

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙНИХ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОМЕЛИ БІЛОЇ (*VISCUM ALBUM L.*) ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

Зелені насадження відіграють важливу роль у покращенні стану міського довкілля та у його екологічній безпеці. До несприятливих факторів, які здатні негативно впливати на життєвість дерев лісових та міських насаджень, відноситься інвазія омели білої (*Viscum album L.*), що є проявом біоантропогенної екологічної небезпеки (за класифікацією М. Ф. Реймерса). Дослідження проведено на території м. Харкова (Україна). Для зведення до мінімуму наслідків впливу цієї рослини на насадження розроблено регресійні моделі взаємозв'язку її чисельності і екологічних параметрів міського ландшафту (частка забудови, щільність вулично-дорожньої мережі, переважаючий вік дерев у насадженнях тощо) та індивідуальних характеристик її дерев-живителів (показник периферійного відмирання крони, ступінь дефоліації, клас санітарно-гігієнічного стану за семибальною шкалою А. Д. Маслова тощо). Обґрунтовано, що омела є індикатором техногенної небезпеки, сформованої ландшафтно-трансформуючими чинниками.

Ключові слова: екологічна безпека, зелені насадження, омела біла, регресійні моделі.

I.O. Rybalka

APPLICATION OF THE LINEAR REGRESSION MODELS OF THE WHITE MISTLETOE (*VISCUM ALBUM L.*) NUMBER TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF GREEN PLANTATIONS

Green plantations play an important role in improving of state of an urban environment and its environmental safety. Among the adverse factors that can negatively effect on the vitality of forest trees and urban plantations is the invasion of the White Mistletoe (*Viscum album L.*). It is a manifestation of the bio-anthropogenic environmental hazard (on the classification of M. F. Reimers). The research was conducted on the territory of the city of Kharkiv (Ukraine). To minimize the effect of this plant on plantations the regression models of relationship of its number and an ecological parameters of the urban landscape (share of buildings, density of street-road network, the prevalence age of the trees in plantations, etc.) and an individual characteristics of its host trees (the figure of peripheral dieback of crowns, defoliation degree, class of sanitary-and-hygienic status on the seven-point scale of A. D. Maslov, etc.) was developed. It was justified, that mistletoe is an indicator of man-made danger, formed by landscape-transforming factors.

Key words: ecological safety, green plantations, the White Mistletoe, regression models.

Постановка проблеми. Зелені насадження відіграють важливу роль у покращенні стану міського довкілля та у його екологічній безпеці, тому що охолоджують міський «острів тепла» шляхом збільшення альbedo поверхні й транспірації; стабілізують вітровий режим, «розвантажують» повітряні маси; збільшують відносну вологість повітря і «згладжують» її добові і сезонні коливання; виділяють в атмосферу кисень; збільшують в атмосфері концентрації негативно заряджених іонів, що покращує здоров'я людини; виділяють біологічно активні речовини, які пригнічують розвиток патогенних агентів в атмосфері; поглинають пил і гази, що забруднюють атмосферне повітря; знижують рівень шуму шляхом поглинання енергії механічних коливань, які його спричиняють; затримують частину опадів і зменшують поверхневий стік; поліпшують структуру, збільшують проникність і, в ряді випадків, родючість ґрунтів; затримують сніговий покрив і талі води; закріплюють сипучі ґрунти, знижують рівень ерозії; поліпшують візуальні властивості урбанізованих ландшафтів тощо [1].

Водночас у містах формуються численні несприятливі фактори, які здатні негативно впливати на життєвість дерев. Так, у публікації Ф. М. Левона окреслено [2] основні чинники, які впливають на стійкість насаджень у населених пунктах України, при цьому на третьому місці після впливу автотранспорту (отруєє міське повітря шкідливими для дерев сполуками, ущільнює і забруднює ґрунт під деревами і завдає їм механічних пошкоджень, особливо при паркуванні на вулицях) і хлористих солей (використовуються для прискорення танення снігу й льоду у зимовий період) зазначено ураження дерев омелою білою (*Viscum album L.*).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вважається, що омела спричиняє суттєве зниження енергії росту, втрату декоративності та врожайності деревних культур [3, 4], а також є причиною зниження строку служби дерев, які використовуються у зеленому будівництві. Опосередкований негативний вплив омели полягає у посиленні можливості вітроломів [5]. Так, в першу чергу рослина-напівпаразит оселяється на скелетних гілках, тож для вражених нею дерев буде характерною нестача поживних речовин у верхівці крони, що проявиться не лише через зменшення маси листків, але і через атрофію гілок: вода та мінеральні речовини, які транспортуються від коренів до місця інфікування, поглинаються омелою. Локальне порушення балансу надходження та витрат поживних речовин окремої гілки може спричинити її відмирання [4], рис. 1. Такі гілки представляють собою чималу небезпеку при різких поривах вітру чи невеликому накопиченні снігу, тому що можуть ламатися і бути небезпечними при падінні для людей, автомобілів, ліній електропередач, інженерних споруд тощо.

Науковці Національного лісотехнічного університету України А. І. Івченко, О. П. Божок, І. М. Пацура, Л. Б. Коляда та В. О. Божок зазначають [6], що останнім часом поширення омели білої в насадженнях набуває катастрофічного характеру, при цьому індивідуальна пристосованість цього виду постійно зростає. Така зміна ролі напівпаразита відбулася через низку причин. Серед них є дві головні. Це пертурбація клімату, а також порушення природного рівня взаємовідносин у рослинному і тваринному світі. Останнє значною мірою обумовлено порушенням екологічної рівноваги в навколишньому середовищі внаслідок людської діяльності. Таким чином, інвазія омели може розглядатися як прояв біоантропогенної екологічної небезпеки (за класифікацією М. Ф. Реймерса).



Рисунок 1 – Периферійна частина гілки дерева-живителя омели (праворуч) усихає (джерело зображення: [7])

Корисним інструментом для зведення до мінімуму наслідків впливу омели на зелені насадження є прогноз щодо змін її чисельності, що і обумовлює актуальність цього дослідження.

Метою роботи була побудова регресійних моделей залежності чисельності омели білої від екологічних параметрів ландшафту, а також індивідуальних характеристик її дерев-живителів для вирішення завдань екологічного менеджменту.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проведено на території м. Харкова. Для побудови математичних моделей залежності чисельності омели білої від екологічних параметрів міського ландшафту та індивідуальних характеристик її дерев-живителів застосовано регресійний аналіз. У багатьох літературних джерелах зазначається, що в теперішній час його методи набули широкого визнання в усіх галузях наукової та практичної діяльності завдяки можливостям об'єктивної кількісної оцінки впливу різноманітних факторів на рівень результативних ознак. Крім того, з їх допомогою можна моделювати динаміку процесів і отримувати обґрунтовані прогнози на майбутнє. Регресійний аналіз базувався на результатах аналізу головних компонент, які було опубліковано у [8, 9].

Досліджувані ознаки на рівні ландшафту:

x_1 – щільність омели білої (було розглянуто як відклик);

1 група (характеризує загальні риси ландшафту)

x_2 – середня відстань між деревами, м;

x_3 – частка забудови;

x_4 – щільність вулично-дорожньої мережі, м/м²;

x_5 – переважаючий вік дерев у насадженнях, р.;

2 група (об'єднує дерева-живителі омели)

x_6 – щільність інфікованого клена сріблястого у насадженнях, 1/км²;

x_7 – щільність інфікованої робінії несправжньооакацієвої у насадженнях, 1/км²;

x_8 – щільність інфікованої тополі бальзамічної у насадженнях, 1/км²;

3 група (об'єднує дерева-маркери рослини у ландшафті)

x_9 – щільність в'яза граболистого у насадженнях, 1/км²;

x_{10} – щільність тополі чорної у насадженнях, 1/км².

Досліджувані ознаки на рівні дерева-живителя:

x_1 – індекс чисельності омели білої (було розглянуто як відклик);

1 група (характеризує екологічні параметри дерев-живителів)

x_2 – діаметр крони дерева-живителя, м;

2 група (ілюструє наслідки ураження дерев-живителів омелою)

x_3 – показник периферійного відмирання крони;

x_4 – ступінь дефоліації;

3 група (характеризує вплив омели на стан дерев-живителів у відповідності з чинними нормативними документами)

x_5 – клас санітарно-гігієнічного стану за семибальною шкалою А. Д. Маслової;

x_6 – категорія стану дерева згідно з «Санітарними правилами у лісах України».

Для визначення взаємозв'язку між чисельністю омели і висотою дерев (прийmemo, що це ознака « α_7 » у групі 1 на рівні дерева-живителя) у межах ділянки № 12 (розміщена в районі ХТЗ) [10] було сформовано випадкову вибірку дерев-живителів омели із застосуванням маршрутного методу досліджень. При зборі фіксувались усі дерева-живителі омели, які траплялися на маршруті у смузі 100 м завширшки. Для кожного дерева було визначено вид і індекс чисельності омели. Зібрані дані було проаналізовано статистично. Структурні зв'язки між досліджуваними ознаками вивчали за допомогою кореляційного аналізу. Повний регресійний аналіз проведено за загальноприйнятими методиками. Для оцінки тісноти кореляційного зв'язку між досліджуваними вибірками використовували коефіцієнт детермінації (R^2), який показує, яка частка варіації однієї ознаки залежить від варіювання іншої. У випадку, якщо гіпотеза про наявність лінійної регресії була спростована, оптимальною вважалася модель з найвищим показником детермінації. Для оцінки значущості розроблених моделей застосовано параметричний t-критерій Стюдента. Розрахунки проведено з застосуванням програмного пакета MS Excel.

Розроблені в ході дослідження регресійні рівняння для досліджуваних ознак на рівні ландшафту представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Регресійний аналіз даних: рівень ландшафту

№	Назва групи ознак	Рівняння регресії, показники значущості
1	2	3
1	«Щільність омели білої, куш/км ² » і «Частка забудови»	$Y_3 = 42,19e^{11,216x_3}$ ($n = 15$; $R^2 = 0,4177$; $t_{\text{факт.}} = 3,05 > t_{0,01} = 3,01$)
2	«Щільність омели білої, куш/км ² » і «Щільність вулично-дорожньої мережі, м/м ² »	$Y_4 = 55,621e^{0,4858x_4}$ ($n = 15$; $R^2 = 0,6341$; $t_{\text{факт.}} = 4,75 > t_{0,001} = 4,22$)

1	2	3
3	«Щільність омели білої, кущ/км ² » і «Переважаючий вік дерев у насадженнях, р.»	$Y_5 = 2,4766e^{0,1204X_5}$ (n = 15; R ² = 0,5263; t _{факт.} = 4,75 > t _{0,01} = 4,02)
4	«Щільність омели білої, кущ/км ² » і «Щільність інфікованого клена сріблястого у насадженнях, 1/км ² »	$Y_6 = 465,8853 + 78,7675 X_6$ (n = 15; R ² = 0,6682; t = 5,12 > t _{0,001} = 4,22)
5	«Щільність омели білої, кущ/км ² » і «Щільність інфікованої робінії несправжньоакацієвої у насадженнях, 1/км ² »	$Y_7 = 421,0645 + 199,7258 X_7$ (n = 15; R ² = 0,8018; t = 7,25 > t _{0,001} = 4,22)
6	«Щільність омели білої, кущ/км ² » і «Щільність інфікованої тополі бальзамічної у насадженнях, 1/км ² »	$Y_8 = 468,1522 + 108,0114 X_8$ (n = 15; R ² = 0,7694; t = 6,59 > t _{0,001} = 4,22)
7	«Щільність омели білої, кущ/км ² » і «Щільність в'яза граблистого у насадженнях, 1/км ² »	$Y_9 = 978,8289 + 89,3744 X_9$ (n = 15; R ² = 0,4132; t = 3,03 > t _{0,05} = 2,16)
8	«Щільність омели білої, кущ/км ² » і «Щільність тополі чорної у насадженнях, 1/км ² »	$Y_{10} = 776,76399 + 311,1406 X_{10}$ (n = 15; R ² = 0,4814; t = 3,47 > t _{0,01} = 3,01)

Результати візуалізації розподілів даних вимірювань і залишків регресії для групи ознак «Щільність омели білої кущ/км²» і «Щільність інфікованої робінії несправжньоакацієвої у насадженнях, 1/км²» (в якості прикладу) наведено на рис. 2.

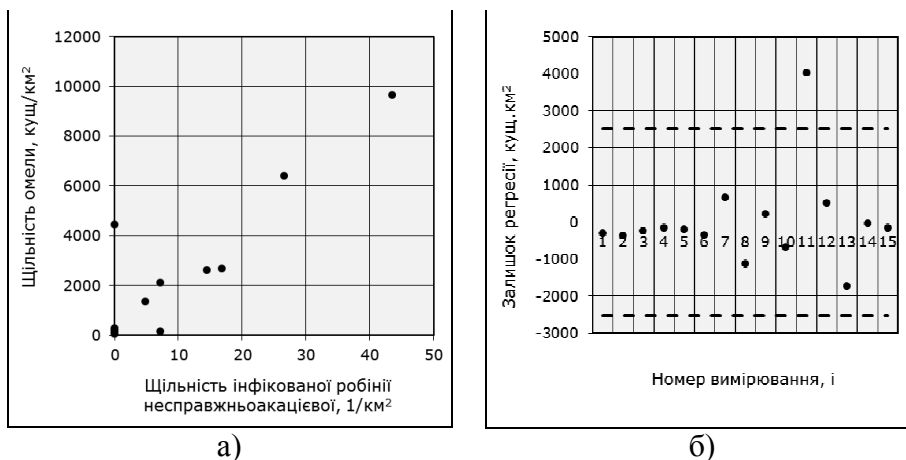


Рисунок 2 – Основні етапи регресійного аналізу: а) – щільність омели білої в ландшафті; б) – розподіл залишків регресії (пунктиром позначений інтервал $2S_e$; $-2S_e$ нормального розподілу залишків регресії)

Із розгляду розподілу точок на графіку рис. 2 (а) було зроблено висновок, що взаємозв'язок між щільністю омели білої у ландшафті і щільністю інфікованої робінії несправжньоакацієвої може бути змодельований у вигляді лінійної регресії:

$$Y_7 = \theta_0 + \theta_1 X_7,$$

де θ_0 і θ_1 – оцінки параметрів регресії.

З огляду на розподіл точок на графіку рис. 2 (б) – хаотично розподіляються вздовж вісі абсцис обабіч неї, – було зроблено висновок, що вплив інших факторів на результати вимірювань схожий на випадковий.

Графіки лінії регресії, меж її довірчих інтервалів разом із точками, що відображують розподіл даних вимірювань, які наближаються лінійною регресійною моделлю, наведено на рис. 3.

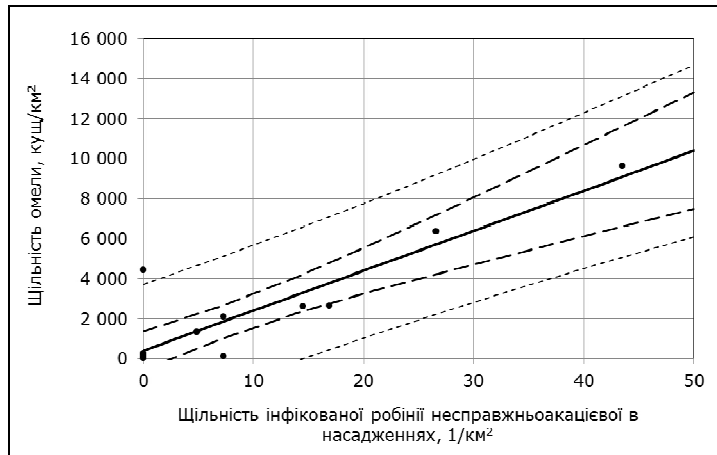


Рисунок 3 – Лінії (суцільна) регресії, меж її довірчого інтервалу (штриховані) та довірчого інтервалу (пунктирні) вимірюваних величин вмісту (точки)

Так, за результатами проведеного дослідження виявлено суттєвий позитивний взаємозв'язок між щільністю омели і часткою забудови, щільністю вулично-дорожньої мережі, а також переважаючим віком дерев у насадженнях. При цьому найвищий показник детермінації мала модель, яка враховувала ознаки «Щільність омели білої, кущ/км²» і «Щільність вулично-дорожньої мережі, м/м²» (63 % варіації ознаки x_1 визначається варіюванням ознаки x_4). Отримані результати узгоджуються з результатами польських дослідників, які встановили, що в центральній частині м. Лодзь (Польща) кількість омели значно вища, ніж на його периферії [11].

Особливо цікаво, що щільність омели закономірно збільшується з ростом частки забудови і щільності вулично-дорожньої мережі. Так, одним із видів техногенного класу екологічної небезпеки є небезпека, яка сформована ландшафтно-трансформуючими чинниками, зокрема неконтрольованою вирубкою зелених насаджень, відведенням значних площ під промислово-сільбищну забудову, а також вилученням земель під транспортні мережі. Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що омела є індикатором екологічної небезпеки, сформованої ландшафтно-трансформуючими чинниками.

Так, у наш час система озеленення міст України (в т. ч. і м. Харковав) постійно ускладнюється, а її окремі елементи все більше диференціюються (рис. 4). З одного боку вводяться в експлуатацію нові житлові масиви, автомагістралі тощо, з іншого боку, складаються дедалі сприятливіші умови для інвазії омели білої. Тому актуальним завданням сучасного містобудування і зеленого будівництва повинно стати формування таких моделей просторової організації об'єктів озеленення, які б забезпечували рівномірне розміщення насаджень на сільбищних територіях, у житлових районах і мікрорайонах для підтримки екологічної рівноваги.

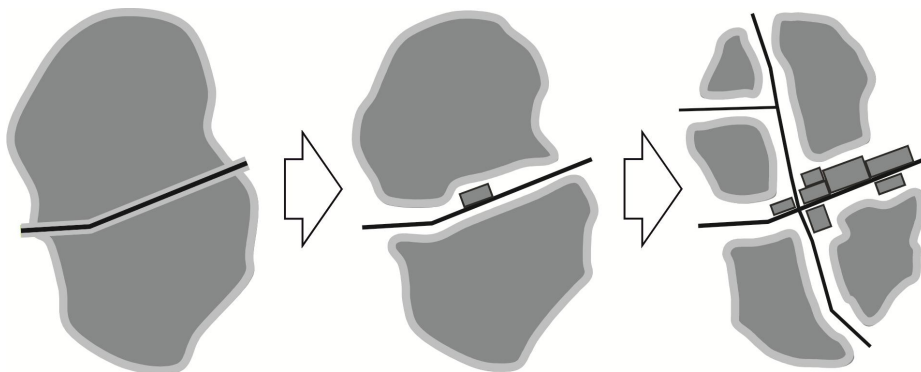


Рисунок 4 – Фрагментація ландшафтів (джерело зображення: [12])

З ростом переважаючого віку дерев у насадженнях закономірно збільшується показник щільності омели білої (рис. 5). При цьому рослина-напівпаразит спричинює зростання парусності крони дерев, а також зниження міцності деревини гілок на 37 %. Із рис. 5 зрозуміло, що особливо уразливими до впливу омели є дерева, які переходять в сенільну фазу розвитку (нерідко з сухими гілками, тріщинами тощо) і є потенційно і реально загрозливими для оточуючих.

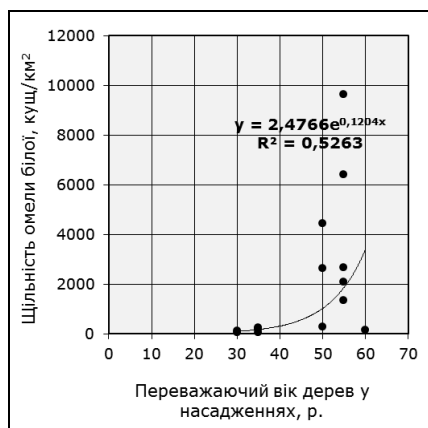


Рисунок 5 – Залежність щільності популяції омели білої від переважаючого віку дерев у насадженнях

Також встановлено, що щільність омели білої тісно пов'язана зі щільністю інфікованих клена сріблястого (*Acer saccharinum L.*), робінії несправжньоакацієвої (*Robinia pseudoacacia L.*) і тополі бальзамічної (*Populus balsamifera L.*). При цьому найвищий показник детермінації мала модель, яка враховувала ознаки «Щільність омели білої, кущ/км²» і «Щільність інфікованої робінії несправжньоакацієвої у насадженнях, 1/км²» (80 % варіації ознаки x_1 визначається варіюванням ознаки x_7). Враховуючи високий фітомеліоративний потенціал цих видів дерев для підтримки екологічної стійкості урбоєкосистем доцільно оптимізувати використання цих видів в озелененні населених пунктів: повністю відмовлятися від них не варто, оскільки вони виконують важливі екосистемні функції разом із рештою адвентивних видів.

Маркерами омели у ландшафті є в'яз граблистий (*Ulmus carpinifolia L.*) і тополя чорна (*Populus nigra L.*). При цьому найвищий показник детермінації мала модель, яка враховувала ознаки «Щільність омели білої, кущ/км²» і «Щільність тополі чорної у насадженнях, 1/км²» (48 % варіації ознаки x_1 визначається варіюванням ознаки x_7). Зазначений вид належить до великорозмірних дерев, які займають перший ярус у насадженнях.

Достовірних взаємозв'язків щільності омели з рівнем видового різноманіття зелених насаджень не виявлено [8].

Розроблені в ході дослідження регресійні рівняння для досліджуваних ознак на рівні дерева представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Регресійний аналіз даних: рівень дерева-живителя

№	Назва групи ознак	Рівняння регресії, показники значущості
1	2	3
1	«Індекс чисельності омели» і «Показник периферійного відмирання крони»	$Y_3 = 0,6266 + 0,0576 X_3$ (n = 10; $R^2 = 0,5596$; $t_{\text{факт.}}=3,19 > t_{0,01} = 2,31$)
2	«Індекс чисельності омели» і «Ступінь дефоліації»	$Y_4 = 0,0462 + 1,76923 X_4$ (n = 10; $R^2 = 0,6695$; $t=4,03 > t_{0,01} = 3,36$)
3	«Індекс чисельності омели» і «Клас санітарно-гігієнічного стану за семибальною шкалою А. Д. Маслова»	$Y_5 = 0,0462 + 1,76923 X_5$ (n = 10; $R^2 = 0,7241$; $t=4,58 > t_{0,01} = 3,36$)

1	2	3
4	«Індекс чисельності омели» і «Категорія стану дерева згідно з “Санітарними правилами у лісах України”»	$Y_6 = -2,090 + 1,6517 X_6$ (n = 10; $R^2 = 0,8640$; $t=7,13 > t_{0,001} = 5,04$)
5	«Індекс чисельності омели» і «Висота дерева, м»	$Y_7 = 1,8803 \ln(X_7) - 2,2084$ (n = 24; $R^2 = 0,1628$; $t_{\text{факт.}}=2,07 = t_{0,01} = 2,07$)

На основі проведеного дослідження обґрунтовано наявність позитивного взаємозв'язку між чисельністю омели і показниками периферійного відмирання крони, а також ступенем дефоліації. При цьому найвищий показник детермінації мала модель, яка враховувала ознаки «Індекс чисельності омели» і «Ступінь дефоліації» (67 % варіації ознаки x_1 визначається варіюванням ознаки x_4). Отримані результати не суперечать результатам, отриманим дослідниками із США, Швейцарії та Великобританії [13–16].

Так, периферійне відмирання крони пов'язане з усиханням гілок, що починається у верхній частині крони і продовжується в напрямку стовбура та основи живої крони, а дефоліація – це величина, що характеризує загальну нестачу листової маси дерева. Вона поєднує реальні передчасні втрати листя внаслідок впливу певних несприятливих умов або дії факторів дефоліації та опосередковані втрати через недорозвинення деякої кількості листової маси, яка б могла утворитися в нормальних умовах. Фізичні втрати листя та стебел, перш за все, спричинюють стрес у дерев, який неминуче призводить до зниження імунітету, а при зниженні системи захисних реакцій дерева стають більш уразливими до інфекційних хвороб та шкідників, що і призводить до суттєвого погіршення їхнього санітарного стану (що підтверджено даним дослідженням, при цьому досить високі показники детермінації мала модель, яка враховувала ознаки «Індекс чисельності омели» і «Категорія стану дерева згідно з “Санітарними правилами у лісах України”» (86 % варіації ознаки x_1 визначається варіюванням ознаки x_6)). Це означає, що інфіковані омелою дерева не можуть повною мірою виконувати всі свої екосистемні функції, що може мати негативні наслідки для довкілля (а відтак, і здоров'я населення).

Встановлено, що із збільшенням висоти дерев-живителів закономірно зростає ступінь їх ушкодження омелою. Отже, використовуючи в озелененні населених місць дерева із різною ритмікою і колористикою, слід звертати особливу увагу на форму їх крони (найбільш уразливими до впливу омели є види з розкидистою кроною), а також на висоту, якої вони можуть досягати.

Для груп показників «Щільність омели білої, кущ/км²» і «Середня відстань між деревами, м», а також «Індекс чисельності омели» і «Середній діаметр крони, м» усі спроби побудувати регресійну модель виявилися безуспішними, можна припустити, що це пов'язано з об'ємом досліджуваних вибірок.

Висновки. На основі даних польових досліджень розроблено регресійні моделі взаємозв'язку чисельності омели та екологічних параметрів ландшафту (частка забудови, щільність вулично-дорожньої мережі, переважаючий вік дерев у насадженнях, щільності інфікованих клена сріблястого у насадженнях, робінії несправжньооакацієвої і тополі бальзамічної, в'яза грабlistого, тополі чорної в насадженнях), а також індивідуальних характеристик її дерев-живителів (показник периферійного відмирання крони, ступінь дефоліації, клас санітарно-гігієнічного стану за семибальною шкалою А. Д. Маслова, категорія стану дерева згідно з “Санітарними правилами у лісах України”, висота дерева). Встановлено, що омела є індикатором техногенної небезпеки, сформованої ландшафтно-трансформуючими чинниками (неконтрольована вирубка зелених насаджень, відведення значних площ під промислово-сільськогосподарську забудову, а також вилучення земель під транспортні мережі). Щільність омели білої не залежить від показників видового різноманіття насаджень, тому не варто занадто спрощувати їх таксономічну структуру на користь видів, які є менш чи взагалі непривабливими для омели. Для підвищення рівня екологічної безпеки насаджень доцільно оптимізувати використання в озелененні населених

пунктів клена сріблястого, робінії несправжньооакацієвої і тополі бальзамічної: повністю відмовлятися від них не варто, оскільки вони виконують важливі екосистемні функції разом із рештою адвентивних видів. Встановлено, що омела спричинює периферійне відмирання крони і дефоліації у дерев-живителів, а також погіршення їхнього санітарного стану.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку екологічно обґрунтованих рекомендацій щодо захисту зелених насаджень від впливу омели білої для зменшення або пом'якшення її негативного впливу на екосистемні функції дерев.

Подяки. Автор висловлює подяку Ю. І. Вергелесу та І. М. Коваль за безцінну допомогу у вигляді консультацій та практичних рекомендацій по систематизації зібраного в ході досліджень матеріалу.

Список літератури:

1. Экология города / под общ. ред. Ф. В. Стольберга. – Киев : Либра, 2000. – 464 с.
2. Левон Ф. М. Створення зелених насаджень в умовах урбанізованого середовища: вимоги, лімітуючі чинники, шляхи оптимізації / Ф. М. Левон // Науковий вісник Державного лісотехнічного університету України. – 2003. – № 13(5). – С. 157–162.
3. Миняева О. Распространение омелы и борьба с ней (США). – Москва : Наука, 1975. – 34 с.
4. Zuber D. Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. / D. Zuber // Flora. – 2004. – № 18. – P. 181–203.
5. Рой Ю. Ф. Анатомическое строение вегетативных органов омелы австрийской (*Viscum austriacum* Wiesb.) / Ю. Ф. Рой, М. В. Левковская // Веснік Брэскага ўніверсітэта. – 2011. – № 1(5). – С. 50–56.
6. Івченко А. І. Особливості організації результативної боротьби з омелою білою / А. І. Івченко, О. П. Божок, І. М. Пацура, Л. Б. Коляда, В. О. Божок // Науковий вісник НЛТУ України. – 2014. – № 24(5). – С. 12–18.
7. Henning S. H.-J. The Mistletoe *Viscum album* 2015 [Electronic recourse] / S. H.-J. Henning. – Accessed mode : www.viscum.dk.
8. Рибалка І. О. До питання підвищення рівня екологічної безпеки насаджень населених пунктів України в умовах надмірного розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) / І. О. Рибалка // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2017. – № 102(1). – С. 111–120.
9. Рибалка І. О. Взаємозв'язок між інтенсивністю зараження омелою білою (*Viscum album* L.) та деякими екологічними параметрами дерев-живителів / І. О. Рибалка // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. – № 26(5). – С. 146–152.
10. Бараннік В. О. Матрична модель прогнозу динаміки популяції омели білої у міському ландшафті / В. О. Бараннік, Ю. І. Вергелес, І. О. Рибалка // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – № 93 – С. 392–396.
11. Kartoolinejad D. The relationship among infection intensity of *Viscum album* with some ecological parameters of host trees / D. Kartoolinejad, S. M. Hosseini, S. K. Mirnia, M. Akbarinia, F. Shayanmehr // International Journal of Environmental Research. – 2007. – № 1. – P. 143–149.
12. Басос Н. Ю. Биоцентрически-сетевая структура урбанизированных ландшафтов (на примере континентальных и приморских городов) / Н. Ю. Басос, Ю. И. Вергелес. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishers, 2010. – 85 с.
13. Dale H. Elevated atmospheric CO₂ influences the interaction between the parasitic angiosperm *Orobancha minor* and its host *Trifolium repens* / H. Dale, M. C. Press // New Phytologist. – 1998. – № 140(1). – P. 65–73.
14. Hawksworth F. G. *Peridermium bethelii* – a rust associated with Lodgepole Pine Dwarf Mistletoe / F. G. Hawksworth, C.S. Dixon, R.G. Krebill // Plant Diseases. – 1983. – № 67. – P. 729–733.

15. Rigling A. Mistletoe-induced crown degradation in Scots Pine in a xeric environment / A. Rigling, Br. Eilmann, R. Koechli, M. Dobbertin // *Tree Physiology*. – 2010. – № 30. – P. 845–852.
16. Smith L. Biomass of Witches' Brooms Caused by Douglas-Fir Dwarf Mistletoe in Northern Arizona / L. Smith, R. Mathiasen, R. Hofstetter // *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*. – 2011. – № 43(1). – P 40–47.

References:

1. Stolberg, F. V. (2000). *Urban Ecology*. Kyiv: Libra (in Russ.)
2. Levon, F. M. (2003). Making urban forest: Requirements, limiting factors, ways of optimization. *Naukovyi visnyk Derzhavnoho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy (Scientific Journal of State Forestry University of Ukraine)*, 13(5), 157-162 (in Ukr.)
3. Miniaeva, O. (1975). Distribution and control of the Mistletoes in USA, Moscow: Nauka (in Ukr.)
4. Zuber, D. (2004). Biological flora of Central Europe: *Viscum album L. Flora*, 18, 181-203.
5. Roi, Yu. F., & Levkovskaya, M. V. (2011). Vegetative anatomy of the Austrian Mistletoe (*Viscum austriacum* Wiesb.). *Vesnik Brjescckaga wniversitjeta (Journal of the Brest University, Belarus)*, 1(5), 50-56 (in Russ.)
6. Ivchenko, A. I., & Bozhok, O. P., & Patsura I. M., & Kolyada L. B., & Bozhok V. O. (2014). On the issue of an organization of effective fight against White Mistletoe. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy (Scientific Journal of National Forestry University of Ukraine)*, 24(5), 8-14 (in Ukr.)
7. Henning, S. H.-J. (2015). The Mistletoe *Viscum album* 2015. Retrieved from www.viscum.dk.
8. Rybalka, I. O. (2017). To the issue of increase the level of ecological safety of green plantations in human settlements of Ukraine under the excessive spread of the White Mistletoe (*Viscum album L.*). *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho (Scientific Journal of Mykola Ostrohradskyyi Kremenchug National University of Ukraine)*, 102(10), 111-120 (in Ukr.)
9. Rybalka, I. O. (2016). Relationship between the intensity of infection by the White Mistletoe (*Viscum album L.*) and some ecological characteristics of host trees. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy (Scientific Journal of National Forestry University of Ukraine)*, 26(5), 146-152 (in Ukr.)
10. Barannik, V. O., & Vergeles, Yu. I., & Rybalka I. O. (2010). The matrix model of forecasting the White Mistletoe's population dynamics in an urban landscape. *Kommunalnoe khoziaistvo horodov (Municipal economy of cities)*, 93, P. 392-396 (in Ukr.)
11. Kartoolinejad, D., & Hosseini, S. M., & Mirnia, S. K., & Akbarinia, M., & Shayanmehr, F. (2007). The relationship among infection intensity of *Viscum album* with some ecological parameters of host trees. *International Journal of Environmental Research*, 1, 143–149.
12. Basos N. Yu., & Vergeles Yu. I. (2010). *Biocentric-network structure of urban landscapes (on the example of continental and coastal cities)*. Saarbrücken: Lambert Academic Publishers (in Russ.)
13. Dale, H., & Press, M.C. (1998), Elevated atmospheric CO₂ influences the interaction between the parasitic angiosperm *Orobanche minor* and its host *Trifolium repens*. *New Phytologist*, 140(1), 65-73.
14. Hawksworth, F. G., & Dixon, C. S., & Krebill, R. G. (1983). *Peridermium bethelii* – a rust associated with Lodgepole Pine Dwarf Mistletoe. *Plant Diseases*, 67, 729-733.
15. Rigling, A., & Eilmann, Br., & Koechli, R., & Dobbertin, M. (2010). Mistletoe-induced crown degradation in Scots Pine in a xeric environment. *Tree Physiology*, 30, 845-852.
16. Smith, L., & Mathiasen, R., & Hofstetter, R. (2011), Biomass of Witches' Brooms Caused by Douglas-Fir Dwarf Mistletoe in Northern Arizona. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 43(1), pp 40-47.

