення урбанізованих територій, великим європейським, американським та австралійським містам вдається підтримувати баланс між площею забудованих територій і зелених масивів [154], кожне дерево у складі насаджень загального користування та його санітарний стан є об'єктом уваги. Розглянемо конкретні приклади.

Лондон (Великобританія). Лондон за кількістю та якістю зелених насаджень посідає одне з перших місць серед європейських столиць. Великі озеленені території загального користування у вигляді окремих плям розміщені в центрі міста серед забудови, крім того, місто має пояс великих масивів на околиці (наприклад, Річмонд-парк площею 943 га). Суворе дотримання його меж дає змогу захистити від хаотичного використання земель. Забудова ведеться тільки за зовнішніми межами поясу, який не дає розширитися місту. Озелененням у Лондоні займаються переважно не міська влада, а самі мешканці та приватні компанії [154].

Підходи щодо моніторингу деревостанів у столиці Великобританії базуються на методах суцільного обстеження насаджень загального користування (вуличні, паркові насадження тощо) із застосуванням ГІС, а також із використанням відкритих платформ для збору даних. Так, у 2017 р. створено інтерактивну карту вуличних насаджень міста, на якій нині зображено понад 8 млн дерев, що займають близько 21 % його території, рис. 5.3 [216, 252]. Подібні карти розроблені і в інших містах Європи, наприклад, Лейпциг (Німеччина) [172], Відень (Австрія) [257] тощо.

Нью-Йорк (США). Місто Нью-Йорк має карту насаджень загального користування, яка оновлюється командою фахівців щоденно, рис. 5.4. Кожне дерево на карті позначене колом. Розмір кола пропорційний діаметру деревної

рослини, а його колір ілюструє її родову належність. Веб-ресурс дає змогу переглянути як весь набір дерев у базі, так і вибрати індивідуальну деревну рослину для отримання додаткової інформації. Загальноміська статистика на сайті: кількість дерев у базі – 694 249, улюблені дерева – 5 031 тощо. Обґрунтовано роль зелених насаджень у покращенні стану міського середовища. Здійснено спробу оцінити їхні екосистемні функції за деякими показниками [160, 225].

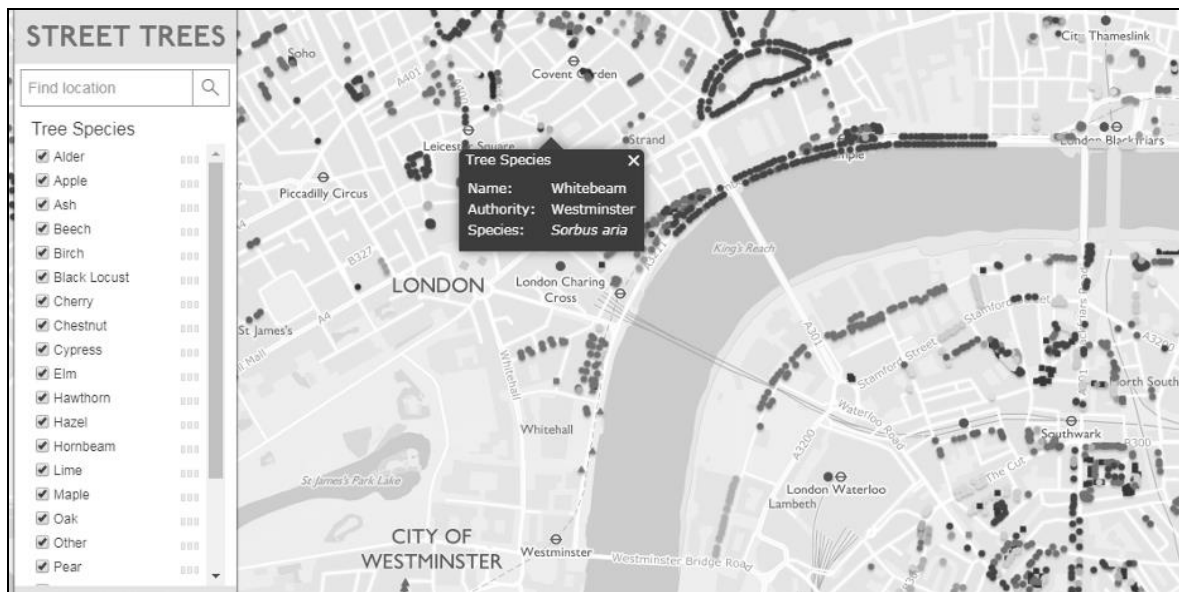


Рис. 5.3. Карта насаджень загального користування у м. Лондон [246]



Рис. 5.4. Карта насаджень загального користування у м. Нью-Йорк [225]

Детальні інтерактивні карти, на яких відображена локація кожного дерева у структурі насаджень загального користування, розроблені і в інших великих містах США, наприклад, Вашингтоні, Філадельфії, Остіні, Детройті, Балтиморі, Портленді, Тампі та Піттсбурзі [224].

Мельбурн (Австралія). Місто Мельбурн має понад 70 000 дерев. Є спеціальний веб-сайт, на якому можна побачити карту міста з оглядом даних по кожному дереву, а також їхнє панорамування, рис. 5.5. Кожна деревна рослина охарактеризована широким набором параметрів (вид, вік, статус тощо) [188].

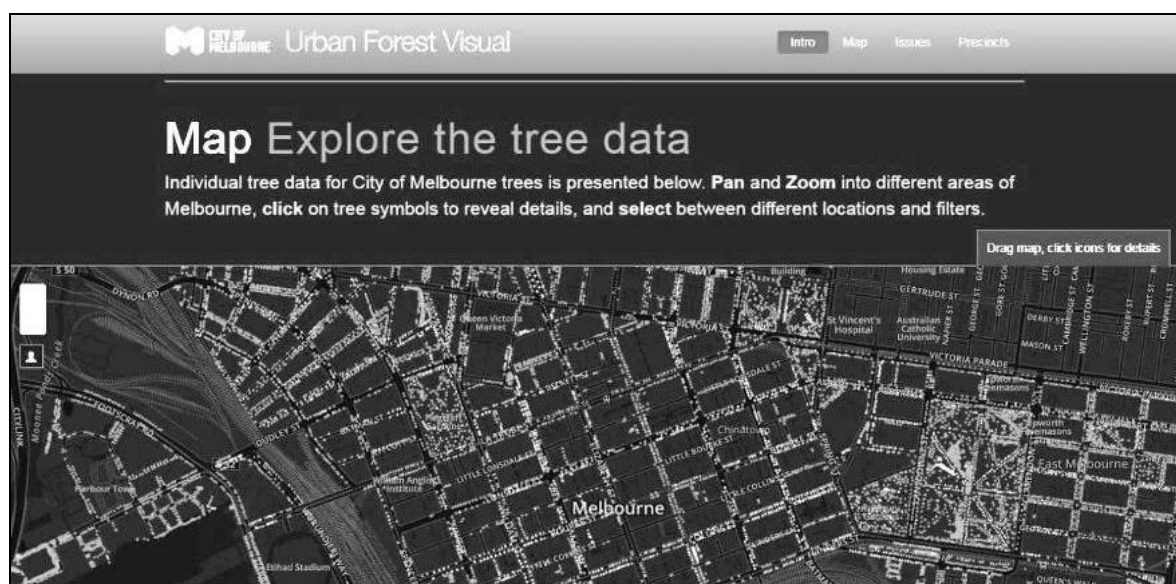


Рис. 5.5. Карта насаджень загального користування у м. Мельбурн [188]

Для екологічного моніторингу насаджень у розвинених країнах світу за-проваджують відповідні програми на локальному і регіональному рівнях, які орієнтовані не тільки на збір і аналіз інформації про стан деревостану, але також на своєчасне виявлення шкідників і хвороб із подальшим донесенням цієї інформації до приватних власників і органів державного управління. Першочергова увага приділяється ранньому виявленню і швидкому реагуванню на високоінвазійні види, які можуть загрожувати здоров'ю дерев у складі біотичних угруповань штучного походження [190].

Запропонована у дисертації методика базується на прототипі, що апробований в насадженнях Харкова [259] і який істотно перероблено у частині вибору моніторингових ділянок і переліку показників стану насаджень. Запропонована методика має низку переваг у порівнянні з їх суцільною інвентаризацією (не потребує значних людських ресурсів і дає змогу отримати повнішу інформацію про стан насаджень), а також із методикою моніторингу лісів (бере до уваги гетерогенність і функціональну специфіку міських насаджень).

Прикладна значущість результатів проведених дисертаційних досліджень підтверджена декількома актами впровадження (рис. Р.1 – Р.4) (тема роботи наведена в редакції, що затверджена на засіданні Вченої ради Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова протоколом № 11 від 29.05.2020 р.).

Висновки до розділу 5

1. Нормативно-правове регулювання моніторингу насаджень населених пунктів України здійснюється на основі таких законодавчих і нормативних документів: «Положення про державну систему моніторингу довкілля», «Положення про систему моніторингу зелених насаджень у містах і селищах міського типу України» та «Інструкція з технічної інвентаризації зелених насаджень у містах та селищах міського типу України». Методична база організації та проведення локального моніторингу складових елементів зеленої інфраструктури населених місць практично відсутня.
2. Розроблені методологічні засади організації та здійснення локального моніторингу насаджень на території населених місць включають обґрунтування мети та завдань моніторингу, послідовність і періодичність проведення спостережень, критерії вибору пунктів моніторингу, перелік обов'язкових і рекомендованих індикаторів, методи та засоби практичного здійснення спостережень, методи оброблення та інтерпретування результатів спостережень.

3. На основі порівняння наявної системи моніторингу зеленої інфраструктури населених місць із розробленими підходами встановлено, що запропонована методика має низку переваг у порівнянні із суцільною інвентаризацією насаджень (не потребує значних людських ресурсів і надає повнішу інформацію про стан насаджень), а також методикою моніторингу лісів (бере до уваги гетерогенність та функціональну специфіку міських насаджень).

Результати досліджень, представлені у цьому розділі, висвітлено у публікації «Щодо вдосконалення системи моніторингу насаджень територіальних громад міст та селищ України» [113].

ВИСНОВКИ

У дисертації відображено результати визначення особливостей поширення омели білої в біоценозах м. Харків, комплексного оцінювання її шкодочинності в міських зелених насадженнях, моделювання динаміки популяції цього виду, а також визначення основних екологічних факторів розповсюдження у міських умовах, що дає підстави узагальнити це у таких положеннях:

1. В умовах Харкова за трьома екологічними факторами – загальний терморегімі клімату, вологість клімату та режімі затінення, – склалися оптимальні для омели білої умови. Екологічний фактор, близький до субпессимуму, – морозистість клімату.
2. Реалізована в умовах м. Харків трофічна ніша омели білої представлена 39 видами дерев (екологічний оптимум: клен сріблястий, тополя чорна, ясен звичайний, клен гостролистий та тополя бальзамічна). Найбільш привабливими для омели є 12 видів дерев у складі міських зелених насаджень: тополя чорна та її гібриди з непірамідальною формою крони, осика, яблуня домашня, тополя біла, тополя Болле, горобина звичайна, верба біла, ясен звичайний, клен сріблястий та ін.
3. За санітарним станом міські насадження Харкова оцінено як перехідні від ослаблених до суховерхівкових, причому індекс санітарного стану з 1998 р. донині збільшився від $2,37 \pm 0,02$ до $2,50 \pm 0,03$.
4. Середні значення деревно-кільцевих хронологій клена сріблястого закономірно збільшуються у міру зростання індексу чисельності омели: для дерев з індексами ураження «0» і «1» у середньому вони становили 2,09 мм, для дерев із індексами ураження «3» – «6» – 3,99 мм, тобто є вищими майже в два рази у порівнянні з контролем. Простежуються чіткі закономірності щодо чутливості радіального приросту груп дерев із різним ступенем ураження омелою до змін клімату, зокрема до впливу посух і високих температур.

5. Діаметр інфікованих гілок модельних видів-живителів вище місця фіксації куща омели є меншим (у середньому на 9 %), так само як і міцність (у середньому на 28 %) та приріст листової маси (у середньому на 24 %) у порівнянні із неінфікованими.
6. У центральній-західній і південно-східній частинах Харкова щільність омели в перерахунку на квадрат UTM 1 км × 1 км значно більша, ніж на північному сході. У центральній і південно-східній частинах міста переважають стабільні локальні популяційні фрагменти, а у північно-східній частині – молоді. Загалом у місті омела продовжує розповсюджуватися у північно-східному напрямку.
7. Типи динаміки локальних фрагментів популяції омели у місті, встановлені за аналізом вікової структури, є такими: «популяція, що зростає» (ділянка № 1) та «стабільна популяція» (ділянки № 2 – 6). Тип розподілу особин популяції омели у просторі – груповий (або агрегований).
8. Ретроспективний аналіз поширення омели білої в Харкові із застосуванням матричної популяційної моделі свідчить, що її заселення відбулося на ділянці № 1 у 1912 р., на ділянці № 2 – у 1896 р., № 3 – у 1926 р., № 4 – у 1873 р., № 5 – у 1898 р., № 6 – у 1911 р. Отримані результати близькі до експертних оцінок.
9. Прогнозування динаміки популяції омели білої в м. Харків свідчить, що загальна кількість кущів омели через 20 років після проведення польових спостережень збільшиться на окремих ділянках від 2 до 5 разів, найбільш стрімко – в Салтівському житловому масиві, а найповільніше – в центральній частині міста, якщо сучасні популяційні тенденції зберігатимуться без впливу додаткових факторів.
10. Статистично доведено наявність взаємозв'язку між вектором і чисельністю колонізаційних плям омели у місті на прикладі модельного виду дерева-живителя – клена сріблястого: при аналізі часових рядів отримано достовірний

коефіцієнт кореляції ($r_{xy}^* = 0,57, p < 0,05$) між індексами чисельності омелюха («вектор») і динамікою радіального приросту у інфікованих омелою дерев.

11. Існує тісний додатний взаємозв'язок між індексами чисельності омели та показниками периферійного відмирання крони дерева-живителя, ступенем дефоліації, класом та категорією санітарного стану, а також діаметром його крони у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

12. Визначено достовірну кореляцію між щільністю популяції омели білої та видовим багатством деревостану і її відсутність між щільністю популяції омели та показниками видового різноманіття насаджень.

13. Щільність омели білої тісно пов'язана зі щільністю вулично-дорожньої мережі, середньою відстанню між деревами, переважаючим віком дерев у складі насаджень і часткою площі забудови (факторні навантаження $> 0,70$).

14. У міру збільшення щільності популяції омели закономірно зменшується коефіцієнт розмноження, що є ілюстрацією відомого в загальній екології принципу Ч. Оллі: $r_s = -0,85$ (зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$).

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Бюро технічної інвентаризації пропонується застосовувати наведені методологічні засади організації для здійснення моніторингу зелених насаджень на території населених пунктів України.
2. Спеціалізованим комунальним підприємствам із питань озеленення:
 - під час створення та реконструкції об'єктів зеленого господарства міст підтримувати різновікову структуру насаджень, не створювати насадження із домінуванням таких видів: тополя чорна та її гібриди з не пірамідальною формою крони, осика, яблуня домашня, тополя біла та її гібриди з не пірамідальною формою крони, тополя Болле та її гібриди з не пірамідальною формою крони, горобина звичайна, верба біла, ясен звичайний, клен сріблястий, тополя бальзамічна та її гібриди з не пірамідальною формою крони, робінія звичайна (біла акація), тополя канадська, тополя срібляста; водночас не варто занадто спрощувати таксономічну структуру насаджень на користь видів, які є менш чи взагалі є непривабливими для омели;
 - враховуючи, що поширенню омели білої в насадженнях сприяє їх прорідження, не рекомендується розбивати великі зелені масиви у межах населеного пункту на мозаїку невеликих ділянок;
 - для забезпечення достатнього рівня біорізноманіття урбоєкосистем або збору цінної лікарської сировини рекомендується створювати довкола колонізаційних плям омели білої буферні стрічки з використанням видів деревних рослин, на яких омела не виявлена або виявлена в поодиноких випадках.
3. Фахівцям під час обрізки насаджень рекомендується:
 - обрізати гілки на 1,5 м нижче місця фіксації омели (якщо на деревній рослині виявлено декілька куців омели, рекомендується обрізати гілки на 1,5 м нижче місця фіксації її останнього куща на гілці);

– в першу чергу видаляти гілки з ювенільними і генеративними кущами омели білої для максимального зниження швидкості росту популяції напівпаразита у майбутньому.

4. Для стійкого розвитку насаджень міста Харків фахівцям Спеціалізованого комунального підприємства «Харківзеленбуд» рекомендується збалансувати використання в озелененні клена гостролистого, гіркокаштана звичайного, лип серцелистої і широколистої, а також берези повислої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаптація до змін клімату: зелені зони міст на варті прохолоди. Київ: Український екологічний клуб «Зелена хвиля», 2016. 40 с.
2. Алексанов В. В. Методы изучения биологического разнообразия: учебно-методическое пособие для обучающихся и педагогов. Калуга: ГБУ ДО КО «Областной эколого-биологический центр», 2017. 70 с.
3. Бараннік В. О. Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Розробка лінійної регресійної моделі впливу скиду стічних вод підприємства на якість річкової води в контрольному створі» з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля». Харків: Харківська національна академія міського господарства, 2007. 20 с.
4. Басос Н. Ю., Вергелес Ю. И. Биоцентрически-сетевая структура урбанизированных ландшафтов (на примере континентальных и приморских городов). Saarbrücken: Lambert Academic Publishers, 2010. 92 с.
5. Бекетов А. Н. О влиянии климата на возрастание сосны и ели. *Труды 1-го съезда русских естествоиспытателей*. Санкт-Петербург: Типография Императорской академии наук, 1868. Т. 2. С. 111–163.
6. Биология: энциклопедия. Москва: Большая Российская энциклопедия, 2003. 864 с.
7. Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 170 с.
8. Бокун Н. Ч. Методические указания по УИРС (для студентов по специальности «Статистика»): часть 2. Минск: Белорусский государственный экономический университет, 2014. URL: <http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/2012/2/Bokun%20N.Ch.%20Metod.%20ukazaniya%20po%20UIRS%20Ch.%202.rtf> (дата обращения: 25.07.2017).

9. Букша И. Ф. Изменение климата и лесное хозяйство Украины. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2009. № 7. С. 11–17.
10. Букша І. Ф., Пастернак В. П., Пивовар Т. С., Букша М. І., Яроцький В. Ю. Методичні матеріали щодо проведення моніторингу лісів І рівня та забезпечення його якості. Харків: УкрНДІЛГА, 2011. 56 с.
11. Бурак О. М. Стратегічні та тактичні завдання розвитку системи озеленення міст. *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб.* 2007. № 77, 2007. С. 38–42.
12. Бучавий Ю. В., Павличенко А. В., Семеріч К. В. Дослідження ступеня озеленення санітарно-захисних зон гірничодобувних підприємств із застосуванням ГІС-технологій. *Розробка родовищ: наук.-техн. зб.* 2014. № 1. С. 509–518.
13. Васелова М. В. Развитие методов мониторинга городских насаждений в целях охраны окружающей среды: реферат. Санкт-Петербург: ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский Государственный университет им. С. М. Кирова, 2016. 32 с.
14. Василенко І. Д., Філіпова Л. М., Фучило Я. Д. Боротьба з омелою на деревах тополі у зеленій зоні Білої Церкви. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2013. № 23(12). С. 31–38.
15. Вергелес Ю. И. Городская флора и фауна. *Экология города: учебник* / ред. Ф. В. Стольберг. Киев: Либра, 2000. Гл. 5. С. 236–276.
16. Вергелес Ю. І. Оценка обилия и характера многолетней динамики видов птиц в сезонных ареалах (на примере свиристеля, *Bombus garrulus*, в г. Харькове и Харьковской области). *Чтения памяти А. П. Крапивного: материалы междунар. науч. конф., посвященной 80-летию со дня рождения проф. А. П. Крапивного* (Харьков, 4–5 декабря 2009 г.). Харьков: Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, 2009. С. 107–112.
17. Вергелес Ю. І. Фенологія деревних рослин восени в умовах урбанізованого довкілля. Харків: Харківська національна академія міського господарства, 2011. 24 с.

18. Вергелес Ю. І., Рибалка І. О. Комплексна порівняльна ландшафтно-екологічна характеристика ділянок міської території, що належать до різних функціональних зон: методичні вказівки. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2011. 19 с.
19. Внедрение новой учебной дисциплины под названием «Governance of Ecosystem Services» («Управление экосистемными услугами»). URL: <http://ematf.pskgu.ru/event/4C1566A009FC1DD73D133747C4FABF4E> (последнее обращение: 21.02.2014).
20. Воскобойников Ю. Е. Эконометрика в *Excel*. Часть 1 (парный и множественный регрессионный анализ): учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2005. 77 с.
21. Выборка. Типы выборок. Расчет ошибки выборки. URL: <http://fdfgroup.ru/poleznaya-informatsiya/stati/vyborka-tipy-vyborok-raschet-oshibki-vyborok/> (дата обращения: 12.04.2019).
22. Географічні координати: Харків, Україна. URL: <http://dateandtime.info/uk/citycoordinates.php?id=706483> (дата звернення: 03.09.2018).
23. Гнатюк Н. О., Остапенко С. Г. Омела – актуальна проблема. Праці 1 між-нар. наук.-техн. конф. (Вінниця, 4–7 жовтня 2006). Вінниця, 2006. С. 144.
24. Гнатюк О. М. Ураження омелою білою (*Viscum album* L.) яблуні домашньої (*Malus domestica*) та інших плодових і ягідних культур. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 156–163.
25. Гнатюк О. М., Кавун Е. М. Особливості розповсюдження омели білої в паркових і рекреаційних зонах Лісостепу та Полісся. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 2(56). С. 183–192.
26. Гнатюк О. М., Кавун Е. М. Особливості розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) у придорожніх лісосмугах Лісостепу та Полісся України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. Т. 1. № 1(58). С. 110–120.

27. Голосова Е. В., Романенко А. Н. Применение системы автоматизированного проектирования *AutoCAD*[®] для решения задач ландшафтного дизайна и мониторинга насаждений. *Лесной вестник*. 1999. № 2. С. 105–107.
28. Голубець М. Екологія: наукова сутність, об'єкти досліджень, завдання. 2001. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/73397/01-Holubets.pdf?sequence=1> (дата звернення: 14.06.2021).
29. Горлова Т. А. Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе у 30 – 50-ті роки XX ст. (за матеріалами колекції фотодокументів ХІМ). 2014. URL: <http://museum.kh.ua/academic/sumtsov-conference/2014/article.html?n=934> (дата звернення: 02.12.2018).
30. Гржибовский А. М. Типы данных, проверка распределения и описательная статистика. *Экология человека*. 2008. № 1. С. 52–58.
31. Губергриц А. Я., Соломченко Н. И. Лекарственные растения Донбасса: определитель. Донецк: Донбасс, 1990. 208 с.
32. Дажо Р. Основы экологии: пер. с франц. Москва: Прогресс, 1976. 416 с.
33. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша: пер. с англ. Москва: Мир, 1988. 184 с.
34. Дідух Я. Глобальні зміни клімату: що робити екологам? *Дзеркало тижня*. 2008. № 43. С. 26–27.
35. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ: Наукова думка, 2012. 344 с.
36. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
37. Дрё Ф. Экология: пер. с франц. Москва: Атомиздат, 1976. 166 с.
38. Ежов О. Н. Вредители и болезни городских зеленых насаждений Архангельского промышленного узла. *Лесной журнал*. 2008. № 3. С. 46–51.
39. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / ред. О. Є. Пахомова. Харків: Фоліо, 2014. 666 с.

40. Емельянов А. В., Фролова С. В. Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) в прибрежных фитоценозах р. Ворона. *Российский Журнал Биологических Инвазий*. 2011. № 2. С. 40–43.
41. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті *Statistics 6.0*: методичні вказівки. Київ: Інститут цукрових буряків Української академії аграрних наук, 2007. 29 с.
42. Ефимов В. М., Ковалева В. Ю. Многомерный анализ биологических данных: учебное пособие. Санкт-Петербург: Институт систематики и экологии животных СОРАН, 2008. 87 с.
43. Заляжных В. В. Статистические расчеты при планировании и обработке результатов испытаний: учебное пособие. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2014. 83 с.
44. Іванков Р. Ш. Роль і місце громадськості в екологічному управлінні. *Право і безпека*. 2017. Т. 65. № 2. С. 1–9. URL: <http://academy.gov.ua/ej/ej15/txts/12IRSHGEU.pdf> (дата звернення: 18.05.2019).
45. Іванов С. Житлове будівництво в Харкові (1943–1980 рр.). *Актуальні проблеми вітчизняної та всесвітньої історії*. 2015. № 13. С. 121–127.
46. Іванців В. В., Іванців О. Я. Екологічні особливості поширення омели звичайної в біотопах м. Луцька. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2013. № 10. С. 94–100.
47. Івченко А. І., Божок О. П., Пацура І. М., Коляда Л. Б., Божок В. О. Особливості організації результативної боротьби з омелою білою. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2014. № 24(5). С. 13–18.
48. Калинина В. Н., Соловьев В. И. Введение в многомерный статистический анализ: учебное пособие. Москва: Государственный университет управления, 2003. 66 с.
49. Климат Харькова / ред. В. Н. Бабиченко. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 216 с.

50. Коваленін В. А. Історія Харкова. URL: <http://ukraine-in.ua/ua/istoriya-gorodov-ukrainy/istoriya-kharkova> (дата звернення: 25.11.2018).
51. Коваль І. М. Реакція радіального приросту сосни звичайної на зміни клімату та рекреаційне навантаження в лісостеповій зоні України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2011. № 21(2). С. 63–70.
52. Комин Г. Е. Применение дендрохронологических методов в экологическом мониторинге лесов. *Лесоведение*. 1990. № 2. С. 3–11.
53. Компьютерная биометрика / ред. В. Н. Носов. Москва: Московский государственный университет, 1990. 232 с.
54. Крамаренко С. С. Екологія: методичні рекомендації щодо виконання лабораторно-практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти ступеня доктора філософії зі спеціальності 204 «ТВППТ». Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2020. 34 с.
55. Крамер П. Д. Физиология древесных растений: пер. с англ. Москва: Лесная промышленность, 1983. 464 с.
56. Критерий Колмогорова-Смирнова. URL: <http://matstats.ru/smirnov.html> (дата обращения: 15.05.2019).
57. Крымзин Д. Н. Статистические методы интегральной оценки кадрового потенциала ВУЗа: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.12 / «Статистика, эконометрика и информационные технологии в управлении» ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева». Саранк, 2017. 168 с.
58. Кузнецов С. І., Левон Ф. М., Клименко Ю. А., Пилипчук В. Ф., Шумік М. І. Сучасний стан та шляхи оптимізації зелених насаджень в Києві. *Інтродукція і зелене будівництво*. 2000. С. 90–104.
59. Куненко Н. П. Лекарственные растения: определитель. Луганск: Редакционно-издательский отдел облуправления по печати, 1991. 96 с.
60. Кучерявий В. П. Урбоекологія. Львів: Світ, 1999. 360 с.
61. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.

62. Левон Ф. М. Створення зелених насаджень в умовах урбанізованого середовища: вимоги, лімітуючі чинники, шляхи оптимізації. *Науковий вісник Державного лісотехнічного університету України*. 2003. № 13(5). С. 157–162.
63. Левон Ф. М., Левон В. Ф., Ільєнко О. О. Наукові основи удосконалення технології садіння дерев у міських насадженнях в середовищі київського мегаполіса у сучасних умовах. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Біологія, біотехнологія, екологія*. 2016. № 234. С. 205–215.
64. Лежнева О. І. Ковака А. С., Сімінінко Д. П. Дослідження ландшафтно-екологічних характеристик міської території. *Вестник Харьковского национального автомобильного университета*. 2015. № 68. С. 19–25.
65. Лес России: энциклопедия. Москва: Большая Российская энциклопедия, 1995. 447 с.
66. Лесная энциклопедия: в 2 т. Москва: Советская энциклопедия, 1986. Т. 2. 631 с.
67. Лупандин В. И. Математические методы в психологи. Екатеринбург: Уральский федеральный университет. 2009. 196 с.
68. Мазуркевич А. В. Процессуальная конкретизация и математическое обоснование метода семантических универсалий. *Вестник Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр»*. Сер.: Гуманитарные науки. 2013. № 1(21). С. 112–123.
69. Масловата С. А. Історія поширення та етапи розвитку голландської хвороби в'язових. *Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства: матеріали міжн. наук. конф. Умань, 2015*. С. 154–158.
70. Метод Монте-Карло и проверка статистических гипотез. URL: <http://www.market-journal.com/ekoproces/2.html> (дата обращения: 15.05.2019).
71. Мєшкова Т. С. Оцінка стану деревного ярусу лісових насаджень Лівобережного Лісостепу України за даними моніторингу: дис... канд. с.-г. наук: 06.03.03 / Державний комітет лісового господарства України, НАН України,

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. Харків, 2007. 230 с.

72. Миняева О. Распространение омелы и борьба с ней (США). Москва: Наука, 1975. 34 с.

73. Миронюк В. В., Свинчук В. А., Гірс О. А. Використання вибірково-статистичних методів у системі моніторингу міських зелених насаджень. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 2(24). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2011_2/11mvw.pdf (дата звернення: 27.03.2020).

74. Неверова О. А., Легощина О. М., Зокиров Р. С. Изменение анатомических показателей хвои *Pinus eldarica* Тем., произрастающей в примагистральных посадках г. Худжанда. *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3. С. 274–279.

75. Непошивайленко Н. О., Зберовський О. В., Карпенко О. О., Галата А. В., Клименко Т. К. Комплексні дослідження стану довкілля на території міста Дніпродзержинська з використанням ГІС-технологій. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2011. № 36(1). С. 177–183.

76. Никитин А. Я., Сосунова И. А. Анализ и прогноз временных рядов в экологических наблюдениях и экспериментах: учебно-методическое пособие. Иркутск: Иркутский государственный педагогический университет, 2003. 88 с.

77. Одум Ю. Экология: пер. с англ. Москва: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.

78. Олійник В. С., Вітер Р. М. Лісознавство: курс лекцій. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. 264 с.

79. Омела біла. URL: <http://fitoapteka.org/herbs-o/1131-viscum-album> (дата звернення: 15.11.2007).

80. Определитель высших растений Украины: коллективная монография. Киев: Наукова думка, 1987. 548 с.

81. Орлова Ю. С. Использование индексов биологического разнообразия для анализа альгофлоры бассейна р. Алатырь. *Вестник Мордовского университета. Сер.: Биологические науки*. 2013. № 3(4). С. 53–57.
82. Остапенко Р. И. Математические основы психологии: учебно-методическое пособие. Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2010. 76 с.
83. Паразитные сорные растения. URL: <http://www.chem21.info/info/1768608/> (дата обращения: 12.04.2017).
84. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва: Наука, 1982. 287 с.
85. Пестова І. О. Методика оцінювання стану рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.12 / НАН України, Державна установа «Науковий центр аеро-космічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України». Київ, 2015. 172 с.
86. Пианка Э. Эволюционная экология: пер. с англ. Москва: Мир, 1981. 400 с.
87. Полищук Ю. М., Перемитина Т. О. Геоинформационный комплекс анализа состояния окружающей среды на основе метода главных компонент. *Вычислительные технологии*. 2004. № 2. С. 14–25.
88. Положення про державну систему моніторингу довкілля: постанова Каб. Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391. *Офіційний вісник України*. 1998. № 13. С. 91, код акту 5112/1998.
89. Положення про систему моніторингу зелених насаджень у містах і селищах міського типу: затверджено наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 16.10.2008 р. № 981/15672. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0981-08> (дата звернення: 04.04.2018).
90. Попов М. О., Семко І. Д. Оцінювання характеристик зелених насаджень з використанням засобів дистанційного зондування Землі. *Екологічна безпека та природокористування*. 2013. № 12. С. 51–62.

91. Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України: затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.07.2006 р. № 880/12754. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06> (дата звернення: 26.12.2018).
92. Природа Белоруссии: популярная энциклопедия. Минск: Белорусская советская энциклопедия имени Петруся Бровки, 1989. 598 с.
93. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України. Наказ, Інструкція Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 р. № 226. *Офіційний вісник України*. 2002. № 10. Ст. 489.
94. Прокопенко А. И., Вайнер В. Г., Галкин В. Л. Экономико-экологическое моделирование. Харьков: Харьковский национальный педагогический университет имени Г. С. Сковороды, 1997. 360 с.
95. Пузріна Н. В. Біолого-екологічні особливості омели білої (*Viscum album* L.) та її розповсюдженість на листяних деревних рослинах м. Києва. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2017. № 12. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/8915/8558> (дата звернення: 24.11.2018).
96. Рибалка І. О. Взаємозв'язок між інтенсивністю зараження омелою білою (*Viscum album* L.) та деякими екологічними параметрами дерев-живителів. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2016. № 26(5). С. 146–152.
97. Рибалка І. О. Омела біла (*Viscum album* L.) у міському ландшафті: дослідження змін чисельності популяції у ретроспективі та на перспективу. *Тематичний щорічник Інституту екології Карпат НАН України «Наукові основи збереження біотичної різноманітності»*. 2016. Т. 7(14). № 1. С. 211–228.
98. Рибалка І. О. Прикладні аспекти екологічного менеджменту популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях (на прикладі м. Харків). *Біологічні студії*. 2016. № 3(4). С. 141–154.

99. Рибалка І. О. Сучасні проблеми екологічної безпеки насаджень урбанізованих територій. *Проблеми екологічної безпеки: Праці 14 міжнар. наук.-техн. конф. (Кременчук, 12–14 жовтня 2016)*. Кременчук, 2016. С. 96.
100. Рибалка І. О. Увага: омела біла. До питання контролю розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) у насадженнях міст Східного Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 11–12. С. 19–24.
101. Рибалка І. О. Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на стан зелених насаджень. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо-користування: освіта – наука – виробництво – 2017: Праці 20 міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 10-річчю створення екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна (Харків, 19–22 квітня 2017)*. Харків, 2017. С. 178–179.
102. Рибалка І. О. До екологічної безпеки зелених насаджень в умовах швидкої інвазії омели білої (*Viscum album* L.). *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Сер.: Технічні науки*. 2017. № 1. С. 124–136.
103. Рибалка І. О. До питання підвищення рівня екологічної безпеки насаджень населених пунктів України в умовах надмірного розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.). *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. № 102(1). С. 111–120.
104. Рибалка І. О. Економічна ефективність технології захисту зелених насаджень від впливу омели білої (*Viscum album* L.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Экономические науки*. 2017. № 138. С. 42–47.
105. Рибалка І. О. Застосування лінійних регресійних моделей чисельності омели білої (*Viscum album* L.) для підвищення ефективності управління екологічною безпекою зелених насаджень. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2017. № 16. С. 143–151.
106. Рибалка І. О. Практичні рекомендації щодо захисту міських зелених насаджень від пошкодження омелою білою (схвалено на засіданні кафедри інженерної екології міст, протокол № 9 від 20.05.2019 р.). Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2019. 5 с.

107. Рибалка І. О., Бараннік В. О., Вергелес Ю. І. Використання геоінформаційних технологій в дослідженні особливостей розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) на території м. Харків. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Праці 3 регіональної наук. конф. студентів, магістрантів, аспірантів та молодих учених* (Харків, 15–16 грудня 2010). Харків, 2010. С. 179–181.
108. Рибалка І. О., Бараннік В. О., Вергелес Ю. І. Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях для контролю її поширення та чисельності. *Лісівнича наука: витоки, сучасність, перспективи: Праці наук. конф., присвяченої 80-річчю від дня заснування УкрНДІЛГА* (Харків, 12–14 жовтня 2010). Харків, 2010. С. 206–207.
109. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Особливості поширення омели білої (*Viscum album* L.) на території міста Харкова. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2016. № 26(7). С. 145–151.
110. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Дослідження взаємозв'язку між чисельністю омели білої (*Viscum album* L.) та омелюха (*Bombycilla garrula* L.) у міському ландшафті. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2017. № 27(1). С. 73–78.
111. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на приріст біомаси дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Екологічна безпека та збалансоване природокористування*. 2017. № 2(16). С. 72–77.
112. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Оцінка впливу омели білої на санітарний стан міських насаджень. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища: Матеріали міжнар. наук. конф., присвяченої 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України* (Київ, 22–24 вересня 2020). Київ, 2020. С. 291–294.

113. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І. Щодо вдосконалення системи моніторингу насаджень територіальних громад міст та селищ України. *Multidisciplinary academic research and innovation: Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference*. Amsterdam, 2021. Р. 93–95.
114. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Бараннік В. О. Моделювання розвитку популяції омели білої (*Viscum album* L.) у міському ландшафті. *Екологія. Людина. Суспільство: Праці 13 міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених* (Київ, 19–23 травня 2010). Київ, 2010. С. 53–54.
115. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Бараннік В. О. Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) для забезпечення сталого розвитку садово-паркового господарства міст. *Науковий вісник Чернівецького університету «Біологія (Біологічні системи)»*. 2016. Т. 8. № 2. С. 298–309.
116. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на динаміку радіального приросту клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.) в Лісостеповій зоні України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2012. № 22(15). С. 57–63.
117. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Результати дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на продуктивність насаджень. *Охорона довкілля: Праці 9 всеукр. наук. Таліївських читань* (Харків, 19–20 квітня 2013). Харків, 2013. С. 139–141.
118. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Лапшин О. С. Дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Технические науки и архитектура*. 2017. № 137. С. 72–79.
119. Рибалка І. О., Стольберг Ф. В. Щодо вдосконалення методики дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Технические науки и архитектура*. 2017. № 139. С. 130–134.

120. Рибалка І. О., Чайка А. С., Вергелес Ю. І. Результати досліджень поширення омели білої (*Viscum album* L.) в ландшафтах центральної частини м. Харків. *Фундаментальні та прикладні дослідження в біології*: Праці 1 між-нар. конф. студентів, аспірантів та молодих учених (Донецьк, 23–26 лютого 2009). Донецьк, 2009. С. 394–395.
121. Рогачев А. С., Мелихова Е. В. Эконометрика: учебное пособие. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный технический университет, 2014. 96 с.
122. Роговський С. В. Система озеленення м. Біла Церква – сучасний стан та перспективи розвитку. *Агробіологія*. 2012. № 8. С. 5–9.
123. Роговський С. В. Причини деградації багаторічних зелених насаджень та шляхи вирішення наявних проблем на прикладі міста Білої Церкви. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2014. № 24(4). С. 130–139.
124. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1973. 320 с.
125. Рузова А. И., Крупаткина Д. К. Использование метода главных компонент в экологии морского фитопланктона (обзор). *Экология моря*. 1983. № 13. С. 65–71.
126. Рум'янков Ю. О. Ступінь пошкодження омелою *Viscum album* L. видів роду *Celtis* L. у насадженнях Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2010. № 6. С. 42–45.
127. Рыбалка И. А. Взаимосвязь между плотностью омелы белой (*Viscum album* L.) и некоторыми ландшафтно-экологическими характеристиками урбанизированных территорий (на примере г. Харькова). *Экологический вестник*. 2017. № 39(1). С. 87–97.
128. Рысин Л. П., Рысин С. Л. Урболесоведение. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2012. 240 с.

129. Рябушкин Ю. Б. Методы исследований в плодоводстве и виноградарстве: краткий курс лекций для аспирантов III курса. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет, 2014. 44 с.
130. Санітарні правила в лісах України: Затвержено Постановою Кабінету Міністрів України № 555 від 27.07.1995. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF#Text> (дата звернення: 27.03.2020).
131. Свояк Н. І. Екологічна оцінка поширення омели в м. Черкаси. *Хімічні технології і екологічна безпека*. 2013. № 3. С. 123–128.
132. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Москва: Высшая школа, 1962. 378 с.
133. Случайное число. URL: <https://randstuff.ru/number> (дата обращения: 12.04.2019).
134. Созинов О. В. Согласованная изменчивость морфологических параметров и фитохимического состава листьев *Vaccinium vitis-idaea*. *Биодиверситиология: проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия: Сборник науч. статей IV междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 декабря 2011 г.)*. – Чебоксары, 2012. С. 70–72.
135. Сомов Н. Н. Орнитологическая фауна Харьковской губернии. Харьков: А. Дарре, 1897. 680 с.
136. Станкевич С. А., Пестова І. О. Дистанційне оцінювання кількості рослинності в міських агломераціях. *Фотограмметрія і дистанційне зондування*. С. 75–80. URL: http://www.unt.kiev.ua/docs/Zbirnuk_II_Konf_UNT.pdf#page=75 (дата звернення: 18.05.2019).
137. Сухініч А. М., Муж Г. В. Ступінь ураження омелою видів роду *Populus* у парковій зоні «Гідропарк» міста Житомира. *Біологічні дослідження – 2015: Збірник наук. праць 6 наук.-практ. конф. молодих учених та студентів (Житомир, 4–5 березня 2015 р.)*. Житомир: ПП «Рута», 2015. С.44–46.
138. Таємниці омели білої. URL: <http://domovyk.com/files/images/articles/6595/mid6564.gif> (дата звернення: 15.11.2007).

139. Таран Н. Ю. Светлова Н. Б., Бацманова Л. М., Улинець В. З., Ганчурін В. В. Біологія розвитку *Viscum album* L. та екологічний моніторинг її поширення в лісопаркових біоценозах. *Український ботанічний журнал*. 2008. № 2. С. 242–251.
140. Тимофеева В. В. Видовое разнообразие и географическая структура флоры малых городов южной Карелии. *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. № 7. С. 251–254.
141. Уильямсон М. Анализ биологических популяций: пер. с англ. Москва: Мир, 1975. 272 с.
142. Усцький І. М., Полякова Л. В. Вплив омели на деякі біохімічні показники уражених дерев. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008. № 114. С. 212–215.
143. Фаттахов И. Г. Классификация объектов разработки с использованием метода главных компонент. *Нефтепромысловое дело*. 2009. № 4. С. 6–9.
144. Федоров В. Д., Гильманов Т. Г. Экология. Москва: Изд-во МГУ, 1980. 464 с.
145. Фетисов С. А. О гнездовых дуплах и эволюции гнездостроения у дятлов *Picidae*: свойства древесины и выдалбливание гнездовых дупел. *Русский орнитологический журнал*. 2017. Т. 26. № 1444. С. 933–1966.
146. Филатова О. В. Влияние экологических и наследственных факторов на формирование побегов сосны в культурах Южной Лесостепи УССР: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 06.03.01 / Харьковский ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственный институт им. В. В. Докучаева. Харьков, 1984. 25 с.
147. Фізична географія та геоморфологія. Київ: ВГЛ «Обрій», 2009. 196 с.
148. Фролов В. Д., Коляда А. С. Происхождение латинских названий весенних растений Приморского края. Уссурийск: Уссурийский государственный педагогический институт, 2001. 107 с.
149. Харьковская область. Природа и хозяйство: материалы Харьковского отдела Географического общества Украины. Харьков: Харьковский ордена тру-

дового красного знамени государственный университет имени А. М. Горького, 1971. 253 с.

150. Хмельниченко А. С., Радзінська Ю. Б. Характеристика стану зелених насаджень в місті Харків. С. 207–209. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/53111/1/D1%874-208-210.pdf> (дата звернення: 14.04.2020).

151. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Москва: Наука, 1983. 197 с.

152. Школьник Ю. Растения: полная энциклопедия. Москва: Эскимо, 2003. 253 с.

153. Шлапак В. П., Козак Н. І., Терещенко Ю. Ф., Вітенко В. А., Музика Г. І. Визначення ступеня ураження омелою білою (*Viscum album* L.) деревних рослин парку «Піонерський» в місті Умань. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2013. № 23(6). С. 324–328.

154. Шолок І. В. Порівняльний аналіз озеленення великих міст України та Європи. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2014. № 11. С. 42–49.

155. Щелканова В. Ю. Особенности экологии и биоразнообразия булавоусых чешуекрылых южного лесничества Ильменского государственного заповедника. Челябинск: ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Институт естественных и точных наук)», 2017. 66 с.

156. Экология. dtv-Atlas: пер. с 5-го нем. изд. Москва: Рыбари, 2003. 287 с.

157. Экология: справочник. Омела. URL: <http://ru-ecology.info/term/33550/> (дата обращения: 12.04.2017).

158. Юрасов С. Зеленый Кропивницкий. Зачем город стал играть в открытую. URL: <https://tech.liga.net/superdata/article/zelenyy-kropivnitskiy-zachem-gorod-stal-igrat-v-otkrytuuyu> (последнее обращение: 21.03.2019).

159. Яцик А. В., Грищенко Ю. М., Якимчук А. Ю., Пашенюк І. А. Екологія біорізноманіття: підручник. Київ: Генеза, 2013. 408 с.

160. About the New York City Street Tree Map. URL: <https://tree-map.nycgovparks.org/learn/about> (Last accessed: 17.01.2019).
161. *Acer saccharinum* L. URL: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654/volume_2/acer/saccharinum.htm (дата обращения: 17.05.2019).
162. Ančić M., Pernar R., Bajić M., Seletković A., Kolić J. Detecting mistletoe infestation on Silver fir using hyperspectral images. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2014. № 7. P. 85–91. URL: <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor1035-006> (Last accessed: 16.12.2018).
163. Ball P. W. *Viscum* L. *Flora Europaea*. 1993. № 1. P. 86.
164. Baltazár T. Modelling of the distribution of European mistletoe (*Viscum album*) with dependence on local factors in the Castle park in Lednice. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendeliana brunensis*. 2015. № 63(156). P. 1441–1452.
165. Baltazár T., Pejcha M., Varga I. Modelling of the distribution of european mistletoe (*Viscum album*) with dependence on local factors in the Castle Park in Lednice. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*. 2015. № 63(5). P. 1441–1452.
166. Barbu C. Impact of mistletoe attack (*Viscum album* ssp. *abietis*) on the radial growth of silver fir. A case study in North of Eastern Carpathians. *Annals of Forest Research*. 2009. № 52. P. 89–96.
167. Barbu C. The incidence and distribution of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) on Silver fir (*Abies alba* Mill.) stands from Eastern Carpathians. *Annals of Forest Research*. 2010. № 53. P. 27–36.
168. Barbu C. O. Impact of White Mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) infection on needles and crown morphology of Silver Fir (*Abies alba* Mill.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2012. № 40(2). P. 152–158.
169. Barlow B. A. Biogeography of *Loranthaceae* and *Viscaceae*. Sydney: Sydney Academic Press, 1983. P. 19–46.

170. Barney C. W., Hawksworth F. G., Gehs B. W. Hosts of *Viscum album*. *European Journal of Forest Pathology*. 1998. № 28. P. 187–208.
171. Bar-Sela G. White-berry mistletoe (*Viscum album* L.) as complementary treatment in cancer: does it help? *European Journal of Integrative Medicine*. 2011. № 3. P. 55–62.
172. Baumpatenschaft: Übersichtliche Karte mit möglichen Patenbäumen online. 2017. URL: <https://www.leipzig.de/news/news/baumpatenschaft-uebersichtliche-karte-mit-moeglichen-patenbaeumen-online/> (Last accessed: 15.01.2019).
173. Bigler C., Braeker O. U., Bugmann H., Dobbertin M., Rigling A. Drought as inciting mortality factor in Scots pine stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems*. 2006. № 9. P. 330–343.
174. Böhling N., Greuter W., Raus T., Snogerup B., Snogerup S., Zuber D. Notes on the Cretan mistletoe, *Viscum album* subsp. *creticum* subsp. *nova* (Loranthaceae/Viscaceae). *Israel Journal of Plant Sciences*. 2002. № 50. P. 77–84.
175. Briggs J. Christmas curiosity or medical marvel? A seasonal review of mistletoe. *Biologist*. 2003. № 50. P. 249–254.
176. California forest insect and disease training manual. 2003. URL: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fsbdev3_046410.pdf (Last accessed: 03.05.19).
177. Catal Y., Carus S. Effect of Pine mistletoe on radial growth of Crimean Pine (*Pinus nigra*) in Turkey. *Journal of Environmental Biology*. 2011. № 32. P. 263–270.
178. Cavender N., Donnelly G. Intersecting urban forestry and botanical gardens to address big challenges for healthier trees, people, and cities. *Plants, People, Planet*. 2018. № 1(4). URL: http://arbnet.org/sites/arbnet/files/Cavender_et_al-2019-Plants%2C_People%2C_Planet.pdf (Last accessed: 10.03.2020).
179. Chiabai A., Quiroga S., Martinez-Juarez P., Higgins S., Taylor T. The nexus between climate change, ecosystem services and human health: Towards a conceptual framework. *Science of The Total Environment*. 2018. № 635. P. 1191–1204.

180. Dale H., Press M. C. Elevated atmospheric CO₂ influences the interaction between the parasitic angiosperm *Orobanche minor* and its host *Trifolium repens*. *New Phytologist*. 1998. № 140(1). P. 65–73.
181. Díaz-Limón M. P., Cano-Santana Z., Queijeiro-Bolaños M. E. Mistletoe infection in an urban forest in Mexico City. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016. № 17. P. 126–134.
182. Dobbertin 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. № 50. P. 40–47.
183. Ecological Flora of the British Isles. URL: http://ecoflora.org.uk/select_plant_char.php (Last accessed: 26.05.2021).
184. Elias P. Hostitel'ske dreviny imelovcovitych (*Loranthaceae*) na Slovensku. *Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti*. 2002. № 24. P. 175–180.
185. Escher P., Eiblmeier M., Rennenberg H. Differences in the influx of glutamine and nitrate into *Viscum album* from the xylem sap of its hosts. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2004. № 42. P. 739–744.
186. Escher P., Peuke A. D., Bannister P., Fink S., Hartung W., Jiang F., Rennenberg H. Transpiration, CO₂ assimilation, WUE, and stomatal aperture in leaves of *Viscum album* (L.): effect of abscisic acid (ABA) in the xylem sap of its host (*Populus x euamericana*). *Plant Physiology and Biochemistry*. 2008. № 46. P. 64–70.
187. Escher P., Rennenberg H. Influx of double labelled glutamine into mistletoes (*Viscum album*) from the xylem sap of its host (*Abies alba*). *Plant Physiology and Biochemistry*. 2006. № 44. P. 880–884.
188. Explore Melbourne's Urban Forest. URL: <http://melbourneurbanforestvisual.com.au/> (Last accessed: 11.01.2019).
189. Filip G. M., Beatty J. S., Mathiasen R. L. Fir Dwarf Mistletoe. *Forest Insect & Disease*. 2000. № 89. P. 1–7.

190. Forest Health. URL: <https://www.dec.ny.gov/lands/4969.html> (Last accessed: 11.01.2019).
191. Forest Health Monitoring: Field Methods Guide. U.S. Environmental Protection Agency: Washington D.C., 1995. 343 p.
192. Galiano L., Martínez-Vilalta J., Lloret F. Drought-induced multifactor decline of scots pine in the pyrenees and potential vegetation change by the expansion of co-occurring oak species. *Ecosystems*. 2010. № 13. P. 978–991.
193. Galiano L., Martínez-Vilalta J., Lloret F. Carbon reserves and canopy defoliation determine the recovery of Scots pine 4 yr after a drought episode. *New Phytologist*. 2011. № 190. P. 750–759.
194. Grazi G., Urech K. Hyperparasitismus von *Viscum album* auf *Loranthus europaeus* als mögliches Bekämpfungsmittel gegen die Eichenmistelplage. *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*. 1986. № 60. P. 467–474.
195. Greenham C. G., Leonard O. A. The amino acids of some mistletoes and their hosts. *American Journal of Botany*. 1965. № 52. P. 41–47.
196. Griebel A., Watson D., Pendall E. Mistletoe, friend and foe: synthesizing ecosystem implications of mistletoe infection. *Environmental Research Letters*. № 12. 2017. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa8fff/pdf> (Last accessed: 12.01.2021).
197. Hawksworth F. G. The 6-Class Dwarf Mistletoe Rating System. Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1977. 7 p.
198. Hawksworth F. G., Dixon C. S., Krebill R. G. *Peridermium bethelii* – A Rust Associated with Lodgepole Pine Dwarf Mistletoe. *Plant Diseases*. 1983. № 67. P. 729–733.
199. Hawksworth F. G., Scharpf R. F. Spread of European mistletoe (*Viscum album*) in California, U.S.A. *European Journal of Plant Pathology*. 1986. № 16. P. 1–5.

200. Hawksworth F. G., Scharpf R. F., Marosy M. European mistletoe continues to spread in Sonoma County. *California Agriculture journal*. 1991. № 45. P. 39–40.
201. Heide-Jørgensen H. S. The Mistletoe *Viscum album*. 2015. 32 p. URL: http://www.viscum.dk/abstracts/text/viscum_2015_english.pdf (Last accessed: 04.05.2017).
202. Hoffman J. T. Management Guide for Dwarf Mistletoe *Arceuthobium* spp. URL: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5187427.pdf (Last accessed: 03.05.2019).
203. Hosseini S. M., Kartoolinejad D., Mirnia S. K., Tabibzadeh Z., Akbarinia M., Shayanmehr F. The effects of *Viscum album* L. on foliar weight and nutrients content of host trees in Caspian forests (Iran). *Polish Journal of Ecology*. 2007. № 55. P. 579–583.
204. Idzajt M., Kogelnik M., Franjic J., Skvorc Z. Hosts and distribution of *Viscum album* L. ssp. *album* in Croatia and Slovenia. *Plant Biosystems*. 2006. № 140. P. 50–55.
205. Idzajt M., Pernar R., Glavas M., Zebec M., Diminic D. The incidence of mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) on silver fir (*Abies alba*) in Croatia. *Biologia*. 2008. № 63. P. 81–85.
206. Influence of European mistletoe on tree growth. URL: <http://www.dendrochronology-lt.com/mistletoe.html> (Last accessed: 13.12.2013).
207. Jalas J., Suominen J. Atlas Florae Europaeae. Helsinki: Committee for Mapping Flora of Europe, 1976. 128 p.
208. Kartoolinejad D., Hosseini S. M., Mirnia S. K., Akbarinia M., Shayanmehr F. The Relationship among Infection Intensity of *Viscum album* with some Ecological Parameters of Host Trees. *International Journal of Environmental Research*. 2007. № 1. P. 143–149.
209. Kavanagh P. H., Burns K. C. Mistletoe macroecology: spatial patterns in species diversity and host use across Australia. *Biological Journal of the Linnean Society*. 2012. № 106(3). P. 459–468.

210. Kollas C., Gutsch M., Hommel R., Lasch-Born P., Suckow F. Mistletoe-induced growth reductions at the forest stand scale. *Tree Physiology*. 2018. № 38(5). P. 735–744.
211. Kolodziejek J., Patykowski J., Kolodziejek R. Distribution, frequency and host patterns of European mistletoe (*Viscum album* subsp. *album*) in the major city of Lodz, Poland. *Biologia*. 2013. № 68. P. 55–64.
212. Köse B., Erentürk S. Drying characteristics of mistletoe (*Viscum album* L.) in convective and UV combined convective type dryers. *Industrial Crops & Products*. 2010. № 32(3). P. 394–399.
213. Kotan R., Okutucu A., Görmez A. A., Karagoz K., Dadasoglu F., Karaman I., Hasanekoglu I., Kordali Ş. Parasitic bacteria and fungi on common mistletoe (*Viscum album* L.) and their potential application in biocontrol. *Journal of Phytopathology*. 2013. № 161(3). P. 165–171.
214. Krasnylenko Yu., Sosnovsky Y., Atamas N., Popov G., Leonenko V., Janošková K., Sytschak N., Rydlo K., Sytnyk D. The European mistletoe (*Viscum album* L.): distribution, host range, biotic interactions and management worldwide with special emphasis on Ukraine. *Botany*. 2020. URL: <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/101820/3/cjb-2020-0037.pdf> (Last accessed: 12.01.2021).
215. Langbehn A., Weber H. C. Weitere untersuchungen über zuwachsdaten und die entwicklung der Laubholzmistel *Viscum album* L. (*Viscaceae*) auf Apfelbäumen (*Malus* sp.). *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*. 1995. № 69. P. 141–154.
216. London's street trees. 2017. URL: <http://mappinglondon.co.uk/2017/london-street-trees/> (Last accessed: 15.01.2019).
217. López de Buen L., Ornelas J. F. Host compatibility of the cloud forest mistletoe *Psittacanthus schiedeana* (*Loranthaceae*) in Central Veracruz, Mexico. *American Journal of Botany*. 2002. № 89. P. 95–102.
218. Lyu S. Y., Park S. M., Choung B. Yu., Park W. B. Comparative study of korean (*Viscum album* var. *coloratum*) and european mistletoes (*Viscum album*). *Archives of Pharmacal Research*. 2000. № 23(6). P. 592–598.

219. Mallams K. M., Mathiasen R. L. Mistletoes on Hardwoods in the United States. *Forest Insect & Disease Leaflet*. № 147. U.S. Department of Agriculture's Forest Service, 2010. 12 p.
220. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests. Hamburg: Forest Research Centre for Forestry and Forest Products, 1998. 172 p.
221. Maul K., Krug M., Nickrent D. L., Müller K. F., Quandt D. Morphology, geographic distribution, and host preferences are poor predictors of phylogenetic relatedness in the mistletoe genus *Viscum* L. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2018. № 2. URL: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/433359v1.full> (Last accessed: 12.02.2021).
222. Mutlu S., Ilhan H., Turkoglu H. I. Turkoglu Mistletoe (*Viscum album*) infestation in the Scots pine stimulates drought-dependent oxidative damage in summer. *Tree Physiology*. 2016. URL: <http://treephys.oxfordjournals.org/content/early/2016/01/30/treephys.tpv135.short> (Last accessed: 11.01.2021).
223. Mutlu S., Osma E., Ilhan V., Turkoglu H., Atici O. Mistletoe (*Viscum album*) reduces the growth of the Scots pine by accumulating essential nutrient elements in its structure as a trap. *Trees*. 2016. № 30(3). P. 815–824.
224. Nine Cities That Love Their Trees. URL: <https://www.nationalgeographic.com/news-features/urban-tree-canopy/> (Last accessed: 14.01.2019).
225. NYC's Street Trees. URL: <https://tree-map.nycgovparks.org/> (Last accessed: 18.01.2019).
226. Oliva J., Colinas C. Epidemiology of heterobasidion abietinum and *Viscum album* on silver fir (*Abies alba*) stands of the Pyrenees. *Forest Pathology*. 2010. № 40. P. 19–32.
227. Ozturk M., Coskuner K. A., Usta Ye., Serdar B., Ertugrul B. The incidence and distribution of mistletoe (*Viscum album* L.) in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands, and modeling the effect of mistletoe on diameter growth of Scots pine in Northeastern Anatolia. *IAWA Journal*. 2019. 40(2). P. 352–365.

228. Pignone D., Hammer K. Parasitic angiosperms as cultivated plants? *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2016. № 63(7). P. 1273–1284.
229. Prochazka F. A centre of occurrence of *Viscum album* subsp. *album* in eastern Bohemia and an overview of the diversity of its host plants in the Czech Republic. *Preslia*. 2004. № 76. P. 349–359.
230. Raftoyannis Ya., Radoglou K., Bredemeier M. Effects of mistletoe infestation on the decline and mortality of *Abies cephalonica* in Greece. *Annals of Forest Research*. 2015. № 58(1). URL: https://www.academia.edu/14283730/Effects_of_mistletoe_infestation_on_the_decline_and_mortality_of_Abies_cephalonica_in_Greece (Last accessed: 11.01.2021).
231. Ramón P., Cruz M., Zavala I., Zavala M. A. Factors influencing the dispersion of *Arceuthobium oxycedri* in Central Spain: evaluation with a new null model for marked point patterns. *Forest Pathology*. 2016. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/efp.12279/full> (Last accessed: 26.12.2018).
232. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Oxford University Press, 1934. 632 p.
233. Rigling A., Eilmann Br., Koechli R., Dobbertin M. Mistletoe-induced crown degradation in Scots Pine in a xeric environment. *Tree Physiology*. 2010. № 30. P. 845–852.
234. Rybalka I., Vergeles Yu., Barannik V. The White Mistletoe's (*Viscum album* L.) population modeling and control in urban areas. *Ecobaltica – 2011: Book of proceedings of the XIII International Youth Environmental Forum* (St.-Petersburg, September 29 – October 1, 2011). St.-Petersburg, 2011. C. 101–105.
235. Sangüesa-Barreda G., Linares J. C., Camarero J. J. Mistletoe effects on Scots pine decline following drought events: insights from within-tree spatial patterns, growth and carbohydrates. *Tree Physiology*. 2012. № 32. P. 585–598.
236. Sangüesa-Barreda G., Linares J. C., Camarero J. J. Drought and mistletoe reduce growth and water-use efficiency of Scots pine. *Forest Ecology and Management*. 2013. № 296. P. 64–73.

237. Sargent S. Seed fate in a Tropical mistletoe: the importance of host twig size. *Functional Ecology*. 1995. № 9. P. 197–204.
238. Scalon M. C., Rossatto D. R., Domingos F. M. C. B., Franco A. C. Leaf morphophysiology of a Neotropical mistletoe is shaped by seasonal patterns of host leaf phenology. *Oecologia*. 2016. 180(4). P. 1103–1112.
239. Schweingruber F. H. Tree Rings and Environment. Dendroecology: Birmensdorf, 1996. 609 p.
240. Skoglund J. Strong increase of *Viscum album* at its northern Swedish limit. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 2013. № 107. P. 28–41.
241. Skre O. The regional distribution of vascular plants in Scandinavia with requirements for high summer temperatures. *Norwegian Journal of Botany*. 1979. № 26. P. 295–318.
242. Skrypnik L., Maslennikov P., Feduraev P., Pungin A., Belov N. Ecological and Landscape Factors A ecting the Spread of European Mistletoe (*Viscum album* L.) in Urban Areas (A Case Study of the Kaliningrad City, Russia). *Plants*. 2020, № 9(394). URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/3/394> (Last accessed: 12.01.2021).
243. Smith L., Mathiasen R., Hofstetter R. Biomass of Witches' Brooms Caused by Douglas-Fir Dwarf Mistletoe in Northern Arizona. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*. 2011. № 43(1). P. 40–47.
244. Staub G. Remote Sensing to Detect and Monitor Trees in Various Environments: Case Studies in Chile. URL: <https://www.intechopen.com/books/recent-advances-and-applications-in-remote-sensing/remote-sensing-to-detect-and-monitor-trees-in-various-environments-case-studies-in-chile> (Last accessed: 30.03.2020).
245. Stokes M. A., Terah L. S. An Introduction to Tree-Ring Dating. Arizona: The University of Arizona, 1996. 73 p.
246. Street trees. URL: <https://maps.london.gov.uk/trees/> (Last accessed: 12.01.2019).

247. Stypinski P. T. Biology and Ecology of the European Mistletoe (*Viscum album*, *Viscaceae*) in Poland. Kraków: W. Szafer Institute of Botany Polish Academy of Science, 1997. 117 p.
248. Stypiński P. Biologia i ekologia jemioli pospolitej (*Viscum album*, *Viscaceae*) w Polsce. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Series Polonica*. 1997. № 1. S. 3–115.
249. Szmidla H., Tkaczyk M., Plewa R., Tarwacki G., Sierota Z. Impact of Common Mistletoe (*Viscum album* L.) on Scots Pine Forests – A Call for Action. *Forests*. 2019. № 10(847). URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/10/847/pdf> (Last accessed: 12.02.2021).
250. Taylor A. Vascular epiphyte assemblage structure and distribution patterns in the south-temperate zone. 2016. URL: <http://researcharchive.vuw.ac.nz/handle/10063/5011> (Last accessed: 16.12.2018).
251. Tikkanena O.-P., Kilpeläinen J., Mellado A., Hämäläinen A., Hódar J. A., Jaroszewicz B., Luoto M., Repo T., Rigling A., Wang A., Li M.-H., Lehto T. Freezing tolerance of seeds can explain differences in the distribution of two widespread mistletoe subspecies in Europe. *Forest Ecology and Management*. 2021. № 482. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112720315759?via%3Dihub> (Last accessed: 12.02.2021).
252. Tree canopy cover map. URL: <https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/parks-green-spaces-and-biodiversity/trees-and-woodlands/tree-canopy-cover-map> (Last accessed: 15.01.2019).
253. Tubeuf K. V. Monographie der Mistel. Munich: R. Oldenbourg, 1923. 832 p.
254. Tucker E. S. Studies of insects associated with the American Mistletoe. *Transactions of the Kansas Academy of Science*. 1903. № 30. P. 143–170.
255. Tyrväinen L. Economic valuation of urban forest benefits in Finland. *Journal of Environmental Management*. 2001. № 62(1). P. 75–92.
256. Umoh U. F., Ekpo B. A. J., Bala D. N., Udobang J. A., Cocobassey M., Etim E. I. Phytochemical and comparative antidiabetic studies of leaf extracts of

Viscum album from different plant hosts. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2011. № 5. P. 1448–1454.

257. Update on the OGD Cadastre of Trees of Vienna in Open Street Map. URL: <https://gisforge.wordpress.com/2015/01/02/update-on-the-ogd-cadastre-of-trees-of-vienna-in-openstreetmap/> (Last accessed: 16.01.2019).

258. Varga I., Poczai P., Tiborcz V., Aranyi N. R., Baltazár T., Bartha D., Pejchal M., Hyvönen J. Changes in the distribution of European mistletoe (*Viscum album*) in Hungary during the last hundred years. *Folia Geobotanica*. 2014. № 49(4). P. 559–577.

259. Vergeles Yu. I., Vyshnevetski O. G. Tree stands in the urban landscape of Central and Eastern Europe. Comparisons between the city of Kharkiv, Ukraine, and three Polish cities. Tartu: University of Tarty, 2001. Part 2. P. 621–627.

260. Vicaș S. I., Rugina D., Leopold L., Pinteș A., Socăciu C. HPLC fingerprint of bioactive compounds and antioxidant activities of *Viscum album* from different host trees. *Not Bot Hort Agrobot Cluj*. 2011. № 39. P. 48–57.

261. Watson D. M. Mistletoe – a keystone resource in forests and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2001. № 32. P. 219–249.

262. Zuber D. Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. *Flora*. 2004. № 199. P. 181–203.

263. Zuber D., Widmer A. Phylogeography and host race differentiation in the European mistletoe (*Viscum album* L.). *Molecular Ecology*. 2009. № 18. P. 1946–1962.

264. Zweifel R., Bangerter S., Rigling A., Sterck F. J. Pine and mistletoes: how to live with a leak in the water flow and storage system? *Journal of Experimental Botany*. 2012. № 63. P. 2565–2578.

ДОДАТКИ

Додаток А

Дослідження біологічних особливостей омели білої

Табл. А.1. Динаміка росту міжвузлів у омели білої в м. Харків, см

№ між- вузля	Кущ, №																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,5	0,6	0,7	0,4	0,3	1,0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,4	0,3	1,0	0,2	0,4	0,5	0,5
2	1,3	1,4	1,5	1,3	0,9	1,1	0,1	1,1	2,0	2,5	1,3	1,4	1,5	1,3	0,9	1,1	0,1	1,1	2,0	2,5
3	2,5	2,6	2,7	2,5	2,6	2,7	2,5	2,6	2,7	1,5	2,5	2,6	2,7	2,5	2,6	2,7	2,5	2,6	2,7	1,5
4	4,0	4,1	4,1	4,0	3,9	4,2	4,3	3,7	4,3	3,5	4,0	4,1	4,1	4,0	3,9	4,2	4,3	3,7	4,3	3,5
5	3,3	3,4	3,5	3,8	3,9	3,6	3,1	3,2	3,0	2,5	3,3	3,4	3,5	3,8	3,9	3,6	3,1	3,2	3,0	2,5
6	2,5	2,6	2,7	2,5	2,5	2,7	2,5	2,0	2,7	2,3	2,5	2,6	2,7	2,5	2,5	2,7	–	2,0	2,7	2,3
7	2,3	2,4	2,5	2,2	2,3	2,4	2,1	2,2	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,2	2,3	2,4	–	2,2	2,3	2,1
8	1,6	1,7	1,8	1,4	1,5	1,8	1,6	1,7	1,8	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,5	1,8	–	1,7	1,8	1,5
9	1,4	1,5	1,6	1,4	1,1	1,6	1,3	1,6	1,4	1,2	1,4	1,5	1,6	1,4	1,1	1,6	–	1,6	1,4	1,2
10	1,4	1,5	1,4	1,9	1,8	1,9	1,4	1,5	0,9	0,6	1,4	1,5	1,4	1,9	1,8	1,9	–	1,5	0,9	0,6
11	1,2	1,3	0,9	1,1	1,2	1,2	1,4	1,7	1,5	0,8	–	1,3	0,9	1,1	1,2	1,2	–	1,7	1,5	0,8
12	1,2	1,2	1,4	1,2	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	0,8	–	1,2	1,4	1,2	1,4	1,3	–	1,3	–	0,8
13	1,1	1,2	1,3	1,2	0,8	1,4	1,1	0,9	1,3	1,0	–	1,2	1,3	1,2	0,8	1,4	–	0,9	–	1,0
14	–	1,0	1,1	1,0	0,8	1,2	0,8	1,0	0,9	0,7	–	1,0	1,1	1,0	0,8	1,2	–	1,0	–	0,5
15	–	1,0	1,1	–	1,2	1,7	0,5	0,7	1,0	0,7	–	1,0	1,1	1,0	1,6	1,7	–	0,7	–	0,7
16	–	0,9	1,0	–	0,9	1,0	0,5	0,9	1,0	0,6	–	0,9	0,9	0,7	0,9	1,0	–	0,9	–	0,6
17	–	1,0	0,6	–	1,0	1,1	0,9	1,0	0,8	1,0	–	1,0	0,6	0,9	1,0	1,1	–	1,0	–	1,0
18	–	0,8	1,0	–	0,9	1,0	0,8	0,9	0,7	0,7	–	0,8	1,0	0,8	0,9	1,0	–	0,8	–	0,6
19	–	1,0	1,1	–	1,0	1,1	–	0,8	0,8	1,0	–	1,0	1,1	0,9	–	1,1	–	0,7	–	0,7
20	–	0,9	–	–	0,9	1,0	–	0,8	–	0,6	–	0,9	1,0	0,8	–	0,7	–	0,7	–	0,6
21	–	0,9	–	–	0,8	–	–	0,9	–	0,7	–	0,9	1,0	0,7	–	0,9	–	0,9	–	0,5
22	–	0,9	–	–	0,9	–	–	0,7	–	0,9	–	–	1,0	0,7	–	0,6	–	0,7	–	0,9
23	–	0,9	–	–	0,7	–	–	0,9	–	0,7	–	–	0,9	–	–	–	–	0,9	–	–

Додаток Б

Досліджувані ділянки у межах міста

(джерело зображень – мережевий додаток *Google Maps*)

Рис. Б.1. Маршрут під номером «М1»



Рис. Б.2. Маршрут під номером «М2»



Рис. Б.3. Маршрут під номером «М3»



Рис. Б.4. Маршрут під номером «М4»

Додаток В

Показники, які оцінювали для модельних деревних рослин

Табл. В.1. Положення крони у наметі [191]

Код	Положення крони	Опис
1	Над основним наметом	Крона дерева явно вища основного намету (піонерні, на-сіннєві та старі дерева)
2	У наметі	Дерево – частина намету
3	Під наметом	Дерево нижче від основного намету
4	Відкрите	Дерево росте окремо, у незімкненому деревостані

Табл. В.2. Класи крони [191]

Код	Клас крони	Опис
1	Ростуть відкрито	Крони повністю освітлені зверху і з боків більшу частину життя, на формування крон не впливають сусідні дерева
2	Домінантні	Крони – над рівнем намету, отримують повне освітлення зверху і частково з боків. Деревя вищі за середні у дере-востані. Крони добре розвинені або дещо стиснуті з боків
3	Кодомінантні	Крони у наметі, отримують повне освітлення зверху, але незначне з боків. Середнього розміру, стиснуті з боків
4	Проміжні	Деревя нижчі за доміанти і кодомінанти, але їхні крони входять у намет. Крони невеликі, сильно стиснуті з боків
5	Пригнічені	Крони повністю нижчі за намет, не отримують прямого освітлення ані зверху, ані з боків

Табл. В.3. Експозиція крони [191]

Код	Експозиція	Опис
1	Висока	Дерево отримує пряме світло зверху і деяких боків
2	Середня	Дерево отримує пряме світло зверху, але небагато з боків
3	Обмежена	Дерево отримує пряме світло в обмеженій кількості. Світ-ло може надходити зверху (дерева, що ростуть у невели-ких просвітах) або збоку (дерева на узліссі)
4	Слабка	Деревя сильно затінене іншими деревами

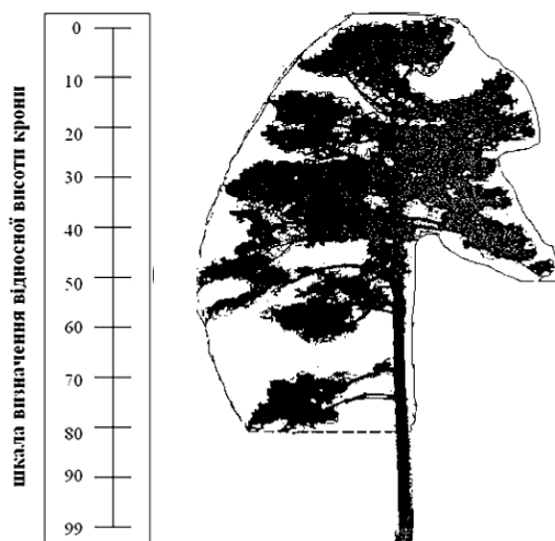


Рис. В.1. Визначення відносної протяжності крони [10]

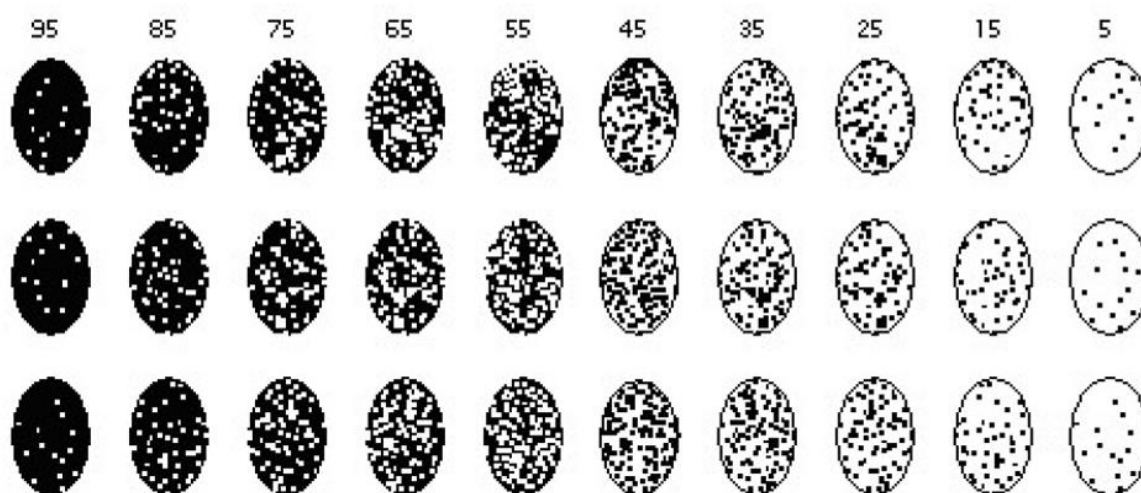


Рис. В.2. Еталон для визначення периферійного відмирання та щільності крони, а також прозорості листя [191]

Табл. В.4. Класи дефоліації [220]

Клас	Ступінь дефоліації	Дефоліація, %
0	Немає	0 – 10
1	Незначний	11 – 25
2	Середній	26 – 60
3	Сильний	61 – 99
4	Всохлі дерева	100

Табл. В.5. Категорії стану деревних рослин [130]

Категорія стану дерев	Ознаки стану листяних дерев
I – без ознак ослаблення	Крона густа, хвоя (листя) зеленого кольору, приріст поточного року нормального розміру для даної породи, віку, сезону, умов місця зростання; стовбури і кореневі лапи не мають зовнішніх ознак пошкодження
II – ослаблені	Крона середньої густоти, листя зелене, приріст зменшений не більше ніж на $-1/2$ нормального; незначне (до $-1/4$ периметра) механічне пошкодження корневих лап або стовбурів; поодинокі водяні пагони або кущі омели білої; ракові утворення або напливи до $-1/4$ периметра стовбура, нахил стовбура до $10 - 0$ від вертикальної осі; борошниста роса на листі до 75 %; морозобойні, об'їдання листя до 25 %
III – дуже ослаблені	Крона ажурна, листя дрібне, світло-зелене; приріст незначний або відсутній; поодинокі сухі скелетні гілки в різних частинах крони; ракові утворення, механічні пошкодження стовбурів або корневих лап до $-1/2$ периметра; нахил стовбурів $20 - 30 - 0$ від вертикальної осі; злам вершини не більше ніж $-2/3$ частини живої крони; численні водяні пагони і кущі омели білої; ураження листя борошнистою росою 76 – 100 %; соковиділення на гілках і стовбурах; об'їдання листя до 90 % у молодняках, середньовікових і пристиглих насадженнях та до 70 % – у стиглих і перестійних дерев
III – дуже ослаблені	Крона ажурна, листя дрібне, світло-зелене; приріст незначний або відсутній; поодинокі сухі скелетні гілки в різних частинах крони; ракові утворення, механічні пошкодження стовбурів або корневих лап до $-1/2$ периметра; нахил стовбурів $20 - 30 - 0$ від вертикальної осі; злам вершини не більше ніж $-2/3$ частини живої крони; численні водяні пагони і кущі омели білої; ураження листя борошнистою росою 76 – 100 %; соковиділення на гілках і стовбурах; об'їдання листя до 90 % у молодняках, середньовікових і пристиглих насадженнях та до 70 % – у стиглих і перестійних дерев
IV – відмираючі	Крона дуже ажурна, приріст відсутній, листя дуже дрібне, жовтіюче, всохло або всихає більше ніж на $-2/3$ крони; механічні пошкодження стовбура або корневих лап, ракові утворення більше $-2/3$ периметра; нахил стовбурів понад $30 - 0$ від вертикальної осі; злам більше $-2/3$ верхньої частини крони; сліди заселення стовбуровими шкідниками; масові або відмираючі водяні пагони; плодові тіла дереворуйнівних грибів або дупла на стовбурах; понад 50 % крони заселено омелою
V – свіжий сухостій	Листя засохло або відсутнє; дерева заселені або відпрацьовані стовбуровими шкідниками. Дерев зламаним стовбуром
VI – старий сухостій	Хвоя, листя і гілки другого і третього порядків відсутні; опадання кори; під залишками кори є грибниця дереворуйнівних грибів

Табл. В.6. Ступінь ущільнення ґрунту [17]

Тип	Характеристика
1	Ґрунт пухкий, водопроникний, витоптування відсутнє або незначне на менш ніж 10 % території ділянки
2	Ґрунт пухкий, водопроникний, витоптування слабе, на 10 – 25 % території ділянки або середнє на менш ніж 10 % території ділянки
3	Ґрунт ущільнений, водопроникний, витоптування середнє, на 25 – 50 % території ділянки або сильне на менш ніж 25 % території ділянки
4	Ґрунт ущільнений, слабо-водопроникний, витоптування середнє, на більш ніж 50 % території ділянки або сильне на 25 – 50 % території ділянки
5	Ґрунт сильно ущільнений або закритий штучними покриттями, непроникний для води, витоптування сильне на 60 – 100 % території ділянки

Додаток Г

Визначення місця омели білої у складі міських зелених насаджень

Табл. Г.1. Результати маршрутних обстежень насаджень у різних частинах міста
(фрагмент електронної бази даних)

№ квад- рата	Тип насаджень	Вид дерева (українська назва)	Вид дерева (латинська назва)	Клас віку	Кількість екземплярів
1	Внутрішньоквартальні	Абрикос звичайний	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	2	7
1	Внутрішньоквартальні	Береза повисла (або бородавчаста)	<i>Betula pendula</i> Roth	2	19
1	Внутрішньоквартальні	Вишня звичайна	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	1	4
1	Внутрішньоквартальні	Груша звичайна	<i>Pyrus communis</i> L.	2	1
1	Внутрішньоквартальні	Ялина звичайна	<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	2	1
1	Внутрішньоквартальні	Верба біла	<i>Salix alba</i> L.	2	1
1	Внутрішньоквартальні	Верба ламка	<i>Salix fragilis</i> L.	2	5
1	Внутрішньоквартальні	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	2	20
1	Внутрішньоквартальні	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	2
1	Внутрішньоквартальні	Клен несправжньоплатановий (явір)	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	2	3
1	Внутрішньоквартальні	Клен гостролистий	<i>Acer platanoides</i> L.	1	1
1	Внутрішньоквартальні	Клен гостролистий	<i>Acer platanoides</i> L.	2	28
1	Внутрішньоквартальні	Клен гостролистий	<i>Acer platanoides</i> L.	3	2
1	Внутрішньоквартальні	Клен ясенolistий	<i>Acer negundo</i> L.	1	4
1	Внутрішньоквартальні	Клен ясенolistий	<i>Acer negundo</i> L.	2	2
1	Внутрішньоквартальні	Липа серцелиста	<i>Tilia cordata</i> Mill.	2	17
1	Внутрішньоквартальні	Липа серцелиста	<i>Tilia cordata</i> Mill.	2	6
1	Внутрішньоквартальні	Горіх волоський	<i>Juglans regia</i> L.	2	1
1	Внутрішньоквартальні	Робінія звичайна	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	2	1
1	Внутрішньоквартальні	Робінія звичайна	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	2	6
1	Внутрішньоквартальні	Слива домашня	<i>Prunus domestica</i> L.	1	4
1	Внутрішньоквартальні	Слива домашня	<i>Prunus domestica</i> L.	2	2
1	Внутрішньоквартальні	Тополя бальзамічна	<i>Populus balsamifera</i> L.	2	4

Табл. Г.2. Результати натурних спостережень за омелою білою у різних частинах міста
(фрагмент електронної бази даних)

№ ділянки	№ кварталу	№ групи дерев у кварталі	Квадрат UTM 1 км × 1 км	Кількість дерев у групі	Види дерев-живителів	Кількість дерев кожного виду	Види дерев-живителів	Кількість дерев кожного виду	Індекс чисельності	Популяційно-демографічний коефіцієнт
4	23	a	CR-61-33	1	Робінія звичайна	1	–	–	1	010
4	23	b	CR-61-33	2	Клен сріблястий	2	–	–	2	021
4	23	c	CR-61-33	6	Клен сріблястий	6	–	–	3	112
4	23	d	CR-61-33	2	Клен сріблястий	2	–	–	1	001
4	23	e	CR-61-33	1	Клен сріблястий	1	–	–	1	001
4	23	f	CR-61-33	1	Ясен звичайний	1	–	–	1	221
4	23	g	CR-61-33	5	Тополя чорна	5	–	–	3	111
4	18	a	CR-61-33	1	Клен сріблястий	1	–	–	1	010
4	23	h	CR-61-33	1	Тополя чорна	1	–	–	1	100
4	24	a	CR-61-33	2	Клен сріблястий	2	–	–	3	112
4	23	j	CR-61-33	1	Ясен звичайний	1	–	–	1	010
4	18	b	CR-61-33	1	Клен сріблястий	1	–	–	1	001
4	18	c	CR-61-33	1	Ясен звичайний	1	–	–	1	001
4	14	a	CR-61-33	2	Ясен звичайний	2	–	–	2	321
4	13	a	CR-61-33	1	Ясен звичайний	1	–	–	1	001
4	18	d	CR-61-33	2	Клен сріблястий	2	–	–	1	011
4	14	b	CR-61-33	2	Клен сріблястий	2	–	–	1	010
4	18	e	CR-61-33	10	Тополя чорна	5	Клен сріблястий	5	5	111
4	18	f	CR-61-33	2	Ясен звичайний	2	–	–	1	010
4	18	g	CR-61-33	1	Клен сріблястий	1	–	–	1	010
4	18	h	CR-61-33	5	Клен сріблястий	5	–	–	3	211
4	21	e	CR-61-33	1	Клен сріблястий	1	–	–	1	010
4	23	k	CR-61-33	3	Клен сріблястий	3	–	–	5	112
4	23	l	CR-61-33	1	Ясен звичайний	1	–	–	1	010
4	23	m	CR-61-33	2	Ясен звичайний	2	–	–	1	010
4	23	n	CR-61-33	1	Клен сріблястий	1	–	–	1	010

Табл. Г.3. Ступінь відносної біотопічної приуроченості омели білої до різних видів дерев-живителів

№	Вид (кількість дерев у вибірці)	F_{ij}	Приуроченість
1	Тополя чорна ($n = 25$)	1,000	додатна
2	Осика ($n = 3$)	1,000	додатна
3	Яблуня домашня ($n = 73$)	0,999	додатна
4	Тополя біла ($n = 8$)	0,999	додатна
5	Тополя Болле ($n = 24$)	0,998	додатна
6	Горобина звичайна ($n = 73$)	0,997	додатна
7	Верба біла ($n = 33$)	0,997	додатна
8	Ясен звичайний ($n = 61$)	0,996	додатна
9	Клен сріблястий ($n = 215$)	0,996	додатна
10	Тополя бальзамічна ($n = 163$)	0,995	додатна
11	Робінія звичайна ($n = 146$)	0,994	додатна
12	Груша звичайна ($n = 49$)	0,991	додатна
13	Береза повисла ($n = 281$)	0,987	додатна
14	Тополя пірамідальна (гібриди) ($n = 169$)	0,974	додатна
15	Гірकोкаштан звичайний ($n = 612$)	0,965	додатна
16	Клен гостролистий ($n = 960$)	0,950	додатна
17	Липа серцелиста ($n = 508$)	0,947	додатна
18	Абрикос звичайний ($n = 150$)	0,000	вид «байдужий»
19	Алича ($n = 12$)	0,000	вид «байдужий»
20	Біота східна ($n = 8$)	0,000	вид «байдужий»
21	В'яз голий ($n = 7$)	0,000	вид «байдужий»
22	В'яз граболистий ($n = 73$)	0,000	вид «байдужий»
23	В'яз гірський ($n = 25$)	0,000	вид «байдужий»
24	Верба ламка ($n = 7$)	0,000	вид «байдужий»
25	Вишня звичайна ($n = 93$)	0,000	вид «байдужий»
26	Гінкго дволопатекий ($n = 1$)	0,000	вид «байдужий»
27	Горіх волоський ($n = 17$)	0,000	вид «байдужий»
28	Горобина арія ($n = 3$)	0,000	вид «байдужий»
29	Дуб звичайний ($n = 52$)	0,000	вид «байдужий»
30	Клен несправжньо-платановий (явір) ($n = 3$)	0,000	вид «байдужий»
31	Клен польовий ($n = 1$)	0,000	вид «байдужий»
32	Клен татарський ($n = 2$)	0,000	вид «байдужий»
33	Клен ясенolistий ($n = 157$)	0,000	вид «байдужий»
34	Липа срібляста ($n = 9$)	0,000	вид «байдужий»
35	Липа широколиста ($n = 356$)	0,000	вид «байдужий»
36	Лох сріблястий ($n = 1$)	0,000	вид «байдужий»
37	Слива домашня ($n = 38$)	0,000	вид «байдужий»
38	Сосна звичайна ($n = 8$)	0,000	вид «байдужий»
39	Тополя запашна ($n = 37$)	0,000	вид «байдужий»
40	Тополя канадська ($n = 2$)	0,000	вид «байдужий»
41	Тополя китайська ($n = 56$)	0,000	вид «байдужий»
42	Тополя лавролиста ($n = 3$)	0,000	вид «байдужий»
43	Тополя срібляста ($n = 6$)	0,000	вид «байдужий»
44	Туя західна ($n = 2$)	0,000	вид «байдужий»
45	Черемуха звичайна ($n = 14$)	0,000	вид «байдужий»

Продовж. табл. Г.3

№	Вид (кількість дерев у вибірці)	F_{ij}	Приуроченість
46	Черешня ($n = 4$)	0,000	вид «байдужий»
47	Шовковиця (чорна і біла разом) ($n = 1$)	0,000	вид «байдужий»
48	Яблуня сливолиста ($n = 17$)	0,000	вид «байдужий»
49	Ялина звичайна ($n = 104$)	0,000	вид «байдужий»
50	Ялина колюча ($n = 42$)	0,000	вид «байдужий»
51	Ясен зелений ($n = 24$)	0,000	вид «байдужий»

Додаток Д

Видовий склад міських зелених насаджень за даними маршрутних обстежень у 2019 р.

Табл. Д.1. Результати маршрутних обстежень зелених насаджень у м. Харків (фрагмент електронної бази даних)

Маршрут	Ділянка	Тип насаджень	Індекс ґрунтових умов	Вид дерева (українська назва)	Вид дерева (латинська назва)	Клас віку дерев	Індекс санітарного стану	Наявність омели	Індекс чисельності омели	Прим.
1	1	Вуличні	5	Клен гостролистий	<i>Acer platanoides</i> L.	4	3	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	2	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Робінія звичайна	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	3	2	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	4	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Робінія звичайна	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	5	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Тополя бальзамічна	<i>Populus balsamifera</i> L.	3	2	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	4	3	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	3	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	3	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Тополя бальзамічна	<i>Populus balsamifera</i> L.	3	3	+	1	2,2
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	4	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	4	–	–	–
1	1	Вуличні	5	Гіркокаштан звичайний	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	4	3	–	–	–
1	1	Вуличні	5	В'яз гірський	<i>Ulmus glabra</i> Huds.	4	4	–	–	–
1	1	Вуличні	4	Тополя бальзамічна	<i>Populus balsamifera</i> L.	4	3	+	3	14,8
1	1	Вуличні	5	Липа європейська	<i>Tilia europaea</i> L.	2	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Липа європейська	<i>Tilia europaea</i> L.	4	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Клен ясенolistий	<i>Acer negundo</i> L.	3	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Липа широколиста	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	3	1	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Липа широколиста	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	3	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Липа широколиста	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	3	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Липа європейська	<i>Tilia europaea</i> L.	3	1	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Клен сріблястий	<i>Acer saccharinum</i> L.	3	5	+	1	2,2
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Клен сріблястий	<i>Acer saccharinum</i> L.	3	3	+	2	7,7
1	1	Внутрішньоквартальні	4	В'яз голий	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	3	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Липа європейська	<i>Tilia europaea</i> L.	3	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	В'яз голий	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	3	2	–	–	–
1	1	Внутрішньоквартальні	4	Груша звичайна	<i>Pyrus communis</i> L.	4	3	–	–	–

Табл. Д.2. Зведена таблиця результатів маршрутних обстежень

№	Вид дерева	Маршрут, №				Загальний підсумок
		1	2	3	4	
1	Абрикос звичайна	—	1	2	3	6
2	Береза повисла або бородавчаста	4	16	14	7	41
3	Верба біла	—	1	—	—	1
4	Верба ламка	1	—	—	—	1
5	В'яз гірський	4	6	3	4	17
6	В'яз голий	4	1	2	1	8
7	В'яз граболистий	1	8	1	2	12
8	В'яз еліптичний	—	4	—	1	5
9	Гіркокаштан звичайний	52	37	21	2	112
10	Горіх волоський	1	—	3	6	10
11	Горобина звичайна	1	1	—	7	9
12	Груша звичайна	3	—	5	2	10
13	Дуб звичайний	32	1	1	2	36
14	Клен гостролистий	60	90	98	9	257
15	Клен польовий	—	—	—	1	1
16	Клен сріблястий	10	4	—	—	14
17	Клен ясенolistий	5	9	7	7	28
18	Липа європейська	33	27	33	3	96
19	Липа серцелиста	7	1	7	1	16
20	Липа широколиста	20	20	5	12	57
21	Осика	—	—	1	—	1
22	Робінія звичайна	10	14	3	27	54
23	Тополя бальзамічна	21	9	8	7	45
24	Тополя біла	—	2	—	—	2
25	Тополя біла гібрид із тополею бальзамічною	—	1	—	—	1
26	Тополя запашна	1	—	5	1	7
27	Тополя канадська	1	1	2	14	18
28	Тополя пірамідальна гібридна	3	—	4	—	7
29	Тополя срібляста	—	1	1	—	2
30	Тополя чорна	—	1	1	1	3
31	Черемха звичайна	—	—	1	1	2
32	Черемха пізня	—	—	1	—	1
33	Черешня	—	—	—	1	1
34	Яблуня домашня	2	1	4	1	8
35	Яблуня сливолиста	1	—	—	—	1
36	Ясен американський	1	1	1	1	4
37	Ясен звичайний	3	19	—	10	32
38	Ясен зелений	13	7	5	5	30
Загальний підсумок		294	284	239	139	956

Додаток Е

Величини радіального приросту клена сріблястого
в парку імені М. Горького

Табл. Е.1. Величини радіального приросту клена сріблястого,
згрупованого за різним ступенем ураження омелою, в парку імені М. Горького

Індекс чисельності омели	Роки					
	1987	1988	1989	1990	1991	1992
«0» та «1» (контроль)	3,508	3,975	4,554	2,813	2,810	2,673
«3»	4,430	6,320	8,835	9,090	8,090	4,485
«4»	7,320	6,000	8,230	7,600	5,505	6,510
«5»	6,180	5,755	8,805	6,185	4,795	4,630
«6»	4,700	6,180	7,810	9,900	8,420	6,680

Продовж. табл. Е.1

Роки									
1993	1994	1995	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2,139	1,430	1,383	1,430	1,383	1,464	2,050	1,985	1,321	1,686
3,685	5,765	4,690	5,765	4,690	3,465	3,060	5,065	3,750	1,205
7,055	7,140	6,620	7,140	6,620	5,320	4,630	5,250	4,440	1,545
7,805	7,830	3,920	7,830	3,920	3,810	6,505	5,960	5,065	4,070
5,400	8,100	5,300	8,100	5,300	6,590	5,680	8,810	6,440	2,530

Продовж. табл. Е.1

Роки									
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1,674	1,735	1,195	1,328	1,918	2,046	1,490	1,370	1,569	1,315
3,095	2,760	1,815	1,865	3,470	3,475	2,325	1,625	1,550	0,895
3,770	3,130	3,145	3,225	5,030	3,250	2,135	3,790	3,220	2,250
5,170	4,330	2,865	4,810	5,930	3,265	3,000	4,230	5,060	2,480
6,430	7,230	3,210	4,330	5,980	4,840	3,140	3,290	2,480	0,770

Додаток Ж

Дані щодо погодних умов за роки досліджень

Табл. Ж.1. Динаміка температури

Рік	Середні температури за:				
	рік	IV – VIII місяці	III – X місяці	III місяць	XII, I, II місяці
1987	5,72	15,14	10,90	-7,40	-6,23
1988	7,35	16,94	13,48	2,20	-5,57
1989	9,40	16,88	14,14	5,30	-1,57
1990	9,15	16,06	13,40	5,40	-0,60
1991	8,15	17,18	13,76	-0,40	-3,83
1992	7,99	16,26	13,10	3,90	-3,33
1993	6,79	15,78	12,14	-0,20	-3,60
1994	7,87	16,32	13,70	-0,20	-3,43
1995	8,79	17,64	14,20	3,20	-3,23
1996	7,34	17,80	13,11	-3,90	-7,93
1997	7,28	16,42	12,66	0,90	-5,10
1998	8,35	18,02	14,41	1,30	-4,10
1999	9,63	18,42	14,93	3,50	-2,47
2000	8,69	17,52	13,70	1,00	-2,50
2001	8,73	17,80	14,20	2,40	-0,77
2002	9,18	17,92	14,75	5,20	-3,20
2003	7,50	16,56	12,75	-2,50	-7,73
2004	8,71	16,14	13,48	4,20	-2,00
2005	8,83	17,50	13,76	-2,20	-2,20
2006	8,13	17,60	14,15	0,20	-6,77
2007	9,83	18,54	15,28	4,60	-0,63
2008	9,36	17,68	14,83	5,70	-3,07
2009	9,21	17,47	14,48	1,70	-3,08
2010	9,86	20,92	15,80	0,77	-5,45
2011	8,00	18,04	14,03	-1,50	-6,53

Табл. Ж.2. Динаміка опадів

Рік	Сума опадів, мм, за:						
	рік	IV – VIII місяці	III – X місяці	XII – II місяці	IV – VI місяці	VII – VIII місяці	III місяць
1987	270,1	376,5	152,1	169,4	100,7	64,5	270,1
1988	390,5	545,2	78,3	194,1	196,4	62,1	390,5
1989	363,1	532,9	94,0	238,9	124,2	22,6	363,1
1990	197,0	327,3	120,9	149,5	47,5	27,6	197,0
1991	436,5	547,0	101,4	295,4	141,1	11,3	436,5
1992	262,2	377,1	68,2	175,5	86,7	20,5	262,2
1993	216,0	360,3	79,6	135,2	80,8	44,1	216,0
1994	235,1	338,4	108,2	176,7	58,4	70,9	235,1
1995	258,9	436,7	136,2	196,7	62,2	79,9	258,9
1996	213,2	398,2	141,7	174,9	38,3	25,3	213,2
1997	302,0	482,8	94,0	196,2	105,8	32,6	302,0
1998	213,1	379,8	126,8	94,3	118,8	81,2	213,1
1999	224,4	322,4	123,1	129,0	95,4	36,6	224,4
2000	250,6	435,4	132,6	163,2	87,4	98,9	250,6
2001	282,0	442,2	142,6	236,8	45,2	69,1	282,0
2002	181,4	418,0	89,6	79,7	101,7	36,4	181,4
2003	416,0	524,4	110,2	100,9	315,1	34,0	416,0
2004	380,9	508,0	192,4	178,3	202,6	29,2	380,9
2005	332,2	424,1	128,0	150,0	182,2	25,8	332,2
2006	252,9	402,3	163,5	173,4	79,5	62,2	252,9
2007	308,9	422,9	90,0	229,3	79,6	18,6	308,9
2008	200,2	312,6	58,9	135,8	64,4	40,3	200,2
2009	139,9	314,9	125,3	74,8	65,1	69,6	139,9
2010	219,3	437,1	235,5	102,4	116,9	23,8	219,3
2011	270,1	376,5	152,1	169,4	100,7	64,5	270,1

Додаток И

Вплив омели білої на діаметр і міцність гілок

Табл. И.1. Результати вимірювань і випробувань неінфікованих та інфікованих омелою гілок

№	Неінфіковані гілки					Інфіковані гілки						
	l, см	Діаметр, см		m, г	P, кг·с/см ²	l, см	Діаметр, см				m, г	P, кг·с/см ²
		d ₁	d ₂				d ₁	d ₂	d ₃	d ₄		
1	71,0	3,04	2,62	425	57,0	64,0	3,24	1,82	3,36	1,89	375	34,2
2	60,5	3,91	3,19	580	114,0	78,0	3,33	2,63	3,55	3,00	555	91,2
3	58,0	3,40	2,74	445	79,8	45,0	3,82	2,51	3,82	2,00	100	34,2
4	57,5	4,64	4,17	800	171,0	74,5	3,78	2,38	3,74	3,46	565	68,4
5	59,0	2,63	1,44	170	34,2	61,0	3,33	2,85	3,24	3,42	525	45,6
6	55,0	2,76	2,66	320	114,0	65,5	1,99	1,56	1,89	1,68	170	34,2
7	53,5	3,93	3,22	510	125,0	55,0	1,70	1,05	1,70	1,35	95	22,8
8	56,5	3,97	3,08	600	141,0	58,0	3,39	2,10	3,80	2,46	425	57,0
9	53,5	2,85	3,55	425	205,0	62,0	3,47	2,76	2,66	2,33	395	68,4
10	60,0	4,12	3,65	680	116,0	54,0	3,76	3,24	3,76	3,06	490	91,2
11	60,0	2,86	2,07	290	68,4	54,0	4,59	2,78	4,29	3,13	645	137,0
12	52,5	5,11	4,08	625	125,0	58,5	2,71	–	2,13	–	305	34,2
13	64,0	2,59	1,95	290	45,6	62,0	2,73	2,71	2,65	2,64	385	57,0
14	67,0	3,62	2,61	425	57,0	56,5	4,32	3,33	4,04	3,70	545	79,8
15	65,5	2,83	2,19	350	79,8	58,0	3,09	–	1,95	–	305	34,2
16	56,0	3,62	1,88	285	57,0	69,0	2,43	1,75	2,43	2,42	305	54,7
17	56,0	2,60	2,24	305	102,6	55,5	2,93	2,86	3,51	2,66	440	79,8
18	69,0	3,23	1,89	265	34,2	50,0	4,52	–	3,66	–	595	119,0
19	50,0	2,50	2,49	315	57,0	54,0	4,09	–	3,55	–	595	114,0
20	66,5	3,19	2,18	375	57,0	61,0	3,29	2,76	3,38	3,17	485	102,6

Табл. И.2. Результати розрахунку щільності деревини гілок (сира маса)

№	Щільність деревини неінфікованих гілок, г/см ³	Щільність деревини інфікованих гілок, г/см ³
1	0,95	1,17
2	0,97	1,02
3	1,04	0,28
4	0,91	1,02
5	0,89	1,15
6	1,01	1,05
7	0,95	1,16
8	1,09	1,24
9	0,99	0,84
10	0,96	0,94
11	1,01	1,12
12	0,72	1,14
13	1,12	1,07
14	0,84	0,84
15	1,08	1,05
16	0,86	1,29
17	1,19	1,21
18	0,75	0,91
19	1,29	0,96
20	1,00	1,11
$\bar{x}$	0,98	1,03
s_x	0,14	0,22
$Cv (\%)$	14	21

Додаток К

Модель розробленої реляційної бази даних

Табл. К.1. Структура бази даних «Розповсюдження *Viscum album* L. у місті»

Назви рядків	Опис
№ ділянки	Вводять номер досліджуваної ділянки (рис. К.1)
№ кварталу	Вводять номер кварталу на карті міста (приклад виділення кварталів у межах досліджуваної ділянки представлено на рис. 2.3)
№ групи дерев у кварталі	Вводять номер дискретної групи омели у кварталі (нумерація дискретних груп у межах кварталу здійснюється латинськими, «a», «b», «c», ..., «aa», «ab», «ac», ..., «zz» і т. д.)
Квадрат UTM 1 км × 1 км	Вводять стандартний номер квадрата 1 км × 1 км відповідно до системи координат UTM
Кількість дерев у групі	Вводять загальну кількість інфікованих омелою дерев у дискретній групі
Види дерев-живителів	Вводять назву дерев-живителів
Кількість дерев кожного виду	Вводять кількість дерев-живителів кожного виду
Індекс чисельності омели в групі дерев	Вводять індекс чисельності омели
Популяційно-демографічний коефіцієнт	Вводять популяційно-демографічний коефіцієнт $K[j-g-s]$, який відображає співвідношення ювенільних, генеративних і сенільних кущів омели, див. табл. 2.1 – 2.2
Дата	Вводять дату проведення спостережень
Обліковці	Вводять ім'я, по батькові та прізвище обліковця (-ців)
Примітки	Вводять додаткову інформацію (за необхідності)

Табл. К.2. Структура таблиці «Класифікація *Viscum album* L. за віком»

Назва поля	Тип поля	Властивості поля
Співвідношення вікових груп	Текстовий	Розмір поля – 20; обов'язкове поле – так; пусті рядки – ні
Популяційно-демографічний коефіцієнт	Текстовий	Розмір поля – 3; обов'язкове поле – так; пусті рядки – ні
Тип популяції за динамікою	Текстовий	Розмір поля – 50; обов'язкове поле – так; пусті рядки – ні

Табл. К.3. Структура таблиці «Просторове розповсюдження»

Назва поля	Тип поля	Властивості поля
№ ділянки	Текстовий	Розмір поля – 6; обов’язкове поле – так; Пусті рядки – ні
№ кварталу	Текстовий	Розмір поля – 3; обов’язкове поле – так; Пусті рядки – ні
№ групи дерев у кварталі	Текстовий	Розмір поля – 2; обов’язкове поле – так; Пусті рядки – ні
Квадрат UTM 1 км × 1 км	Текстовий	Розмір поля – 8; обов’язкове поле – так; пусті рядки – ні
Кількість дерев у групі	Числовий	Розмір поля – ціле; число десяткових знаків – 0; обов’язкове поле – так
Види дерев-живителів	Текстовий	Розмір поля – 40; обов’язкове поле – так; порожні рядки – ні
Кількість дерев кожного виду	Числовий	Розмір поля – ціле; число десяткових знаків – 0; обов’язкове поле – так
Індекс чисельності омели в групі дерев	Числовий	Розмір поля – ціле; число десяткових знаків – 0; обов’язкове поле – так
Популяційно-демографічний коефіцієнт	Текстовий	Розмір поля – 3; обов’язкове поле – так; порожні рядки – ні
Дата	Текстовий	Розмір поля – 10; обов’язкове поле – так; порожні рядки – ні
Обліковці	Текстовий	Розмір поля – 100; обов’язкове поле – так; порожні рядки – ні
Примітки	Текстовий	Розмір поля – 100; обов’язкове поле – ні; порожні рядки – так

Табл. К.4. Структура таблиці «Індекс чисельності»

Назва поля	Тип поля	Властивості поля
Код	Текстовий	Розмір поля – 15; обов’язкове поле – так; порожні рядки – ні



Рис. К.1. Елементарні ділянки на території модельного міста Харків (автор: Ю. І. Вергелес)

Додаток Л

Визначення факторів розповсюдження омели білої на рівні особин дерев-живителів

Табл. Л.1. Досліджуваний статистичний комплекс даних (рівень особин дерев-живителів)

Діаметр на рівні погруддя, см	Висота, м	Індекс чисельності омели	Положення крони в наметі	Клас крони	Клас експозиції крони	Діаметр крони (макс.), м	Діаметр крони (мін.), м
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
53,0	20,20	1	2	2	3	12	12
61,6	21,10	1	1	2	2	14	9
46,2	22,30	1	2	3	3	10	8
35,0	21,20	1	3	4	3	8	7
51,2	22,30	3	2	3	3	11	9
36,0	20,30	3	2	3	3	9	8
34,1	21,40	3	3	4	3	10	7
61,1	22,00	3	2	2	2	14	13
51,6	20,40	5	2	2	3	14	11
58,3	22,10	6	2	3	2	14	12

Продовж. табл. Л.1

Відносна протяжність крони	Показник периферійного відмирання	Щільність крони	Прозорість листя	Ступінь дефоліації	Індекс грунтових умов	Ступінь ущільнення грунту	Клас санітарного стану за шкалою О. Д. Маслова	Категорія стану дерева згідно з «Санітарними правилами у лісах України»
x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}
80	50	50	45	40	5	5	1	2
75	10	75	25	20	5	4	1	2
65	25	60	30	15	5	5	1	2
75	10	75	25	25	1	1	1	2
80	50	75	40	25	5	5	1	3
30	25	60	30	30	1	1	2	3
70	25	50	25	40	1	1	1	3
85	30	70	35	20	1	1	1	3
60	50	40	45	75	1	1	3	5
70	85	50	30	75	1	1	3	4

Табл. Л.2. Результати розрахунку коефіцієнтів рангової кореляції (рівень особин дерев-живителів)

Ознака	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}
x_1	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_2	-0,04	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_3	0,08	0,16	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_4	-0,81*	0,09	0,05	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_5	-0,83*	0,36	0,00	0,77*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_6	-0,80*	-0,19	-0,20	0,52	0,41	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_7	0,88*	0,02	0,40	-0,64*	-0,77*	-0,71*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_8	0,84*	-0,05	0,34	-0,55	-0,79*	-0,58	0,83*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_9	0,43	0,18	-0,29	-0,06	-0,26	-0,35	0,27	0,43	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{10}	0,32	0,14	0,66*	-0,13	-0,30	-0,08	0,51	0,69*	0,10	1,00	—	—	—	—	—	—	—
x_{11}	0,07	0,30	-0,51	-0,15	0,15	-0,20	-0,25	-0,24	0,47	-0,56	1,00	—	—	—	—	—	—
x_{12}	0,31	-0,15	0,30	-0,27	-0,60	0,20	0,40	0,67*	0,16	0,76*	-0,40	1,00	—	—	—	—	—
x_{13}	-0,10	-0,38	0,65*	0,25	0,04	0,15	0,19	0,18	-0,32	0,61	-0,76*	0,30	1,00	—	—	—	—
x_{14}	0,28	0,14	-0,61	-0,53	-0,30	0,09	0,07	0,07	0,32	-0,04	0,33	0,18	-0,47	1,00	—	—	—
x_{15}	0,18	0,19	-0,56	-0,41	-0,24	0,22	-0,01	0,08	0,32	0,07	0,25	0,30	-0,42	0,98*	1,00	—	—
x_{16}	0,10	-0,21	0,77*	-0,14	-0,11	-0,09	0,29	0,25	-0,65*	0,50	-0,59	0,27	0,70*	-0,53	-0,51	1,00	—
x_{17}	0,05	0,10	0,99*	0,05	-0,06	-0,12	0,40	0,32	-0,32	0,64*	-0,53	0,36	0,65*	-0,61	-0,56	0,77*	1,00

Примітки: * – зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$.

Додаток М

Визначення факторів розповсюдження омели білої на рівні біоценозу

Табл. М.1. Результати розрахунку видового багатства, індексів видового різноманіття та щільності омели на досліджуваних ділянках

№ квадрата	S	H'	I_{BP}	Щільність омели білої, кущ./км ²
1	23	2,64	0,20	106
2	19	2,46	0,26	41
3	28	2,90	0,16	172
4	22	2,48	0,24	252
5	24	2,60	0,22	219
6	22	2,29	0,24	64
7	28	2,50	0,22	6397
8	27	2,57	0,22	2675
9	26	2,63	0,21	2092
10	25	2,64	0,25	2619
11	15	2,17	0,28	4441
12	26	2,65	0,24	9628
13	18	2,18	0,24	138
14	24	2,73	0,16	1341
15	29	2,72	0,20	263

Додаток Н

Визначення факторів розповсюдження омели білої на рівні ландшафту

Табл. Н.1. Досліджуваний статистичний комплекс даних (рівень ландшафту)

Ділянка, №	Щільність омели, кущ./км ²	Щільність дискретних груп омели, 1/км ²	Середня відстань між дере- вами, м	Частка площі забудови	Кількість окремих фрагментів насаджень	Частка площі зе- лених на- саджень	Плямистість насаджень, км/км ²	Щільність вулично- дорожньої мережі, км/км ²	Переважаючий вік дерев у на- садженнях, років	Береза пови- сла або бо- родавчаста
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
1	106	22	6,7	0,1861	80	0,4684	0,0576	2,8812	30	0
2	41	5	7,0	0,2312	141	0,3464	0,0468	1,7634	30	0
3	172	24	6,0	0,1851	130	0,4517	0,0605	1,5376	35	0
4	252	34	6,5	0,1657	99	0,5470	0,0636	1,7006	35	0
5	219	27	6,5	0,1474	97	0,4810	0,0589	1,5285	35	0
6	64	19	7,0	0,1604	67	0,5676	0,0612	1,2335	35	0
7	6397	203	9,5	0,4153	165	0,3599	0,0578	5,2722	55	0
8	2675	89	9,0	0,3496	161	0,3647	0,0509	6,9537	55	0
9	2092	174	7,5	0,3333	105	0,5139	0,0685	5,9530	55	0
10	2619	126	15,0	0,3997	161	0,2488	0,0499	8,9387	50	0
11	4441	121	20,0	0,3596	150	0,2523	0,0475	8,5186	50	0
12	9628	338	5,5	0,1641	64	0,6448	0,0563	7,6321	55	5
13	138	19	3,0	0,0982	84	0,6361	0,0557	4,1808	60	0
14	1341	85	7,5	0,1788	516	0,5072	0,1137	8,7415	55	5
15	263	41	10,0	0,1853	264	0,4664	0,0773	6,8206	50	0

Продовж. табл. Н.1

Щільність дерев-живителів омели, 1/км ²									
Груша звичайна	Верба біла	Гіркокаштан звичайний	Клен гостролистий	Клен сріблястий	Клен ясенолистий	Липа європейська	Липа серцелиста	Осіка	Робінія звичайна
x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}
0	0	0	36	0	0	0	0	0	0
0	0	0	10	0	0	0	2	0	0
0	0	0	10	15	0	0	2	0	0
0	0	0	27	0	0	0	0	0	0
0	0	0	27	0	0	0	0	0	0
0	0	0	27	0	0	0	0	0	0
0	0	0	97	97	0	0	0	0	27
0	0	0	53	53	0	0	2	0	17
0	0	0	29	29	0	0	15	0	7
0	0	0	8	8	0	0	0	0	15
0	0	0	14	14	0	0	2	0	0
0	7	10	447	65	12	12	0	0	44
0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
2	2	0	0	10	0	0	24	94	5
0	0	0	5	7	0	0	0	0	0

Продовж. табл. Н.1

Горобина звичайна	Тополя бальзамічна	Тополя біла	Тополя пірамідальна	Тополя чорна	Яблуня домашня	Ясен американський	Ясен звичайний (або високий)	Тополя Болле	Абрикос звичайний
x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	x_{29}	x_{30}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
0	5	0	7	0	0	7	0	0	44
19	2	0	7	0	0	0	0	0	41
5	2	0	2	0	0	0	0	0	31
0	2	0	0	0	0	0	0	0	27
5	31	5	0	84	2	33	1	8	7
0	8	0	0	23	0	10	0	2	12
0	11	0	0	29	0	174	5	3	5
5	22	0	0	60	0	54	2	5	5
2	17	0	0	47	2	102	3	4	5
5	89	0	0	266	2	0	2	0	12
0	1	0	0	2	0	18	1	0	0
0	0	0	0	5	0	0	0	0	89
0	27	0	0	2	0	0	0	0	29

Продовж. табл. Н.1

Щільність дерев у складі міських зелених насаджень, 1/км ²									
Алича	Береза повисла (або бородавчаста)	Біота східна	Вишня звичайна	В'яз голий	В'яз граболистий	В'яз гірський	Гінкго дволопатевий	Груша звичайна	Дуб звичайний
x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	x_{39}	x_{40}
0	65	0	10	0	0	0	0	7	0
0	34	0	15	0	0	0	0	0	0
0	53	0	10	0	0	10	0	15	0
0	51	0	7	0	0	0	0	2	0
5	56	0	7	0	0	0	0	0	0
0	44	0	7	0	0	2	0	5	0
2	114	0	7	5	0	10	0	5	2
5	39	19	19	7	46	7	0	7	10
5	7	0	10	5	15	10	0	2	15
0	27	0	0	0	36	5	0	15	31
0	7	0	2	0	0	0	0	0	0
0	70	0	7	0	63	12	0	5	0
0	36	0	0	0	0	0	2	22	68
0	15	0	82	0	17	5	0	12	0
12	63	0	41	0	0	0	0	22	0

Продовж. табл. Н.1

Ялина колюча	Ялина звичайна	Верба біла	Верба ламка	Гіркокаштан звичайний	Клен несправжньо-платановий (явір)	Клен гостролистий	Клен польовий	Клен сріблястий	Клен татарський
<i>x₄₁</i>	<i>x₄₂</i>	<i>x₄₃</i>	<i>x₄₄</i>	<i>x₄₅</i>	<i>x₄₆</i>	<i>x₄₇</i>	<i>x₄₈</i>	<i>x₄₉</i>	<i>x₅₀</i>
0	2	5	12	92	7	123	0	0	0
0	5	15	0	48	0	131	0	12	2
0	5	19	0	73	0	135	0	68	0
0	5	2	0	106	0	140	0	15	0
0	2	12	5	60	0	135	0	19	0
0	12	2	0	65	0	152	0	0	0
15	29	2	0	193	0	198	0	22	0
58	24	7	0	73	0	268	0	27	0
12	0	0	0	92	0	126	0	15	0
2	2	2	0	51	0	140	0	5	0
5	0	0	0	36	0	22	0	0	0
10	29	0	0	94	0	191	0	19	0
0	116	0	0	408	0	435	0	290	0
0	10	10	0	29	0	36	0	29	0
0	10	2	0	58	0	87	2	0	2

Продовж. табл. Н.1

Клен ясенолистий	Липа серцелиста	Липа срібляста	Липа широколиста	Лох сріблястий	Горіх волоський	Осика	Робінія звичайна	Горобина звичайна	Горобина швецька
x_{51}	x_{52}	x_{53}	x_{54}	x_{55}	x_{56}	x_{57}	x_{58}	x_{59}	x_{60}
15	56	0	29	0	2	0	19	27	0
15	73	0	19	0	0	0	0	10	0
73	24	0	24	0	5	0	2	12	0
27	39	0	39	0	0	0	10	41	0
17	82	0	36	0	0	0	22	17	5
7	114	0	77	0	0	0	12	7	0
41	44	0	48	0	0	0	2	10	0
51	230	0	152	0	10	0	24	0	0
39	89	7	29	0	0	0	58	0	0
27	58	0	27	0	0	0	39	2	0
17	80	15	60	0	0	5	24	0	0
7	24	0	53	0	7	0	29	2	2
2	193	0	82	0	0	0	77	0	0
29	53	0	2	0	10	0	7	2	0
15	70	0	181	2	7	2	27	46	0

Продовж. табл. Н.1

Слива домашня	Сосна звичайна	Тополя бальзамічна	Тополя біла	Тополя Боллє	Тополя запашна	Тополя канадська	Тополя китайська	Тополя лав- ролиста	Тополя пірамідальна
x_{61}	x_{62}	x_{63}	x_{64}	x_{65}	x_{66}	x_{67}	x_{68}	x_{69}	x_{70}
15	0	10	0	0	27	0	0	0	34
0	0	7	0	0	19	0	44	0	36
5	0	19	0	39	10	2	46	0	70
0	0	2	0	5	5	0	19	0	27
0	0	10	2	15	5	0	7	0	65
5	0	2	2	0	0	0	5	0	85
0	0	53	12	0	2	0	0	0	27
0	0	53	0	0	10	2	0	0	5
0	0	19	0	0	7	0	15	0	0
0	0	22	2	0	5	0	0	0	19
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7	0	46	0	0	0	0	0	0	5
0	19	19	0	0	0	0	0	0	0
46	0	24	0	0	0	0	0	0	2
15	0	106	0	0	0	0	0	7	31

Продовж. табл. Н.1

Тополя срібляста	Тополя чорна	Туя західна	Черемуха звичайна	Черешня	Шовковиця (чор- на і біла разом)	Яблуня домашня	Яблуня сливолиста	Ясен звичайний (або високий)	Ясен зелений
<i>x</i> ₇₁	<i>x</i> ₇₂	<i>x</i> ₇₃	<i>x</i> ₇₄	<i>x</i> ₇₅	<i>x</i> ₇₆	<i>x</i> ₇₇	<i>x</i> ₇₈	<i>x</i> ₇₉	<i>x</i> ₈₀
10	0	0	0	0	0	10	0	0	2
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
0	2	0	22	10	0	19	0	24	0
0	0	0	0	0	0	7	5	2	0
0	0	0	2	0	0	5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	5	0	2	2
0	2	0	2	0	0	10	17	12	0
0	15	0	0	0	0	0	0	17	0
2	2	0	0	0	0	5	0	10	15
0	7	0	0	0	0	19	0	5	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	22	0	0	0	0	15	2	41	7
0	0	0	0	0	2	0	15	27	24
0	5	0	5	0	0	44	0	5	0
0	5	5	2	0	0	36	2	2	0

Табл. Н.2. Результати розрахунку коефіцієнтів рангової кореляції (рівень ландшафту)

Ознака	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_7	x_8	x_9	x_{14}	x_{15}	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{25}	x_{28}	x_{29}	x_{30}	x_{31}	x_{34}	x_{36}
x_1	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_2	0,96*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_3	0,44	0,43	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_4	0,48	0,50	0,79*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_5	0,35	0,31	0,73*	0,61*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_7	-0,08	0,05	-0,09	-0,34	0,11	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_8	0,72*	0,69*	0,57*	0,50	0,53*	-0,19	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_9	0,63*	0,58*	0,10	0,06	0,25	0,07	0,58*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{14}	0,25	0,30	0,08	0,38	-0,23	-0,11	-0,24	-0,13	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{15}	0,84*	0,83*	0,31	0,53*	0,36	-0,01	0,54*	0,59*	0,31	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{20}	0,70*	0,69*	0,07	0,27	0,12	-0,19	0,57*	0,79*	0,20	0,69*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{21}	0,62*	0,61*	0,17	0,23	-0,02	-0,30	0,27	0,11	0,21	0,32	0,40	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{22}	0,79*	0,80*	0,39	0,41	0,19	-0,05	0,42	0,41	0,22	0,71*	0,51	0,59*	1,00	—	—	—	—	—	—	—
x_{25}	0,87*	0,85*	0,73*	0,71*	0,60*	-0,18	0,81*	0,75*	0,08	0,73*	0,79*	0,48	0,66*	1,00	—	—	—	—	—	—
x_{28}	0,72*	0,73*	0,30	0,45	0,01	-0,36	0,59*	0,63*	0,18	0,62*	0,66*	0,44	0,63*	0,86*	1,00	—	—	—	—	—
x_{29}	0,58*	0,56*	0,58*	0,70*	0,37	-0,39	0,50	0,53*	0,27	0,51	0,56*	0,39	0,49	0,92*	0,78*	1,00	—	—	—	—
x_{30}	-0,37	-0,35	-0,28	-0,34	0,04	0,56*	-0,38	-0,53*	-0,05	-0,26	-0,53*	-0,29	-0,44	-0,64*	-0,84*	-0,79*	1,00	—	—	—
x_{31}	0,27	0,30	0,33	0,20	0,35	0,31	0,02	0,25	0,34	0,28	0,14	0,02	0,38	0,23	0,08	0,19	-0,10	1,00	—	—
x_{34}	-0,14	-0,11	0,12	0,09	0,42	0,43	0,03	-0,12	0,00	0,13	-0,17	-0,59*	-0,25	-0,22	-0,47	-0,44	0,58*	0,37	1,00	—
x_{36}	0,60*	0,63*	0,13	0,19	0,13	-0,07	0,68*	0,53*	0,00	0,56*	0,74*	0,20	0,33	0,52	0,47	0,21	-0,20	0,06	0,14	1,00
x_{37}	0,56*	0,64*	0,00	0,25	0,07	0,14	0,27	0,47	0,31	0,84*	0,70*	0,22	0,52*	0,46	0,45	0,28	-0,11	0,09	0,10	0,63*

Продовж. табл. Н.2

Ознака	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_7	x_8	x_9	x_{14}	x_{15}	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{25}	x_{28}	x_{29}	x_{30}	x_{31}	x_{34}	x_{36}
x_{39}	-0,04	-0,06	-0,04	-0,09	0,24	0,21	0,26	0,34	-0,48	0,06	0,23	-0,32	0,07	0,12	-0,13	0,00	0,04	-0,02	0,12	0,16
x_{40}	0,82*	0,84*	0,39	0,60*	0,12	-0,21	0,51	0,53*	0,41	0,80*	0,70*	0,58*	0,72*	0,83*	0,89*	0,74*	-0,61*	0,23	-0,32	0,46
x_{42}	0,09	-0,03	-0,32	-0,32	-0,04	0,03	-0,02	0,49	-0,09	0,18	0,48	-0,04	0,11	0,02	-0,08	-0,08	-0,06	-0,02	0,03	0,13
x_{43}	-0,46	-0,47	-0,11	-0,03	0,25	0,06	-0,37	-0,55*	-0,02	-0,22	-0,39	-0,23	-0,50	-0,53	-0,75*	-0,46	0,70*	0,02	0,54*	-0,17
x_{45}	0,07	0,09	-0,54*	-0,21	-0,48	0,07	-0,31	0,30	0,45	0,13	0,38	0,05	0,16	-0,04	0,21	0,13	-0,22	0,05	-0,32	-0,08
x_{47}	0,10	0,04	-0,38	-0,19	-0,32	-0,26	-0,19	0,37	0,25	0,14	0,58*	0,20	0,19	0,05	0,18	0,23	-0,35	-0,01	-0,41	0,19
x_{49}	0,25	0,25	-0,35	-0,08	0,22	0,18	0,02	0,43	0,07	0,53*	0,45	0,05	0,00	0,06	-0,02	-0,01	0,29	0,09	0,29	0,36
x_{52}	-0,22	-0,28	0,19	-0,06	-0,06	-0,22	-0,08	0,19	0,07	-0,26	-0,03	-0,33	-0,21	0,11	0,14	0,27	-0,48	0,36	-0,07	-0,03
x_{54}	0,22	0,09	0,10	-0,14	-0,13	-0,05	0,01	0,35	0,19	0,07	0,14	-0,01	0,42	0,15	0,19	0,17	-0,38	0,39	-0,20	-0,08
x_{56}	0,23	0,17	-0,02	-0,05	0,27	0,26	0,37	0,22	-0,13	0,38	0,20	-0,30	0,05	-0,07	-0,22	-0,36	0,45	0,14	0,69*	0,49
x_{58}	0,32	0,33	0,04	-0,09	-0,21	-0,10	0,43	0,54*	-0,17	0,09	0,39	0,12	0,37	0,38	0,61*	0,36	-0,64*	0,23	-0,38	0,41
x_{59}	-0,40	-0,34	-0,17	-0,20	-0,03	0,38	-0,51	-0,67*	0,04	-0,42	-0,56*	0,01	-0,13	-0,61*	-0,74*	-0,60*	0,69*	0,10	0,25	-0,53*
x_{61}	-0,17	-0,11	-0,19	-0,30	-0,29	0,38	-0,11	-0,27	-0,11	-0,04	-0,22	-0,26	0,08	-0,46	-0,36	-0,60*	0,50	-0,07	0,38	-0,07
x_{63}	0,51	0,51	0,20	0,23	0,48	0,20	0,49	0,60*	-0,08	0,60*	0,66*	0,10	0,49	0,47	0,17	0,20	-0,08	0,51	0,37	0,51
x_{66}	-0,32	-0,24	-0,10	0,33	-0,05	-0,24	-0,30	-0,51	0,46	-0,08	-0,16	-0,21	-0,32	-0,31	-0,21	-0,05	0,20	0,07	0,30	-0,04
x_{68}	-0,52*	-0,43	-0,39	-0,23	-0,25	0,18	-0,70*	-0,55*	0,06	-0,28	-0,51	-0,26	-0,32	-0,60*	-0,37	-0,39	0,36	-0,07	0,13	-0,36
x_{70}	-0,56*	-0,52*	-0,18	-0,18	-0,21	0,08	-0,71*	-0,81*	0,16	-0,39	-0,58*	-0,01	-0,19	-0,70*	-0,71*	-0,54*	0,56*	-0,04	0,14	-0,50
x_{72}	0,67*	0,68*	0,26	0,30	0,41	0,10	0,67*	0,53*	-0,07	0,73*	0,70*	0,20	0,59*	0,55*	0,33	0,20	-0,07	0,28	0,30	0,83*
x_{77}	0,14	0,26	0,07	0,02	0,31	0,55*	0,24	-0,05	-0,27	0,18	0,05	0,09	0,20	-0,02	-0,27	-0,29	0,53*	-0,04	0,32	0,20
x_{79}	0,41	0,39	-0,31	-0,09	-0,03	0,07	0,25	0,73*	-0,08	0,61*	0,75*	0,03	0,40	0,38	0,40	0,24	-0,27	0,01	-0,09	0,51

Продовж. табл. Н.2

Ознака	x_{37}	x_{39}	x_{40}	x_{42}	x_{43}	x_{45}	x_{47}	x_{49}	x_{52}	x_{54}	x_{56}	x_{58}	x_{59}	x_{61}	x_{63}	x_{66}	x_{68}	x_{70}	x_{72}	x_{77}	x_{79}
x_{39}	0,14	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{40}	0,61*	-0,23	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{42}	0,26	0,43	-0,11	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{43}	-0,09	0,01	-0,59*	-0,09	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{45}	0,24	0,13	0,20	0,45	-0,38	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{47}	0,33	0,19	0,16	0,70*	-0,16	0,68*	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{49}	0,62*	0,14	0,13	0,38	0,44	0,21	0,35	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{52}	-0,31	-0,08	-0,13	-0,02	-0,16	-0,11	0,16	-0,34	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{54}	-0,15	0,17	0,09	0,45	-0,52*	0,33	0,39	-0,34	0,45	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{56}	0,32	0,48	-0,21	0,32	0,29	-0,16	-0,12	0,41	-0,24	0,06	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{58}	0,03	0,28	0,28	-0,04	-0,71*	0,20	0,16	-0,32	0,42	0,46	-0,04	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{59}	-0,35	0,02	-0,51	-0,08	0,46	0,03	-0,22	-0,17	-0,49	-0,13	0,04	-0,49	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—
x_{61}	0,07	0,44	-0,28	0,15	0,08	0,02	-0,27	-0,31	-0,39	0,15	0,63*	-0,04	0,47	1,00	—	—	—	—	—	—	—
x_{63}	0,52*	0,60*	0,30	0,51	0,00	0,15	0,25	0,42	-0,15	0,20	0,61*	0,22	-0,05	0,20	1,00	—	—	—	—	—	—
x_{66}	0,01	-0,18	-0,11	-0,41	0,56*	0,07	-0,03	0,14	-0,03	-0,47	-0,02	-0,31	0,22	-0,09	-0,13	1,00	—	—	—	—	—
x_{68}	-0,03	-0,42	-0,30	-0,33	0,42	0,00	-0,08	0,19	-0,10	-0,43	-0,34	-0,44	0,31	-0,16	-0,50	0,47	1,00	—	—	—	—
x_{70}	-0,18	-0,11	-0,50	-0,06	0,64*	-0,13	-0,02	-0,14	-0,20	-0,14	-0,08	-0,60*	0,74*	0,41	-0,25	0,32	0,48	1,00	—	—	—
x_{72}	0,71*	0,44	0,43	0,29	-0,06	-0,06	0,16	0,42	-0,25	0,05	0,66*	0,27	-0,24	0,19	0,84*	-0,12	-0,41	-0,30	1,00	—	—
x_{77}	0,31	0,48	-0,05	0,03	0,23	-0,17	-0,29	0,20	-0,73*	-0,38	0,45	-0,18	0,48	0,60*	0,47	-0,13	-0,11	0,20	0,50	1,00	—
x_{79}	0,74*	0,52*	0,38	0,63*	-0,27	0,54*	0,63*	0,66*	-0,15	0,18	0,34	0,31	-0,43	0,04	0,60*	-0,20	-0,18	-0,40	0,61*	0,14	1,00

Примітки: * – зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$.

Табл. Н.3. Результати регресійного аналізу (рівень ландшафту)

№	Досліджувані ознаки	Рівняння регресії (показники значущості)
1	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність вулично-дорожньої мережі, км/км ² »	$x_1 = 55,621e^{0,4858x_8}$ ($n = 15$; $r_s = 0,72$, $t = 3,76 > t_{0,05} = 2,16$; $R^2 = 0,6341$, $F = 22,53 > F_{0,05} = 4,67$; $r_a = -0,16$, $r_{a0,05} = -0,48$, $DW = 2,33$ ($l_2 = 1,36$))
2	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «переважаючий вік дерев у насадженнях, років»	$x_1 = 0,000001x_9^{5,2878}$ ($n = 15$; $r_s = 0,63$, $t = 2,96 > t_{0,05} = 2,16$; $R^2 = 0,5537$, $F = 16,13 > F_{0,05} = 4,67$; $r_a = 0,10$, $r_{a0,05} = 0,34$, $DW = 1,81$ ($l_2 = 1,36$))
3	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність інфікованого клена сріблястого, 1/км ² »	$x_1 = 465,8853 + 78,7675 x_{15}$ ($n = 15$; $r_s = 0,84$, $t = 5,48 > t_{0,05} = 2,16$; $R^2 = 0,6682$, $F = 26,18 > F_{0,05} = 4,67$; $r_a = 0,27$, $r_{a0,05} = 0,34$, $DW = 1,46$ ($l_2 = 1,36$))
4	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність інфікованої робінії звичайної, 1/км ² »	$x_1 = 421,0645 + 199,7258 x_{20}$ ($n = 15$; $r_s = 0,70$, $t = 3,50 > t_{0,05} = 2,16$; $R^2 = 0,8018$, $F = 52,59 > F_{0,05} = 4,67$; $r_a = -0,08$, $r_{a0,05} = -0,48$, $DW = 2,15$ ($l_2 = 1,36$))
5	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність інфікованої горобини звичайної, 1/км ² »	$x_1 = 852,5809 + 839,5861 x_{21}$ ($n = 14$; $r_s = 0,62$, $t = 2,77 > t_{0,05} = 2,18$; $R^2 = 0,4252$, $F = 8,88 > F_{0,05} = 4,75$; $r_a = -0,19$, $r_{a0,05} = -0,50$, $DW = 2,39$ ($l_2 = 1,35$))
6	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність інфікованої тополі бальзамічної, 1/км ² »	$x_1 = 468,1522 + 108,0114 x_{22}$ ($n = 15$; $r_s = 0,79$, $t = 4,67 > t_{0,05} = 2,16$; $R^2 = 0,7694$, $F = 43,37 > F_{0,05} = 4,67$; $r_a = -0,17$, $r_{a0,05} = -0,48$, $DW = 2,34$ ($l_2 = 1,36$))
7	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність інфікованої тополі чорної, 1/км ² »	$x_1 = 261,7641 + 67,7730 x_{25}$ ($n = 14$; $r_s = 0,87$, $t = 6,16 > t_{0,05} = 2,18$; $R^2 = 0,8903$, $F = 97,39 > F_{0,05} = 4,75$; $r_a = 0,11$, $r_{a0,05} = 0,34$, $DW = 1,79$ ($l_2 = 1,35$))
8	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність інфікованого ясеня звичайного, 1/км ² »	$x_1 = 305,27e^{0,7535x_{28}}$ ($n = 15$; $r_s = 0,72$, $t = 3,73 > t_{0,05} = 2,16$; $R^2 = 0,3807$, $F = 7,99 > F_{0,05} = 4,67$; $r_a = -0,13$, $r_{a0,05} = -0,48$, $DW = 2,26$ ($l_2 = 1,36$))
9	«Щільність омели білої, кущ./км ² » і «щільність інфікованої тополі Болле, 1/км ² »	$x_1 = 295,01e^{0,4811x_{29}}$ ($n = 15$; $r_s = 0,58$, $t = 2,60 > t_{0,05} = 2,16$; $R^2 = 0,4326$, $F = 9,91 > F_{0,05} = 4,67$; $r_a = -0,08$, $r_{a0,05} = -0,48$, $DW = 2,15$ ($l_2 = 1,36$))

Табл. Н.4. Результати застосування методу головних компонент
(перший етап роботи)

Ознака	Перші три власних вектори кореляційної матриці ознак			Коефіцієнти кореляції головних компонент з ознаками		
	$C_{1.1}$	$C_{1.2}$	$C_{1.3}$	$C_{1.1}$	$C_{1.2}$	$C_{1.3}$
x_1	-0,379	-0,052	-0,427	-0,742*	-0,079	-0,585
x_2	-0,372	-0,135	-0,435	-0,728*	-0,205	-0,596
x_3	-0,360	0,281	0,301	-0,704*	0,426	0,413
x_4	-0,405	0,285	0,121	-0,793*	0,432	0,166
x_5	-0,141	-0,422	0,496	-0,276	-0,639	0,679
x_6	0,270	-0,409	-0,396	0,528	-0,620	-0,543
x_7	0,022	-0,571	0,307	0,043	-0,864*	0,420
x_8	-0,452	-0,214	0,094	-0,885*	-0,325	0,128
x_9	-0,356	-0,319	-0,130	-0,696	-0,483	-0,179

Примітки: * – виділено навантаження, які $> 0,70$.

Табл. Н.5. Результати застосування методу головних компонент
(другий етап роботи)

Ознака	Перші чотири власних вектори кореляційної матриці ознак				Коефіцієнти кореляції головних компонент з ознаками			
	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{2,4}$	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{2,4}$
x_1	-0,320	0,219	-0,057	0,041	-0,874*	0,398	-0,090	0,050
x_2	-0,312	0,262	0,000	0,058	-0,852*	0,477	0,000	0,070
x_3	-0,190	-0,342	0,160	0,347	-0,520	-0,621	0,251	0,418
x_4	-0,283	-0,316	0,018	-0,042	-0,775*	-0,573	0,028	-0,051
x_5	0,002	-0,036	0,575	-0,247	0,006	-0,065	0,906*	-0,297
x_6	0,145	0,457	-0,043	-0,114	0,397	0,831*	-0,068	-0,137
x_7	0,084	0,145	0,505	-0,299	0,229	0,263	0,796*	-0,361
x_8	-0,250	0,029	0,413	0,171	-0,684	0,053	0,651	0,206
x_9	-0,232	0,152	0,302	-0,069	-0,634	0,277	0,476	-0,083
x_{14}	-0,151	-0,182	-0,259	-0,578	-0,411	-0,331	-0,408	-0,697*
x_{15}	-0,296	0,130	-0,108	-0,374	-0,810*	0,237	-0,170	-0,451
x_{20}	-0,278	0,309	-0,096	-0,102	-0,759*	0,561	-0,151	-0,123
x_{21}	-0,249	0,043	-0,164	0,103	-0,681	0,078	-0,258	0,124
x_{22}	-0,242	0,342	-0,067	0,181	-0,662	0,621	-0,106	0,219
x_{25}	-0,302	-0,268	0,003	-0,128	-0,825*	-0,487	0,005	-0,154
x_{28}	-0,221	0,047	0,037	0,344	-0,605	0,085	0,058	0,415
x_{29}	-0,302	-0,270	-0,026	-0,116	-0,825*	-0,490	-0,040	-0,140

Примітки: * – виділено навантаження, які $> 0,70$.

Табл. Н.6. Перші десять власних векторів кореляційної матриці ознак
(третій етап роботи)

Ознака	$C_{3.1}$	$C_{3.2}$	$C_{3.3}$	$C_{3.4}$	$C_{3.5}$	$C_{3.6}$	$C_{3.7}$	$C_{3.8}$	$C_{3.9}$	$C_{3.10}$
x_1	0,268	0,022	0,060	0,099	0,014	0,138	0,029	0,099	-0,028	-0,013
x_2	0,270	0,050	0,055	0,089	-0,028	0,164	0,039	-0,071	-0,055	0,003
x_3	0,087	-0,076	0,222	-0,282	0,037	0,043	-0,134	0,095	0,206	-0,057
x_4	0,174	-0,118	0,229	-0,136	0,026	-0,183	-0,090	-0,025	-0,004	0,106
x_5	-0,023	0,282	0,132	-0,180	-0,115	-0,120	0,161	0,118	-0,031	0,039
x_6	-0,035	0,116	-0,270	0,173	-0,047	0,164	0,185	-0,171	-0,197	-0,122
x_7	-0,059	0,302	0,045	-0,090	-0,111	-0,005	0,284	-0,103	-0,162	-0,034
x_8	0,204	0,154	0,061	-0,242	-0,087	0,029	-0,072	0,061	0,081	0,117
x_9	0,229	0,115	-0,110	-0,162	-0,103	-0,129	0,086	-0,062	0,008	-0,052
x_{14}	0,087	-0,136	0,112	0,072	0,228	-0,267	0,164	0,047	-0,367	0,042
x_{15}	0,245	0,023	0,067	0,152	0,106	-0,148	0,084	0,016	-0,173	0,001
x_{20}	0,261	0,058	-0,038	0,169	0,017	0,057	0,014	0,148	-0,036	0,058
x_{21}	0,178	-0,076	0,101	0,062	0,085	0,146	0,123	0,267	0,235	-0,199
x_{22}	0,224	0,095	-0,015	0,133	0,109	0,250	-0,047	0,012	0,125	-0,044
x_{25}	0,193	-0,133	0,173	-0,136	0,055	-0,173	0,147	0,045	0,110	0,065
x_{28}	0,186	-0,092	0,049	-0,091	-0,158	0,151	-0,054	-0,451	-0,054	-0,012
x_{29}	0,194	-0,148	0,169	-0,126	0,058	-0,170	0,136	0,042	0,112	0,064
x_{30}	-0,167	0,251	0,117	0,047	-0,106	0,015	0,172	0,109	-0,120	0,013
x_{31}	0,014	0,132	-0,024	-0,138	0,316	-0,119	-0,128	-0,312	-0,071	-0,261
x_{32}	0,054	0,007	-0,015	0,247	0,377	-0,064	0,224	0,139	0,016	0,084
x_{34}	-0,059	0,326	0,079	-0,115	-0,079	-0,061	0,113	0,056	-0,188	0,028
x_{36}	0,200	0,125	-0,019	0,083	-0,111	0,094	-0,296	0,172	-0,063	0,034
x_{37}	0,200	0,090	0,082	0,237	-0,101	-0,105	-0,014	-0,200	-0,007	-0,013
x_{39}	-0,011	0,189	-0,192	-0,099	0,050	-0,177	0,040	-0,036	0,456	0,193
x_{40}	0,234	-0,071	0,089	0,064	0,028	0,038	0,209	-0,291	-0,116	0,023
x_{42}	0,065	-0,022	-0,344	0,000	-0,072	-0,149	0,163	0,128	0,094	0,059
x_{43}	-0,164	0,062	0,139	0,213	-0,098	-0,198	-0,119	0,099	0,138	-0,051
x_{45}	0,053	-0,098	-0,311	0,020	-0,023	-0,163	0,270	-0,009	0,089	0,147
x_{47}	0,069	-0,089	-0,326	0,099	-0,022	-0,216	0,008	0,118	0,011	0,052

Продовж. табл. Н.6

Ознака	$C_{3.1}$	$C_{3.2}$	$C_{3.3}$	$C_{3.4}$	$C_{3.5}$	$C_{3.6}$	$C_{3.7}$	$C_{3.8}$	$C_{3.9}$	$C_{3.10}$
x_{49}	-0,012	0,119	0,131	0,297	-0,153	-0,249	-0,027	-0,100	0,145	-0,119
x_{51}	0,021	0,046	0,189	0,151	-0,075	-0,379	-0,092	-0,221	0,080	0,002
x_{52}	0,017	-0,062	-0,232	-0,145	-0,059	-0,274	-0,239	0,136	-0,262	-0,140
x_{54}	0,044	0,095	-0,164	-0,138	0,304	-0,149	-0,262	-0,015	-0,056	-0,233
x_{56}	0,042	0,340	-0,002	0,045	-0,006	-0,092	-0,210	0,102	-0,124	0,054
x_{58}	0,095	-0,061	-0,276	-0,173	-0,121	0,024	-0,045	-0,251	0,101	0,057
x_{59}	-0,146	0,077	0,004	-0,001	0,363	0,085	0,063	-0,136	0,030	0,068
x_{61}	-0,057	0,144	-0,058	0,041	0,326	0,182	-0,107	-0,135	0,071	0,345
x_{63}	0,111	0,229	-0,050	-0,045	0,311	-0,140	-0,068	-0,107	0,077	-0,018
x_{66}	-0,118	-0,103	0,075	0,122	0,042	-0,036	-0,222	-0,016	-0,169	0,641
x_{68}	-0,145	-0,063	0,100	0,236	-0,124	-0,090	-0,114	-0,241	0,186	-0,011
x_{70}	-0,176	-0,063	0,065	0,190	0,174	0,003	0,022	0,053	0,145	-0,336
x_{72}	0,199	0,179	-0,035	0,130	-0,009	0,076	-0,279	0,145	-0,044	-0,009
x_{77}	-0,026	0,334	0,097	-0,063	0,028	0,030	0,153	-0,023	0,227	0,093
x_{79}	0,164	0,087	-0,188	0,256	-0,114	-0,032	-0,053	-0,043	0,161	0,010

Табл. Н.7. Коефіцієнти кореляції головних компонент з ознаками
(третій етап роботи)

Ознака	$C_{3.1}$	$C_{3.2}$	$C_{3.3}$	$C_{3.4}$	$C_{3.5}$	$C_{3.6}$	$C_{3.7}$	$C_{3.8}$	$C_{3.9}$	$C_{3.10}$
x_1	0,899*	0,056	0,148	0,215	0,027	0,245	0,044	0,124	-0,033	-0,013
x_2	0,908*	0,130	0,136	0,192	-0,053	0,290	0,060	-0,089	-0,066	0,003
x_3	0,292	-0,198	0,552	-0,612	0,069	0,077	-0,204	0,119	0,246	-0,060
x_4	0,584	-0,307	0,569	-0,294	0,049	-0,323	-0,137	-0,032	-0,005	0,111
x_5	-0,077	0,731*	0,327	-0,391	-0,218	-0,212	0,245	0,148	-0,037	0,041
x_6	-0,116	0,300	-0,671	0,375	-0,089	0,290	0,281	-0,214	-0,235	-0,128
x_7	-0,198	0,782*	0,111	-0,195	-0,210	-0,009	0,432	-0,129	-0,194	-0,036
x_8	0,684	0,399	0,151	-0,524	-0,165	0,052	-0,110	0,077	0,097	0,123
x_9	0,770*	0,297	-0,274	-0,352	-0,196	-0,228	0,131	-0,078	0,009	-0,054
x_{14}	0,293	-0,354	0,279	0,156	0,433	-0,472	0,250	0,059	-0,437	0,044

Продовж. табл. Н.7

Ознака	$C_{3.1}$	$C_{3.2}$	$C_{3.3}$	$C_{3.4}$	$C_{3.5}$	$C_{3.6}$	$C_{3.7}$	$C_{3.8}$	$C_{3.9}$	$C_{3.10}$
x_{15}	0,822*	0,059	0,168	0,330	0,202	-0,261	0,128	0,020	-0,207	0,001
x_{20}	0,876*	0,151	-0,093	0,367	0,031	0,101	0,021	0,185	-0,043	0,061
x_{21}	0,596	-0,197	0,250	0,134	0,160	0,258	0,188	0,334	0,280	-0,209
x_{22}	0,754*	0,247	-0,037	0,288	0,207	0,442	-0,071	0,015	0,149	-0,046
x_{25}	0,649	-0,344	0,431	-0,295	0,104	-0,306	0,224	0,056	0,131	0,068
x_{28}	0,626	-0,238	0,122	-0,197	-0,299	0,267	-0,082	-0,564	-0,065	-0,013
x_{29}	0,651	-0,382	0,419	-0,274	0,111	-0,302	0,207	0,052	0,133	0,067
x_{30}	-0,562	0,650	0,290	0,102	-0,200	0,027	0,262	0,137	-0,143	0,014
x_{31}	0,048	0,343	-0,060	-0,300	0,598	-0,211	-0,195	-0,390	-0,084	-0,274
x_{32}	0,181	0,017	-0,036	0,535	0,715*	-0,112	0,340	0,173	0,019	0,088
x_{34}	-0,198	0,845*	0,197	-0,250	-0,149	-0,107	0,172	0,070	-0,224	0,030
x_{36}	0,671	0,325	-0,048	0,180	-0,210	0,167	-0,450	0,215	-0,075	0,036
x_{37}	0,671	0,233	0,205	0,513	-0,191	-0,185	-0,021	-0,250	-0,008	-0,014
x_{39}	-0,037	0,490	-0,477	-0,216	0,095	-0,313	0,060	-0,045	0,544	0,203
x_{40}	0,786*	-0,184	0,221	0,138	0,052	0,067	0,317	-0,364	-0,138	0,024
x_{42}	0,217	-0,057	-0,855*	-0,001	-0,137	-0,263	0,247	0,160	0,112	0,062
x_{43}	-0,552	0,162	0,345	0,462	-0,185	-0,350	-0,181	0,123	0,165	-0,053
x_{45}	0,179	-0,254	-0,774*	0,044	-0,044	-0,288	0,410	-0,011	0,106	0,155
x_{47}	0,231	-0,230	-0,810*	0,216	-0,041	-0,383	0,012	0,147	0,013	0,054
x_{49}	-0,040	0,308	0,326	0,645	-0,290	-0,442	-0,041	-0,126	0,173	-0,125
x_{51}	0,069	0,120	0,470	0,328	-0,141	-0,671	-0,140	-0,277	0,096	0,003
x_{52}	0,057	-0,160	-0,576	-0,314	-0,112	-0,486	-0,363	0,170	-0,312	-0,147
x_{54}	0,146	0,245	-0,407	-0,299	0,576	-0,264	-0,399	-0,019	-0,067	-0,245
x_{56}	0,141	0,881*	-0,005	0,099	-0,011	-0,163	-0,320	0,128	-0,147	0,057
x_{58}	0,320	-0,157	-0,686	-0,375	-0,228	0,043	-0,068	-0,314	0,120	0,060
x_{59}	-0,490	0,200	0,011	-0,002	0,687	0,150	0,096	-0,169	0,036	0,071
x_{61}	-0,192	0,372	-0,145	0,088	0,618	0,321	-0,163	-0,168	0,085	0,362
x_{63}	0,373	0,592	-0,124	-0,098	0,589	-0,249	-0,104	-0,134	0,091	-0,019
x_{66}	-0,397	-0,266	0,186	0,264	0,080	-0,063	-0,338	-0,021	-0,202	0,673

Продовж. табл. Н.7

Ознака	$C_{3.1}$	$C_{3.2}$	$C_{3.3}$	$C_{3.4}$	$C_{3.5}$	$C_{3.6}$	$C_{3.7}$	$C_{3.8}$	$C_{3.9}$	$C_{3.10}$
x_{68}	-0,486	-0,164	0,248	0,511	-0,235	-0,160	-0,174	-0,301	0,222	-0,012
x_{70}	-0,590	-0,164	0,163	0,412	0,329	0,006	0,033	0,066	0,173	-0,353
x_{72}	0,669	0,464	-0,088	0,282	-0,017	0,135	-0,424	0,181	-0,053	-0,010
x_{77}	-0,086	0,866*	0,242	-0,137	0,054	0,053	0,233	-0,029	0,271	0,098
x_{79}	0,551	0,226	-0,466	0,555	-0,215	-0,057	-0,081	-0,054	0,192	0,011

Примітки: * – виділено навантаження, які $> 0,70$.

Додаток П

Програмний додаток «ЕкоГІД» на базі операційної системи *Android*

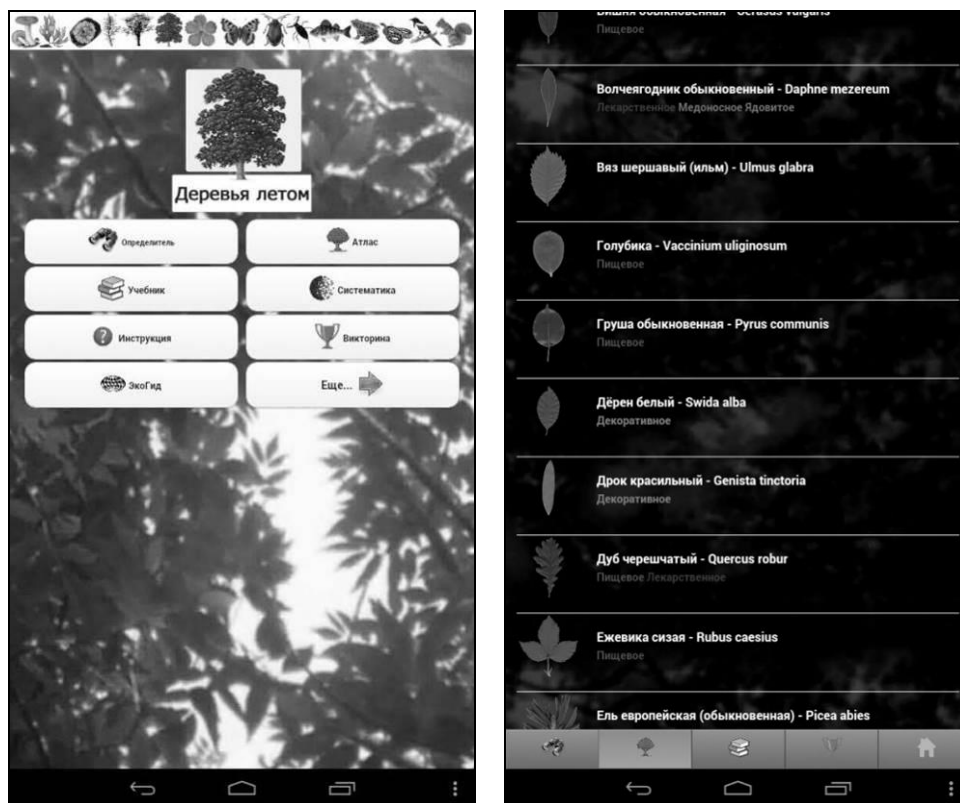


Рис. П.1. Загальний вигляд головної сторінки електронного визначника (справа показано фрагмент доступної бази дерев)

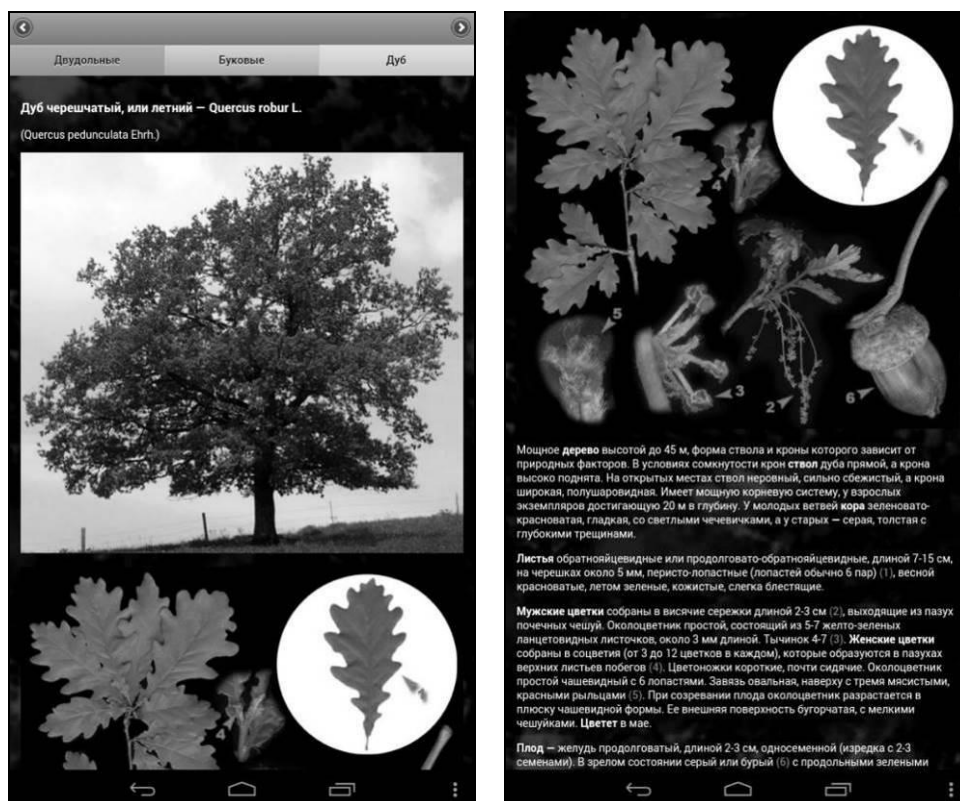


Рис. П.2. Приклад бази даних із різними видами дерев
(зовнішній вигляд дуба звичайного влітку)

Додаток Р

Впровадження результатів дисертаційних досліджень

АКТ використання результатів дисертаційної роботи асистента кафедри інженерної екології міст ХНУМГ імені О. М. Бекетова Рибалки Інни Олександрівни

Даний акт складено про те, що в Департаменті екології та природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації при розробці “Комплексної Програми охорони навколишнього природного середовища в Харківській області на 2009–2013 роки та на перспективу до 2020 року” використано запропоноване у дисертаційній роботі Рибалки І. О. “Збереження екологічної безпеки міст шляхом захисту зелених насаджень від розповсюдження омели білої” вирішення питання розробки комплексної системи екологічного моніторингу зелених насаджень, невід’ємною складовою якої є моніторинг розповсюдження фітошкідників і фітозахворювань, зокрема омели білої – рослини-напівпаразита багатьох видів дерев, що завдає вагомої шкоди, коли її популяції безконтрольно розмножуються.

Даний акт не є підставою для одержання премій та інших винагород.

Акт складено для надання в Спеціалізовану вчену раду у зв’язку із захистом дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Директор Департаменту екології
та природних ресурсів Харківської ОДА



А. О. Тимчук

Рис. Р.1. Впровадження результатів дисертаційних досліджень у діяльність Департаменту екології та природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації

АКТ
впровадження у виробництво
результатів дисертаційного дослідження
асистента кафедри інженерної екології міст
Харківського національного університету міського господарства
імені О. М. Бекетова
Рибалки Інни Олександрівни

“30” травня 2019р.
 (дата складення)

Даний акт укладений в тому, що “Практичні рекомендації щодо захисту міських зелених насаджень від пошкодження омелою білою”, розроблені асистентом кафедри інженерної екології міст Рибалкою Інною Олександрівною, прийняті до впровадження на об’єктах Спеціалізованого комунального підприємства “Харківзеленбуд” Харківської міської ради та визнані дієвими в практиці їх застосування.

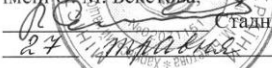
Акт складений для надання в Спеціалізовану вчену раду у зв’язку із захистом дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 21.06.01 – “Екологічна безпека”.

Директор Спеціалізованого
 комунального підприємства
 “Харківзеленбуд” Харківської
 міської ради



Блуд М. І.

Рис. Р.2. Впровадження результатів дисертаційних досліджень
 у виробництво

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
 Перший проректор
 Харківського національного університету
 міського господарства
 імені О. М. Бекетова

 Стадник Г. В.
 27 травня 2019 р.

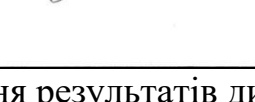
А К Т
впровадження у навчальний процес
результатів дисертаційного дослідження
асистента кафедри інженерної екології міст
ХНУМГ імені О. М. Бекетова
Рибалки Інни Олександрівни

Комісія у складі:
 Стольберга Ф. В., голова комісії, д. т. н., професор, завідувач кафедри;
 Полив'янчука А. П., член комісії, д. т. н., професор;
 Сталінської І. В., член комісії, к. т. н., доцент,

на основі детального аналізу встановила, що результати наукових досліджень, виконаних асистентом кафедри інженерної екології міст Рибалкою Інною Олександрівною використовуються в навчальному процесі підготовки здобувачів освітніх ступенів “бакалавр” і “магістр” за спеціальностями 101 – “Екологія” і 183 – “Технології захисту навколишнього середовища” на кафедрі інженерної екології міст ХНУМГ імені О. М. Бекетова, а саме:

- комплексна математична модель для оцінювання впливу омели на екосистему міста та моделювання динаміки розвитку її популяції у складі практичних завдань із дисциплін “Моделювання технологій охорони довкілля” для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 183 – “Технології захисту навколишнього середовища” та “Моделювання процесів забруднення атмосфери” для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 101 – “Екологія”;
- комп'ютерна база даних щодо видового різноманіття міських зелених насаджень у складі практичних завдань із дисципліни “Системи і засоби обробки інформації в екології” для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 101 – “Екологія”;
- карта розповсюдження омели білої в ландшафтах м. Харків у складі практичних завдань із дисципліни “Ландшафтна екологія” для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 101 – “Екологія”;
- методика комплексного екологічного моніторингу зелених насаджень на території населених пунктів України, невід'ємною складовою якої є моніторинг розповсюдження омели білої, у складі лекційного матеріалу та практичних завдань із дисциплін “Загальна екологія” і “Моніторинг довкілля” для студентів денної і заочної форм навчання спеціальностей 101 – “Екологія” і 183 – “Технології захисту навколишнього середовища”;

Впровадження у навчальний процес результатів наукових досліджень Рибалки І. О. дозволило підвищити його ефективність за рахунок вивчення студентами підходів щодо оцінювання впливу омели білої як біологічного забруднича на екосистему міста та моделювання динаміки розвитку її популяції, використання ГІС-технологій для вирішення прикладних задач екологічного менеджменту та нових методів формування систем комплексного екологічного моніторингу довкілля, зокрема стану зелених насаджень, з метою підвищення екологічної безпеки.

Голова комісії		Ф. В. Стольберг
Члени комісії:		А. П. Полив'янчук
		І. В. Сталінська

**Рис. Р.3. Впровадження результатів дисертаційних досліджень
у навчальний процес кафедри інженерної екології міст**

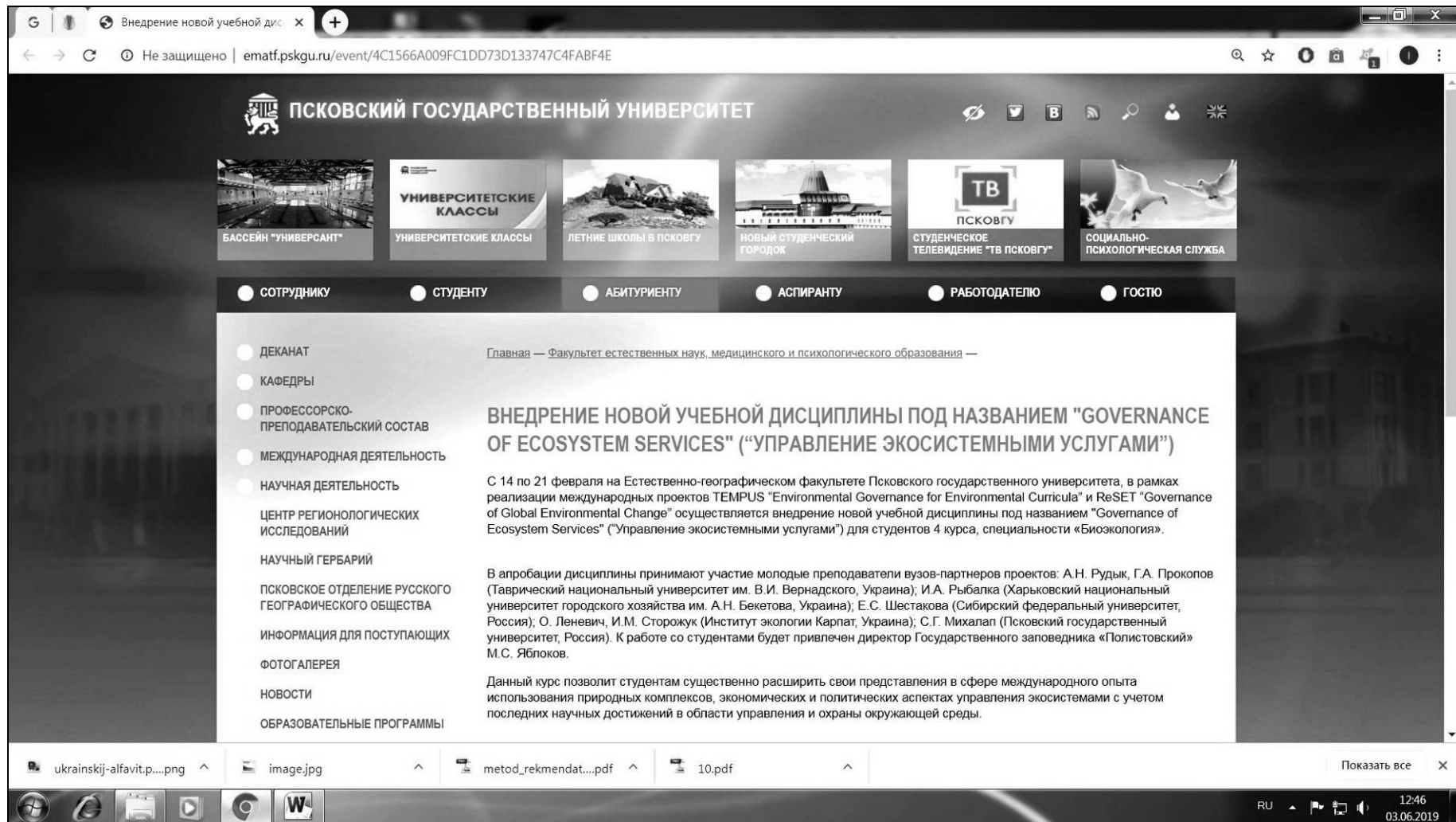


Рис. Р.4. Впровадження результатів дисертаційних досліджень у навчальний процес кафедри ботаніки і екології рослин [19]