



МЕТОДИКА ДОБОРУ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПАРКОВИХ НАСАДЖЕНЬ
В УМОВАХ СКЛАДНОГО РЕЛЬЄФУ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

(НУБіП України)

03041, м. Київ-41, вул. Героїв оборони, 15
тел. (044) 527-81-54

**МЕТОДИКА ДОБОРУ
ДЕРЕВНИХ РОСЛИН
ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПАРКОВИХ НАСАДЖЕНЬ
В УМОВАХ СКЛАДНОГО РЕЛЬЄФУ**

Науково-методичні рекомендації для підприємств
у галузі ландшафтної архітектури, місто- та паркобудування

КИЇВ – 2017

Рекомендації розроблені на основі результатів науково-дослідної роботи «Особливості формування насаджень парків в умовах складного рельєфу м. Києва» (№ держреєстрації 0116U001710). Схвалені вченою радою Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України, протокол № 14 від 31 жовтня 2017 р. і вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України, протокол № 5 від 27 грудня 2017 р.

У рекомендаціях представлено методику добору деревних рослин для формування насаджень в умовах складного рельєфу на основі комплексного оцінювання їх властивостей та математичних методів багатокритеріального аналізу. Розроблена методика є корисною спеціалістам у галузі ландшафтної архітектури, місто- та паркобудування.

Автори розробки:

Кандидат біологічних наук,
доцент кафедри ландшафтної архітектури
та садово-паркового будівництва

І. О. Сидоренко

Завідувач навчально-науково-виробничої
лабораторії сучасних технологій
проекування садово-паркових об'єктів
кафедри ландшафтної архітектури
та садово-паркового будівництва

В. В. Міндер

Рецензенти:

Професор кафедри дендрології
та лісової селекції,
доктор с.-г. наук, професор

С. Б. Ковалевський

Заступник директора з наукової роботи
Національного ботанічного
саду ім. М. М. Гришка НАН України,
кандидат біологічних наук

М. І. Шумик

Для отримання рекомендацій та за додатковою інформацією звертатись на кафедру ландшафтної архітектури та садово-паркового будівництва НУБіП України, тел. (044) 527-82-96.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів	4
Вступ	5
1. Прийоми використання рослин із урахуванням рельєфу	6
2. Основні етапи добору рослин для формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу м. Києва	9
3. Оцінювання основних властивостей рослин	12
3.1. Вибір критеріїв для формування методики добору рослин	12
3.2. Вагові коефіцієнти	15
3.3. Бальні шкали	17
3.4. Оцінка властивостей рослин	20
4. Застосування методів багатокритеріального аналізу	25
4.1. Метод TOPSIS	25
4.2. Метод SAW	30
4.3. Перевірка узгодженості результатів ранжування видів рослин	33
4.4. Застосування методу критеріальних обмежень для кінцевого добору рослин	37
5. Приклад прийому моделювання підсилення рельєфу насадженнями	41
Висновки	45
Список використаних джерел	47
Додаток	50

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- ДБН – державні будівельні норми
- Д1 – дерево I величини – дерево, що досягає висоти більше 20 м
- Д2 – дерево II величини – дерево, що має висоту 10-20 м
- Д3 – дерево III величини (або деревце) – невелике дерево, утворює стовбур і досягає висоти до 7-10 м
- К1 – кущ I величини – високий кущ висотою більше 3 м
- К2 – кущ II величини – середній кущ висотою від 1 до 3 м
- К3 – кущ III величини – низький кущ висотою до 1 м
- TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (метод упорядкування переваг через подібність із ідеальним рішенням)
- SAW – Simple Additive Waiting (метод простого адитивного зважування)

ВСТУП

Різноманітність ландшафтів з їх розсіченим рельєфом і багатством природних умов була та залишається об'єктом інтенсивної урбанізації. Природні ландшафти є основою формування архітектурно-планувальної структури та просторової оптимізації міста, його художньої виразності та неповторності. Рельєф і паркові насадження забезпечують єдність і художню цілісність міського середовища.

Умови складного рельєфу надають широкі можливості для підвищення естетики ландшафту: використання насаджень у формуванні відкритих і закритих просторів для створення перспектив, різноманітних ракурсів і видових точок, виділення домінантних та акцентних композиційних елементів. Досить розчленований характер рельєфу правобережної частини міста Києва призвів до використання непридатних для будівництва ділянок в якості системи озеленених територій загального користування. Нині близько 80 % загальної площі парків Києва містять складні умови рельєфу [15, 16].

Формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу потребує врахування комплексу різнонаправлених факторів. Насадження мають протидіяти ерозійним процесам, забезпечуючи високі естетичні якості ландшафту [14]. Виконання даних умов може бути забезпечене вдалим добором деревних рослин.

Складний процес добору рослин потребує розробки і застосування певних методик, що дозволять його удосконалення. Використання сучасних математичних методів багатокритеріального аналізу може бути корисним при визначенні асортименту рослин актуального для подальшого моделювання різних композиційних прийомів коригування ландшафту.

Розроблені рекомендації можуть бути корисними для фахівців у галузі ландшафтно-архітектури, паркобудування та містобудування.

1. ПРИЙОМИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН ІЗ УРАХУВАННЯМ РЕЛЬЄФУ

Паркова територія, розташована в умовах складного рельєфу, має свої композиційні особливості. Найбільш яскравими компонентами, що обумовлюють зорове враження від ландшафту, являються рельєф і рослинність.

Першоосновою паркового ландшафту є рельєф, що утворює у парках каркас його об'ємно-просторові структури. Зберегти відкритими індивідуальні форми рельєфу чи підкреслити їх за допомогою інших елементів композиції – мета творців живописних ефектів у ландшафті парку [17]. Рельєф надає пейзажу глибину, насиченість світотіннями і різноманітними барвами, створює багатопланові панорами [25].

Рослинність – найважливіший структурний і декоративний матеріал паркового ландшафту. Мета процесу організації паркового ландшафту – моделювання, що пов'язане із безкінечним використанням різноманіття деревних рослин та їх поєднань, на основі яких проектувальник може створити об'ємні просторові елементи і коригувати форми рельєфу та змінювати співвідношення за тоном і ступенем освітлення.

Проаналізувавши ряд літературних джерел [1, 2, 3, 7, 18, 21, 23, 25, 30] щодо можливостей застосування рослинності із врахуванням її зорового впливу на формування обрису рельєфу, було виділено три прийоми моделювання рельєфу – підсилення, нівелювання та повторення. Враховуючи використання різних життєвих форм деревної рослинності, складено дев'ять типових схем застосування рослинності із врахуванням рельєфу (рис. 1.1). Кожна із наведених схем може використовуватись в залежності від поставлених перед паркобудівельником композиційних завдань, які визначатимуть загальний характер зорових вражень від паркової території в цілому.

При недостатньо виразному рельєфі *прийомом підсилення* (рис. 1.1) насадженнями можна створити ілюзію більшого перепаду висот, ніж він є насправді так, що навіть незначний пагорб може здатись великою горою.

Найбільшої виразності можна досягти, застосовуючи на вершині деревні рослини I-II величини (Д1-Д2), у середній частині схилу – деревця (Д3) і високі кущі (К1), а у нижній частині – кущі II-III величини (К2-К3). Менш різкий перепад висот обрису рельєфу надасть використання однієї життєвої форми рослин, наприклад, від Д1 до Д3 або від К1 до К3.

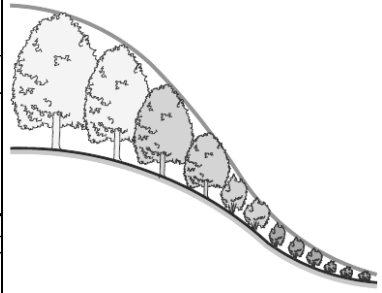
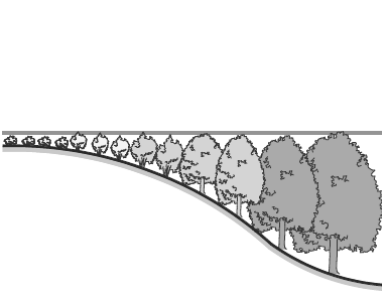
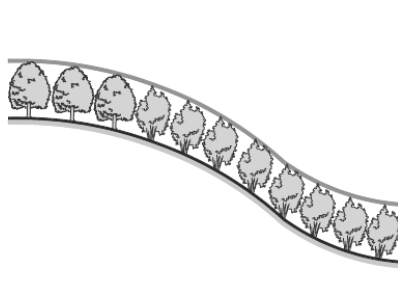

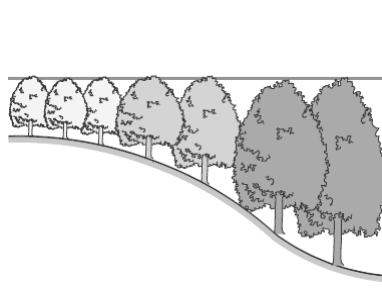

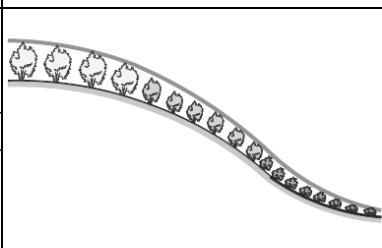

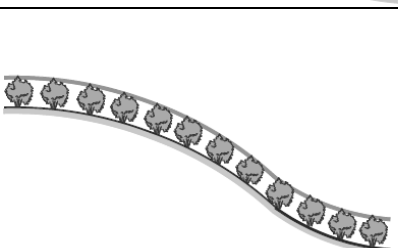
		Прийоми моделювання рельєфу		
		підсилення	нівелювання	повторення
Використання життєвої форми рослин	дерева і кущі			
	дерева			
	кущі			

Рис. 1.1. Прийоми використання рослин із врахуванням рельєфу

Якщо ж необхідно зорозв зменшити висоту пагорба, слід використовувати *прийом нівелювання рельєфу* (рис. 1.1). Для цього його вершину засаджують невисокими кущами (К3) чи деревцями (Д3), а у підшві підвищення – набагато вищі рослини (К1 або Д1). Майже повного візуального вирівнювання рельєфу можна добитись, застосовуючи якомога більшу різницю

у висотах рослин – від низьких кущів (К3-К2) із горизонтальною формою крони до високих дерев (Д1-Д2) із вертикальною формою крони.

Підкреслити існуючі природні якості ландшафту допоможе прийом моделювання *повторення рельєфу* (рис. 1.1). Для забезпечення даного ефекту необхідно добирати рослини подібні за висотою і життєвою формою. У даному випадку крутизна схилу не змінюється, а рослинність впливає на загальну висоту пагорба. При поєднанні дерев і кущів, можливе застосування дерев III величини (Д3) з високими кущами (К1). При доборі рослин для даного прийому слід також пам'ятати про бідніші ґрунтові умови верхньої частини схилу у порівнянні із умовами нижньої частини, внаслідок чого для низу можна добирати трохи нижчі рослини, ніж для вершини.

За допомогою зелених насаджень можна відкоригувати ландшафт парку. Знаючи закони лінійної і повітряної перспективи, паркобудівельник може використовувати їх у бажаному напрямку. Використання різних прийомів моделювання рельєфу насадженнями дозволить ефективніше освоювати особливості паркових територій. Підкреслення невеликих ухилів території можна вигідно використовувати для розкриття перспектив на навколишній ландшафт. Задля запобігання спотворення масштабу і порушення цілісності композиції, небажаний занадто різкий ухил можна знівелювати насадженнями, забезпечуючи при цьому високі екологічний і економічний ефекти.

Отже, використовуючи різні життєві форми рослин, включаючи їх загальний вигляд та висоту, можна забезпечити насадженнями певні прийоми моделювання рельєфу: найбільший ефект *підсилення*: у верхній частині схилу – Д1-Д2, у середині – Д3-К1, у нижній – К2-К3; максимальне *нівелювання*: у верхній частині схилу – К2-К3, у середині – К1-Д3, у нижній – Д1-Д2; *повторення*: найбільш наближені за висотами рослини – К1-Д3 або Д1-Д2 або К2-К3.

2. ОСНОВНІ ЕТАПИ ДОБОРУ РОСЛИН ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПАРКОВИХ НАСАДЖЕНЬ В УМОВАХ СКЛАДНОГО РЕЛЬЄФУ М. КИЄВА

Новітні світові тенденції характеризуються екологічною ландшафтною архітектурою, прагненням створити гармонійне міське середовище в межах природно-ресурсного потенціалу територій. При створенні протиерозійних паркових насаджень в умовах складного рельєфу міського середовища, важливим фактором є одночасний аналіз їх ґрунтоскріплюючих властивостей з композиційними особливостями, враховуючи екологічні умови місцезростання рослин.

На рис. 2.1 представлена схема розробленої методики, яка дає змогу вирішити низку питань, пов'язаних із добором асортименту рослин для формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу м. Києва.

Даний алгоритм складається із десяти етапів. Етапи 1-2 є підготовчими і відносяться до збору вихідних даних. Вони включають попередній добір асортименту рослин для ґрунтово-кліматичних зон Полісся та Лісостепу. Його проводили із 360 видів дерев і кущів рекомендованих для озеленення в даних умовах [12]. З урахуванням їх протиерозійного застосування [6, 8, 9, 26], для подальшого аналізу було відібрано 96, з них деревних – 54 та кущових – 42 види.

Етапами 3-4 передбачалось вибір критеріїв добору рослин та вагових коефіцієнтів експертним шляхом, враховуючи конкретні умови місцезростання (верхня, середня, нижня частини схилу). Етапи 5 і 6 забезпечують переведення отриманої описової інформації у числові значення і побудову матриць «рішень». Основою для цього є розробка шкал бальних оцінок властивостей деревних рослин.

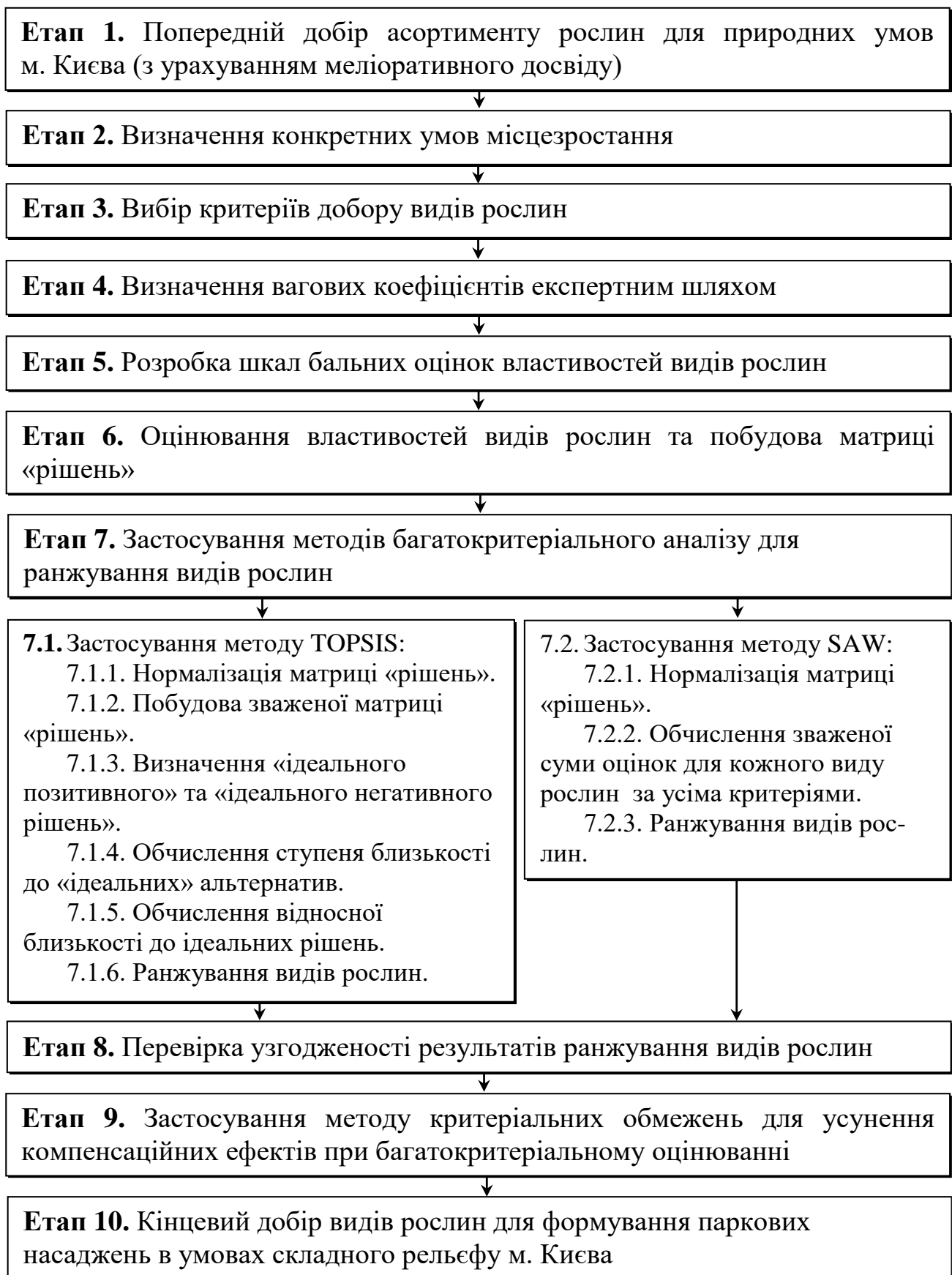


Рис. 2.1. Алгоритм добору асортименту рослин для формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу м. Києва

Ранжування попередньо відібраних видів рослин (етап 7) проводилось двома методами багатокритеріального аналізу: TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – упорядкування переваг через подібність із ідеальним рішенням) і SAW (Simple Additive Waiting – просте адитивне зважування). Етап 8 передбачає проведення перевірки узгодженості отриманих результатів ранжування на основі коефіцієнта рангової кореляції Спірмена. На етапі 9, для усунення компенсаційних ефектів при багатокритеріальному оцінюванні, застосовано метод критеріальних обмежень, що дав змогу сформувати кінцевий пріоритетний набір видів рослин (етап 10) для формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу м. Києва за заданими критеріями добору.

Застосування вище перерахованих етапів дає можливість використання алгоритму добору асортименту деревних рослин для моделювання різних композиційних прийомів щодо зміни обрису рельєфу.

3. ОЦІНЮВАННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИН

При формуванні паркових насаджень в умовах складного рельєфу міста Києва стоїть складне завдання, не знижуючи меліоративну ефективність даних насаджень, підвищити їх естетичну роль, враховуючи екологічні умови місцезростання. Тому оцінці підлягали основні властивості рослин – екологічна, меліоративна та естетична. На етапі оцінювання основних властивостей рослин, для використання їх у композиції паркових насаджень з умовами складного рельєфу, сформовано основні критерії їх добору. Експертним шляхом визначено вагові коефіцієнти, розроблено шкали бальних оцінок та проведено оцінювання властивостей попередньо відібраних деревних рослин.

3.1. Вибір критеріїв для формування методики добору рослин

Вибір критеріїв добору рослин проведено з урахуванням їх властивостей, що є основними для забезпечення ефективного формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу м. Києва. Рослини повинні одночасно забезпечувати скріплювання ґрунтів (протидіяти водній ерозії), відповідати певним екологічним умовам та естетичним вимогам необхідним для створення садово-паркових композицій.

Даний етап методики передбачає формування критеріїв в межах трьох основних властивостей рослин, зокрема: екологічним відповідають відношення до трофності і вологості ґрунту та до світла; меліоративним – будова кореневої системи та коренепаросткова здатність; естетичним – життєва форма і висота, світлота та форма крони. На основі цього побудовано схему ієрархії оцінювання властивостей рослин (рис. 3.1).

Екологічні властивості рослин. Зростання рослин в умовах складного рельєфу залежить від крутизни схилу, експозиції і підстилаючої поверхні.

Верхні частини схилу втрачають значну кількість опадів, з якими відбувається змив поживних речовин, внаслідок чого утворюються сухі та бідні умови місцезростання. У нижніх частинах схилу формуються більш багаті та вологіші ґрунтові умови. Освітленість схилу є найбільшою у верхній частині, а у середній та нижній вона залежить від його експозиції [1, 13, 26].

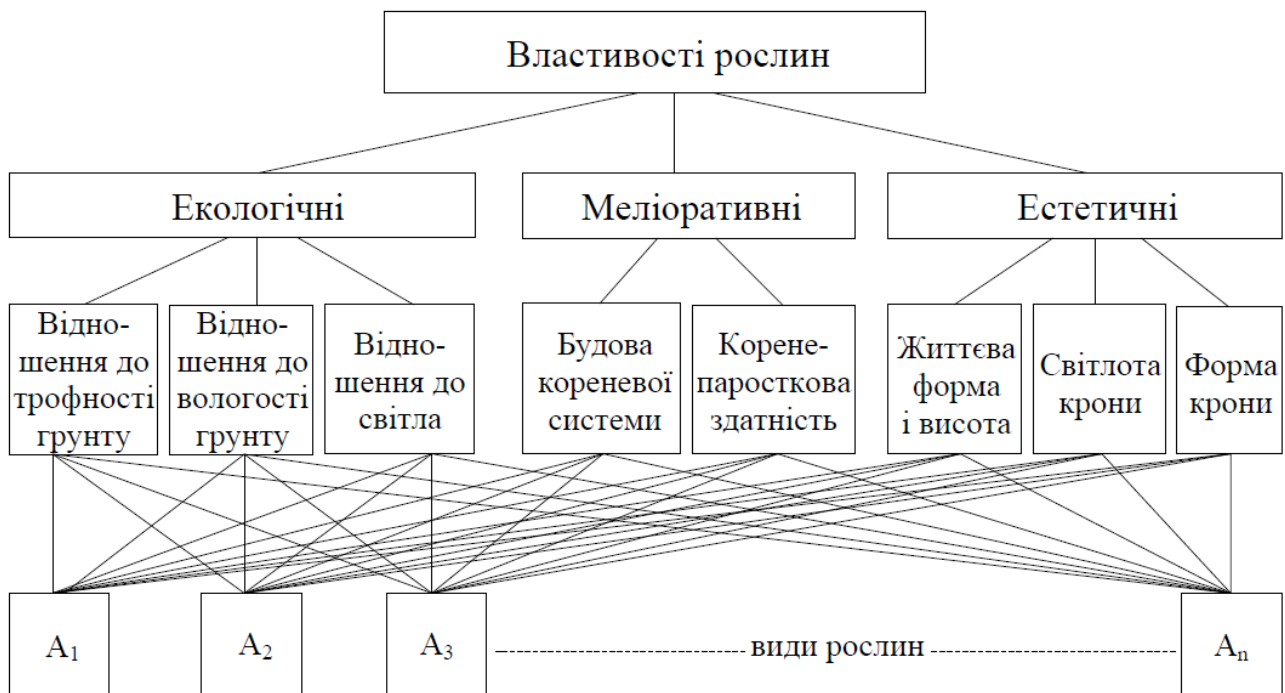


Рис. 3.1. Схема ієрархії оцінювання властивостей рослин

Для формування бальних шкал екологічних властивостей за основу взято загальноприйняті класифікації П. С. Погребняка [19] та Б. Є. Якубенка, С. Ю. Поповича, П. М. Устименка [27].

За вимогливістю рослин до трофності ґрунту розподілено: **мегатрофи** (найбільш вимогливі до ґрунтового живлення); **мегамезотрофи** (вимогливі до багатств ґрунту, але можуть нормально розвиватись і за умов помірного забезпечення); **мезотрофи** (помірно вимогливі до багатства ґрунтового живлення); **олігомезотрофи** (не вимогливі до багатства умов ґрунтового мінерального живлення, але краще розвиваються за умов достатнього помірного забезпечення); **оліготрофи** (мало вимогливі до ґрунтового живлення).

У відношенні рослин до вологості ґрунту виділено: **гігрофіти** (рослини постійно або тимчасово обводнених місцезростань); **мезофіти** (вимагають помірного зволоження); **ксерофіти** (розвиваються в умовах повітряної або ґрунтової сухості). **Мезогігрофіти** та **ксеромезофіти** займають проміжне положення між зазначеними групами рослин.

За відношенням до світла деревні види рослин розподілено [11]: **світлолюбні** (найбільш вимогливі до освітлення, не витримують нетривале затінення); **тіньовитривалі** (найменш вимогливі до інтенсивності освітлення); **напівтіньовитривалі** (займають проміжне положення).

Меліоративні властивості рослин. Особливо важливим критерієм при доборі рослин для закріплення ділянок із складним рельєфом є будова кореневих систем деревних видів рослин. Нормативними документами ДБН В.1.1-24:2009 [4] та ДБН В.1.1-3-97 [5] для протиерозійних заходів рекомендується добирати дерева з глибокою стрижневою кореневою системою у поєднанні з деревами із поверхневою кореневою системою.

За будовою кореневих систем деревні рослини [19] розподілено: **глибинні, перехідні та поверхневі**. Також велике значення для закріплення схилів, особливо середньої їх частини, має використання рослин, які формують кореневу систему з великою кількістю паростків, так званою **коренепаростковою здатністю**.

Естетичні властивості рослин. При доборі рослин для формування паркових насаджень на складному рельєфі важливим є одночасний аналіз їх ґрунтоскріплюючих властивостей з декоративними якостями – життєвою формою і висотою, світлотою і формою крони.

Для забезпечення прийомів моделювання рельєфу важливим є врахування життєвої форми і висоти рослини. За висотою дерева розподілені на три групи: **Д1** – дерево I величини, що досягає висоти більше 20 м; **Д2** – дерево II величини висотою 10-20 м; **Д3** – дерево III величини, що сягає висоти до 7-10 м. Кущова група рослин розподілена також на три групи: **К1** – високий кущ

висотою більше 3 м; **К2** – середній кущ висотою від 1 до 3 м; **К3** – низький кущ висотою до 1 м [12].

Для здійснення оцінки естетичних властивостей за світлотою і формою крони рослин, в основу покладено класифікації М. І. Черкасова [24, 25], О. І. Колеснікова [11] та Л. І. Рубцова [21].

Світлоту крони деревних рослин визначали за трьома градаціями: **світла** – світло-зелене, сріблясте, золотисто-жовте, блакитне та сіро-зелене забарвлення листя; **нейтральна** – зелене забарвлення листя; **темна** – темно-зелене та пурпурове забарвлення листя.

Усе різноманіття форм крон деревних рослин зведено до трьох груп, які візуально можуть впливати на формування обрису рельєфу: **вертикальна** – висота рослини у 1,5 і більше рази перевищує діаметр крони (конічна, пірамідальна, колоновидна, видовженоовальна); **збалансована** – висота рослини і діаметр крони майже рівні (куляста, овальна, широкоовальна); **горизонтальна** – висота рослини менша половини діаметра крони (зонтична, ширококорозлога, сланка).

Враховуючи основні вибрані екологічні, меліоративні та естетичні властивості рослин та сформувавши по кожній з них перелік критеріїв, зібрано необхідні вихідні дані для 96 видів попередньо відібраних рослин, що наведено у додатку. Проведений аналіз вихідних даних деревних видів рослин свідчить про репрезентативність за кожною з обраних категорій, необхідних для проведення наступного етапу надання вагових коефіцієнтів критеріям оцінювання властивостей рослин для різних заданих умов.

3.2. Вагові коефіцієнти

Наступний етап методики передбачає визначення експертним шляхом вагових коефіцієнтів узагальненої групи властивостей рослин, а потім – кожного з критеріїв виділених груп.

Специфікою даних досліджень є зміна вихідних умов при доборі рослин для конкретної ситуації (верхня, середня та нижня частини схилу), тому вагові коефіцієнти та шкали бальних оцінок властивостей рослин є змінними для кожного окремого випадку.

Першим кроком для кожної узагальненої групи властивостей рослин визначено вагові коефіцієнти. Оскільки верхня і нижня частини схилу є досить виразними за екологічними умовами місцезростання, тому тут екологічним властивостям рослин надано коефіцієнт 0,5. Меліоративні властивості отримали коефіцієнт 0,2, а естетичні – 0,3 (табл. 3.1). Для середньої частини схилу найбільш вагомими є меліоративні властивості рослин, тому вони складають коефіцієнт 0,5. Екологічні властивості рослин мають коефіцієнт 0,3, а естетичні – 0,2 (табл. 3.2).

Таблиця 3.1

Розрахунок вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання видів рослин для верхньої і нижньої частин схилу

Екологічні властивості рослини			Меліоративні властивості рослини		Естетичні властивості рослини		
0,5			0,2		0,3		
Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Корене-паросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
0,4	0,4	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,4
$w_1 = 0,2$	$w_2 = 0,2$	$w_3 = 0,1$	$w_4 = 0,08$	$w_5 = 0,12$	$w_6 = 0,06$	$w_7 = 0,12$	$w_8 = 0,12$

Таблиця 3. 2

Розрахунок вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання видів рослин для середньої частини схилу

Екологічні властивості рослини			Меліоративні властивості рослини		Естетичні властивості рослини		
0,3			0,5		0,2		
Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Корене-паросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
0,4	0,4	0,2	0,4	0,6	0,5	0,2	0,3
$w_1 = 0,12$	$w_2 = 0,12$	$w_3 = 0,06$	$w_4 = 0,2$	$w_5 = 0,3$	$w_6 = 0,1$	$w_7 = 0,04$	$w_8 = 0,06$

У межах обраної узагальненої групи властивостей рослин експериментальним шляхом встановлено вагові коефіцієнти критеріїв, що дало змогу розрахувати інтегральні значення вагових коефіцієнтів кожного критерію оцінювання видів рослин $w_{1,2,\dots,8}$, сумарне значення яких складає 1,0.

3.3. Бальні шкали

Для оцінки властивостей деревних рослин використано 5-тибальну шкалу [22]: 5 – оптимальне виконання умови; 3 – допустиме виконання умови; 1 – незадовільне виконання умови; 0 – властивість не виконує задану умову; 2 та 4 – проміжні значення.

У даних рекомендаціях розглянуто добір деревних рослин на прикладі прийому моделювання максимального ефекту *підсилення рельєфу* насадженнями (рис. 1.1). Для верхньої частини схилу оптимальними є рослини за екологічними властивостями – невимогливі до родючості (оліготрофи) та вологості (ксерофіти) ґрунту, світлолюбні; за меліоративними властивостями – із глибинною кореневою системою, що має коренепаросткову здатність. Для забезпечення максимального ефекту підвищення рельєфу необхідні дерева I і II величини вертикальної форми (пірамідальні, конусовидні, видовженоокулярні) із світлою кроною. Тому шкала бальної оцінки властивостей рослин матиме вигляд (табл. 3.3).

Для середньої частини схилу оптимальними є рослини за екологічними властивостями – із середньою вимогливістю до родючості (мезотрофи) та вологості (мезофіти) ґрунту, напівтіньовитривалі; за меліоративними властивостями – із перехідною кореневою системою, що має коренепаросткову здатність; за естетичними властивостями – дерева III та кущі I величини із нейтральною за світлотою та збалансованою за формою кроною. Шкала бальної оцінки властивостей рослин наведена у табл. 3.4.

Таблиця 3.3

**Шкала бальної оцінки властивостей рослин
для верхньої частини схилу**

Властивості рослини	Бальна оцінка				
Екологічні					
Відношення до трофності ґрунту	5- оліготроф	4-оліго-мезотроф	3- мезотроф	2-мезо-мегатроф	1-мегатроф
Відношення до вологості ґрунту	5 - ксерофіт	4-ксеро-мезофіт	3 - мезофіт	2-мезо-гігрофіт	1- гігрофіт
Відношення до світла	5- світло-любна	4 – напівтіньовитривала	3- тіньовитривала		
Меліоративні					
Будова кореневої системи	5 - глибинна	4 - перехідна	3 - поверхнева		
Коренепаросткова здатність	5 - наявна	4 - відсутня			
Естетичні					
Життєва форма і висота	5 - Д1	4 - Д1-Д2	3 - Д2		
Світлота крони	5 - світла		3 - нейтральна		0 - темна
Форма крони	5 – вертикальна		3 – збалансована		1 – горизонтальна

Таблиця 3.4

**Шкала бальної оцінки властивостей рослин
для середньої частини схилу**

Властивості рослини	Бальна оцінка				
Екологічні					
Відношення до трофності ґрунту	5- мезотроф	4-оліго-мезотроф, мезомегатроф	3- оліготроф		1-мегатроф
Відношення до вологості ґрунту	5 - мезофіт	4-ксеро-мезофіт, мезогігрофіт	3 - ксерофіт		1 - гігрофіт
Відношення до світла	5- напівтіньовитривала	4 - тіньовитривала	3 – світлолюбна		
Меліоративні					
Будова кореневої системи	5 - перехідна	4 - поверхнева	3 - глибинна		
Коренепаросткова здатність	5 - наявна				0 - відсутня
Естетичні					
Життєва форма і висота	5 – Д3	4 – Д3-К1	3 – К1		
Світлота крони	5 - нейтральна		3 - світла		1 - темна
Форма крони	5 – збалансована		3 – вертикальна		1 – горизонтальна

Нижня частина схилу характеризується накопиченням родючих елементів та вологості у ґрунті, тому оптимальними тут є мегатрофи та гігрофіти із поверхневою кореневою системою. Дана частина схилу в основному є затіненою, отже необхідним є використання тіньовитривалих рослин. Для виконання умови заданого композиційного ефекту за естетичними властивостями слід добирати кущі II та III величини із темною кроною та горизонтальною формою. Шкала бальної оцінки властивостей рослин представлена у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

**Шкала бальної оцінки властивостей рослин
для нижньої частини схилу**

Властивості рослини	Бальна оцінка				
Екологічні					
Відношення до трофності ґрунту	5- мегатроф	4- мезо-мегатроф	3- мезотроф	2- оліго-мезотроф	1- оліго-троф
Відношення до вологості ґрунту	5 - гігрофіт	4- мезо-гігрофіт	3 - мезофіт	2- ксероз-мезофіт	1 – ксеро-фіт
Відношення до світла	5- тіньо-витривала		3 – напів-тіньовитривала		0 - світло-любна
Меліоративні					
Будова кореневої системи	5 - поверхнева		3 - перехідна		0 - глибинна
Коренепаросткова здатність	5 - відсутня		3 - наявна		
Естетичні					
Життєва форма і висота	5 – К3	4 – К3-К2	3 – К2		
Світлота крони	5 - темна		3 - нейтральна		1 - світла
Форма крони	5 – горизонтальна		3 – збалансована		0 – вертикальна

Розроблені бальні шкали дозволяють провести наступну оцінку властивостей рослин для формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу міста Києва.

3.4. Оцінка властивостей рослин

На основі експертних міркувань проведено оцінювання кожного з видів рослин за кожним з визначених критеріїв. Результатом цієї процедури є матриця «рішень»

$$X = \| x_{ij} \|_{m \times n},$$

де x_{ij} – оцінка i -ого виду рослини за j -м критерієм, n – кількість видів рослин, m – кількість критеріїв оцінювання.

Виконуючи умову необхідності для моделювання прийому підсилення рельєфу, для верхньої частини схилу відібрано 34 види дерев I і II величини та проведено оцінку їх властивостей (табл. 3.6) за заданою бальною шкалою (табл. 3.3).

Таблиця 3.6

Оцінки властивостей рослин для верхньої частини схилу

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
1	Айлант найвищий	5	5	5	4	5	5	5	3
2	Береза повисла	1	2	5	4	5	5	5	3
3	Бук лісовий	1	3	3	4	4	5	0	3
4	Верба біла	1	2	5	4	5	5	5	3
5	Вишня звичайна	4	3	5	3	5	3	0	3
6	Вільха сіра	3	1	4	4	5	3	0	5
7	Вільха чорна	1	1	4	3	4	5	0	5
8	В'яз гірський	1	3	3	5	4	5	0	3
9	В'яз гладенький	1	3	3	5	5	5	0	3
10	В'яз граболистий	2	4	4	3	5	5	0	5
11	Гледичія звичайна	5	4	5	4	5	5	5	3
12	Горіх волоський	1	2	5	4	4	5	3	3
13	Горобина звичайна	3	4	4	3	5	3	3	3
14	Горобина лікувальна	3	4	3	5	5	3	3	5

№ ПІІ	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трюфності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
15	Граб звичайний	2	4	3	4	5	5	0	3
16	Груша звичайна	3	4	3	5	4	3	0	5
17	Дуб звичайний	3	4	5	5	4	5	0	3
18	Клен гостролистий	3	4	3	4	4	5	3	3
19	Клен польовий	1	3	3	3	5	4	3	3
20	Клен ясенелистий	4	4	5	3	5	4	5	3
21	Липа серцелиста	2	2	3	4	5	5	0	3
22	Липа широколиста	3	3	3	4	5	5	3	5
23	Модрина сибірська	5	5	5	5	4	5	5	5
24	Робінія псевдоакація	4	5	5	4	5	5	5	3
25	Сосна звичайна	4	4	5	4	4	5	3	3
26	Тополя бальзамічна	3	3	5	3	4	5	3	5
27	Тополя біла	3	2	5	3	5	5	3	3
28	Тополя італійська	1	2	5	4	5	5	0	5
29	Тополя тремтяча	3	2	5	4	5	5	5	5
30	Тополя чорна	1	2	5	3	5	5	0	3
31	Черемха звичайна	3	2	3	3	5	3	0	3
32	Яблуня рясноквітуча	3	4	5	5	4	3	5	3
33	Ялина звичайна	3	3	3	3	4	5	0	5
34	Ясен звичайний	1	4	5	3	4	5	3	3

Для забезпечення обраного прийому моделювання у середній частині схилу оцінку проводимо із 96 попередньо відібраних деревних рослин для 32 (табл. 3.7), що мають життєву форму ДЗ-К1, за розробленою бальною шкалою (табл. 3.4).

Оцінюванню для умов нижньої частини схилу підлягало 30 видів середніх і низьких кущів (табл. 3.8) за попередньо розробленою шкалою оцінок (табл. 3.5).

Таблиця 3.7

Оцінки властивостей рослин для середньої частини схилу

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
1	Абрикос звичайний	3	3	3	3	0	5	5	5
2	Айва довгаста	3	4	3	4	5	5	1	3
3	Аморфа кушова	4	5	3	3	5	3	3	5
4	Бирючина звичайна	4	4	4	4	5	3	1	5
5	Бруслина європейська	5	5	4	4	5	4	5	5
6	Бузина червона	5	5	4	4	0	3	5	5
7	Бузина чорна	4	4	4	4	0	4	5	5
8	Бузок звичайний	4	4	3	4	5	3	5	5
9	Верба гостролиста	3	3	3	5	5	5	5	5
10	Верба попеляста	5	1	3	4	0	3	3	5
11	Верба пурпурова	4	4	3	5	5	3	3	5
12	Глід кров'яно-червоний	5	5	5	4	5	4	1	3
13	Глід одноматичковий	5	5	3	4	5	5	5	5
14	Глід перистонадрізаний	5	5	3	4	5	5	1	5
15	Глід східний	3	3	3	4	5	4	5	5
16	Жимолость татарська	4	4	5	4	5	3	1	3
17	Ірга канадська	4	3	5	4	5	4	3	5
18	Калина звичайна	1	4	4	4	5	3	5	5
19	Карагана деревоподібна	3	4	5	4	5	3	5	5
20	Кизил звичайний	3	3	3	4	5	4	5	5
21	Клен татарський	5	4	4	4	5	5	5	5
22	Крушина ламка	4	4	4	3	5	4	3	5
23	Ліщина звичайна	1	5	4	4	5	4	1	5
24	Маслинка вузьколиста	3	4	3	5	0	4	3	5
25	Обліпіха крушиноподібна	3	4	3	4	5	4	3	5

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трюфності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
26	Свидина криваво-червона	5	5	4	4	5	3	5	5
27	Скумпія звичайна	3	3	3	4	0	3	1	1
28	Слива колюча	3	4	3	3	5	4	1	5
29	Слива розлога	3	3	3	4	5	5	1	3
30	Яблуня лісова	5	4	4	5	0	5	5	1
31	Яблуня ягідна	4	4	3	4	0	5	5	5
32	Ялівець звичайний	3	3	3	4	5	3	1	3

Таблиця 3.8

Оцінки властивостей рослин для нижньої частини схилу

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трюфності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
1	Барбарис звичайний	3	3	3	5	5	3	5	3
2	Бруслина бородавчаста	3	3	5	5	5	3	3	3
3	Верба розмаринолиста	2	4	0	5	3	3	1	3
4	Вишня кушова	3	2	0	5	5	3	5	3
5	Вишня повстиста	3	3	0	5	3	3	3	5
6	Глід східний	1	1	0	5	5	3	1	5
7	Горобинник горобинолистий	2	3	3	5	5	3	1	3
8	Дейція шорстка	3	3	0	3	3	3	5	0
9	Дереза звичайна	1	1	0	5	5	4	3	5
10	Жимолость альпійська	2	2	5	5	5	5	5	3
11	Жимолость звичайна	3	3	5	5	5	3	3	3
12	Ірга круглолиста	2	1	3	3	5	3	5	3

Продовження табл. 3.8

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
13	Карагана куцова	1	1	3	5	5	3	1	0
14	Кизильник блискучий	5	2	3	0	5	3	5	0
15	Кизильник горизонтальний	5	3	3	3	5	5	5	5
16	Кизильник притиснутий	5	3	0	5	5	5	5	5
17	Малина запашна	4	4	0	5	5	4	3	5
18	Ожина сиза	3	3	3	5	5	4	5	5
19	Пухироплідник калинолистий	3	1	0	5	5	3	1	5
20	Свидина біла	3	3	5	5	5	3	5	3
21	Смородина альпійська	3	3	5	3	3	3	5	3
22	Смородина золотиста	2	3	3	5	3	3	1	0
23	Сніжноягідник білий	3	3	5	5	5	3	5	3
24	Сосна гірська	1	5	0	5	3	4	3	5
25	Таволга середня	2	2	3	5	5	3	1	3
26	Хеномелес японський	3	3	0	5	5	5	5	5
27	Шипшина колюча	3	3	0	5	5	3	5	3
28	Шипшина зморшкувата	1	3	0	3	5	3	5	5
30	Ялівець козацький	1	1	0	3	5	4	5	5

Наведені оцінки основних властивостей рослин за обраними критеріями необхідні для наступного етапу застосування математичних методів багатокритеріального аналізу TOPSIS і SAW.

4. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

У даній методиці для оцінювання якісних властивостей рослин пропонується підхід, що базується на використанні методів багатокритеріального аналізу TOPSIS і SAW, які є одними із широкозастосовуваних для розв'язання багатокритеріальних задач. Перевірку узгодженості отриманих результатів ранжування проведено на основі коефіцієнта рангової кореляції Спірмена. Для усунення компенсаційних ефектів при багатокритеріальному оцінюванні застосовано метод критеріальних обмежень.

4.1. Метод TOPSIS

Застосування методу TOPSIS [28] полягало у проведенні наступних кроків:

1. Нормалізація матриці «рішень» з використанням наступного перетворення:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}, \quad (4.1)$$

де x_{ij} – оцінка i -ої виду рослин за j -м критерієм, n – кількість видів рослин (набуває різних значень залежно від конкретних умов місцезростання: для верхньої частини схилу $n = 34$, для середньої – $n = 32$, для нижньої – $n = 30$), m – кількість критеріїв оцінювання ($m = 8$).

2. Побудова зваженої матриці «рішень» $U = \|u_{ij}\|_{n \times 8}$. Тут до нормалізованої матриці «рішень» $D = \|r_{ij}\|_{n \times 8}$ застосовуються задані ваги

$(w_1, w_2, \dots, w_8): \sum_{j=1}^8 w_j = 1$. Матрицю $U = \|u_{ij}\|_{n \times 8}$ одержують шляхом множення

кожного стовпця нормалізованої матриці «рішень» на відповідний ваговий коефіцієнт $w_j: u_{ij} = w_j \times r_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 8)$.

3. Визначення «ідеального позитивного» та «ідеального негативного рішень».

Визначимо дві штучні альтернативи \tilde{N}^+ і \tilde{N}^- таким чином:

$$C^+ = \{ \max_i u_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \} = \{u_1^+, u_2^+, \dots, u_m^+\} \quad (4.2)$$

$$C^- = \{ \min_i u_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \} = \{u_1^-, u_2^-, \dots, u_m^-\} \quad (4.3)$$

4. Обчислення ступеня близькості до «ідеальних» альтернатив кожного з визначених видів рослин.

Відстань може бути обчислена за допомогою формул, що визначають n -мірну евклідову відстань. Так, відстань між i -м видом рослин та ідеальною позитивною альтернативою обчислюється за формулою:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^8 (u_{ij} - u_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (4.4)$$

Аналогічно, відстань до ідеального негативного рішення:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^8 (u_{ij} - u_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (4.5)$$

5. Обчислення відносної близькості до ідеальних альтернатив.

Відносна близькість R_i визначається як $R_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$, $0 < R_i < 1$,

$i = 1, 2, \dots, n$, причому зрозуміло, що чим більше значення R , тим «більш пріоритетною» є альтернатива. Результати розрахунків S_i^+ , S_i^- та R_i видів рослин для верхньої, середньої і нижньої частин схилу наведені в табл. 4.1-4.3.

**Розраховані значення S^+ , S^- , R та ранги видів рослин
для верхньої частини схилу**

Вид рослини	S^+	S^-	R	Ранг
Модрина сибірська	0,004432	0,072801	0,9426	1
Айлант найвищий	0,011478	0,071857	0,8623	2
Гледичія звичайна	0,015359	0,066591	0,8126	3
Робінія псевдоакація	0,016480	0,064687	0,7970	4
Клен ясенелистий	0,020432	0,058550	0,7413	5
Сосна звичайна	0,024047	0,052002	0,6838	6
Яблуня рясноквітуча	0,028684	0,052470	0,6465	7
Горобина лікувальна	0,030509	0,045787	0,6001	8
Горобина звичайна	0,032419	0,044092	0,5763	9
Клен гостролистий	0,032591	0,044052	0,5748	10
Тополя тремтяча	0,038848	0,045190	0,5377	11
Тополя бальзамічна	0,035037	0,039892	0,5324	12
Липа широколиста	0,035150	0,039483	0,5290	13
Вишня звичайна	0,043449	0,041945	0,4912	14
Груша звичайна	0,043708	0,040809	0,4828	15
Дуб звичайний	0,044109	0,040376	0,4779	16
Тополя біла	0,042991	0,034336	0,4440	17
Ясен звичайний	0,052085	0,037858	0,4209	18
Клен польовий	0,052560	0,037062	0,4135	19
Ялина звичайна	0,047454	0,033401	0,4131	20
В'яз граболистий	0,050703	0,035392	0,4111	21
Вільха сіра	0,054751	0,037765	0,4082	22
Граб звичайний	0,051979	0,033604	0,3926	23
Береза повисла	0,057507	0,036922	0,3910	24,5
Верба біла	0,057507	0,036922	0,3910	24,5
Черемха звичайна	0,053782	0,026139	0,3271	26
Горіх волоський	0,059241	0,024741	0,2946	27
В'яз гладенький	0,063096	0,022478	0,2627	28
В'яз гірський	0,063251	0,022037	0,2584	29
Бук лісовий	0,063348	0,021187	0,2506	30
Липа серцелиста	0,059457	0,017202	0,2244	31
Тополя італійська	0,065805	0,018435	0,2188	32
Тополя чорна	0,066982	0,014426	0,1772	33
Вільха чорна	0,071638	0,012473	0,1483	34

**Розраховані значення S^+ , S^- , R та ранги видів рослин
для середньої частини схилу**

Вид рослини	S^+	S^-	R	Ранг
Бруслина європейська	0,010252	0,08431	0,8916	1
Глід одноматичковий	0,010538	0,085001	0,8897	2
Клен татарський	0,010655	0,083859	0,8873	3
Свидина криваво-червона	0,012808	0,083490	0,8670	4
Глід перистонадрізаний	0,012969	0,084496	0,8669	5
Глід кров'яно-червоний	0,013234	0,083747	0,8635	6
Верба пурпурова	0,013606	0,083803	0,8603	7
Верба гостролиста	0,016330	0,083591	0,8366	8
Бузок звичайний	0,015741	0,079923	0,8355	9
Ірга канадська	0,015912	0,080051	0,8342	10
Бирючина звичайна	0,016713	0,079760	0,8268	11
Жимолость татарська	0,017094	0,079704	0,8234	12
Обліпіха крушиноподібна	0,017126	0,079105	0,8220	13
Карагана деревоподібна	0,017431	0,079459	0,8201	14
Айва довгаста	0,018383	0,079500	0,8122	15
Глід східний	0,019058	0,078220	0,8041	16,5
Кизил звичайний	0,019058	0,078220	0,8041	16,5
Крушина ламка	0,020206	0,077391	0,7930	18
Слива розлога	0,020546	0,078254	0,7920	19
Аморфа кушова	0,021558	0,077748	0,7829	20
Ялівець звичайний	0,022377	0,076219	0,7730	21
Слива колюча	0,023810	0,075436	0,7601	22
Ліщина звичайна	0,025362	0,079378	0,7579	23
Калина звичайна	0,025944	0,077437	0,7490	24
Яблуня лісова	0,062228	0,062017	0,4991	25
Бузина червона	0,062562	0,056750	0,4756	25
Маслинка вузьколиста	0,062979	0,056568	0,4732	26
Яблуня ягідна	0,062603	0,054333	0,4646	27
Бузина чорна	0,062556	0,053244	0,4598	29
Верба попеляста	0,066355	0,049296	0,4262	30
Скумпія звичайна	0,065689	0,044905	0,4060	31
Абрикос звичайний	0,065760	0,044796	0,4052	32

**Розраховані значення S^+ , S^- , R та ранги видів рослин
для нижньої частини схилу**

Вид рослини	S^+	S^-	R	Ранг
Кизильник горизонтальний	0,030465	0,094831	0,7569	1
Малина запашна	0,038948	0,0886	0,6946	2
Кизильник притиснутий	0,042386	0,093628	0,6884	3
Ожина сиза	0,040223	0,077001	0,6569	4
Бруслина бородавчата	0,041243	0,076823	0,6507	6,5
Жимолость звичайна	0,041243	0,076823	0,6507	6,5
Свидина біла	0,041243	0,076823	0,6507	6,5
Сніжноягідник білий	0,041243	0,076823	0,6507	6,5
Смородина альпійська	0,042801	0,073334	0,6315	9
Барбарис звичайний	0,043291	0,072174	0,6251	10
Хеномелес японський	0,049659	0,078028	0,6111	11
Кизильник блискучий	0,052314	0,081085	0,6078	12
Шипшина колюча	0,052756	0,069423	0,5682	13
Сосна гірська	0,062763	0,081151	0,5639	14
Вишня повстиста	0,053179	0,06812	0,5616	15
Жимолость альпійська	0,056451	0,071747	0,5597	16
Горобинник горобинолистий	0,053124	0,06485	0,5497	17
Верба розмаринолиста	0,057322	0,068591	0,5448	18
Дейція шорстка	0,057437	0,06427	0,5281	19
Смородина золотиста	0,057422	0,060658	0,5137	20
Вишня кущова	0,06063	0,062663	0,5082	21
Таволга середня	0,060951	0,057556	0,4857	22
Шипшина зморшкувата	0,068985	0,060092	0,4655	23
Пухироплідник калинолистий	0,070455	0,059307	0,4570	24
Ірга круглолиста	0,069961	0,052735	0,4298	25
Дереза звичайна	0,08189	0,051584	0,3865	26
Ялівець козацький	0,081969	0,051081	0,3839	27
Карагана кущова	0,080755	0,045934	0,3626	28
Глід східний	0,0835	0,046674	0,3585	29
Ялівець горизонтальний	0,083375	0,044543	0,3482	30

6. Ранжування альтернатив здійснено за рівнем відносної близькості до ідеальних альтернатив (табл. 4.1-4.3).

4.2. Метод SAW

Застосування методу SAW [29] передбачає наступні кроки:

1. Нормалізація матриці «рішень» за наступною формулою:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_k x_{kj}}, \quad (4.6)$$

де x_{ij} – оцінка i -ої виду рослин за j -м критерієм (n – кількість видів рослин, m – кількість критеріїв оцінювання). Оскільки оцінювання кожного виду рослин за кожним критерієм здійснено за 5-ти бальною шкалою, можна не нормалізувати матрицю «рішень», а відразу переходити до наступного кроку.

2. Обчислення зваженої суми оцінок для кожного виду рослин за усіма

критеріями $S_i = \sum_{j=1}^8 w_j \cdot r_{ij}$. Результати розрахунків наведені у табл. 4.4-4.6.

3. Ранжування видів рослин та вибір груп пріоритетних видів на основі розрахованих значень пріоритетності (табл. 4.4-4.6).

Таблиця 4.4

Розраховані на основі методу SAW оцінки пріоритетності та відповідні ранги видів рослин для верхньої частини схилу

Вид рослини	Оцінка пріоритетності	Ранг
Модрина сибірська	4,88	1
Гледичія звичайна	4,48	2,5
Робінія псевдоакація	4,48	2,5
Айлант найвищий	4,68	4
Клен ясенелистий	4,14	5
Сосна звичайна	3,92	7
Тополя тремтяча	3,92	7
Яблуня рясоквітуча	3,92	7
Горобина лікувальна	3,84	9
Липа широколиста	3,68	10,5
Тополя бальзамічна	3,68	10,5
Горобина звичайна	3,54	12
Клен гостролистий	3,52	13
Дуб звичайний	3,44	14
Груша звичайна	3,36	15,5

Продовження табл. 4.4

Вид рослини	Оцінка пріоритетності	Ранг
Тополя біла	3,36	15,5
В'яз граболистий	3,34	17
Береза повисла	3,28	19
Верба біла	3,28	19
Вишня звичайна	3,28	19
Ясен звичайний	3,24	21
Ялина звичайна	3,12	22
Вільха сіра	3,10	23,5
Клен польовий	3,10	23,5
Граб звичайний	3,08	25
Горіх волоський	2,92	26,5
Тополя італійська	2,92	26,5
В'яз гладенький	2,76	28
Липа серцелиста	2,68	29,5
Черемха звичайна	2,68	29,5
В'яз гірський	2,64	31
Тополя чорна	2,60	32
Бук лісовий	2,56	33
Вільха чорна	2,42	34

Таблиця 4.5

**Розраховані на основі методу SAW оцінки пріоритетності
та відповідні ранги видів рослин для середньої частини схилу**

Вид рослини	Оцінка пріоритетності	Ранг
Глід одноматичковий	4,68	1
Бруслина європейська	4,64	2
Клен татарський	4,62	3
Свидина криваво-червона	4,54	4
Глід перистонадрізаний	4,52	5
Глід кров'яно-червоний	4,42	6
Верба гостролиста (шелюга)	4,40	7
Верба пурпурова	4,36	8
Ірга канадська	4,26	9
Бузок звичайний	4,24	10,5
Карагана деревоподібна	4,24	10,5
Бирючина звичайна	4,14	12,5
Обліпіха крушиноподібна	4,14	12,5
Крушина ламка	4,12	14
Глід східний	4,10	15,5
Аморфа кущова	4,08	17,5
Жимолость татарська	4,08	17,5

Продовження табл. 4.5

Вид рослини	Оцінка пріоритетності	Ранг
Айва довгаста	4,04	19
Ліщина звичайна	4,00	20
Калина звичайна	3,94	21
Слива розлога	3,92	22
Слива колюча	3,86	23
Ялівець звичайний	3,72	24
Яблуня лісова	3,08	25
Бузина червона	3,04	25
Яблуня ягідна	2,94	26
Бузина чорна	2,90	27
Маслинка вузьколиста	2,84	29
Абрикос звичайний	2,50	30
Верба попеляста	2,42	31
Скумпія звичайна	2,10	32

Таблиця 4.6

**Розраховані на основі методу SAW оцінки пріоритетності
та відповідні ранги видів рослин для нижньої частини схилу**

Вид рослини	Оцінка пріоритетності	Ранг
Кизильник горизонтальний	4,24	1
Кизильник притиснутий	4,1	2
Ожина сиза	3,85	3
Малина запашна	3,83	4
Бруслина бородавчаста	3,72	6,5
Свидина біла	3,72	6,5
Сніжноягідник білий	3,72	6,5
Жимолость звичайна	3,72	6,5
Хеномелес японський	3,7	9
Жимолость альпійська	3,62	10
Барбарис звичайний	3,52	11
Смородина альпійська	3,32	12
Шипшина колюча	3,22	13
Сосна гірська	3,19	14
Горобинник горобинолистий	3,08	15
Кизильник блискучий	3,05	16
Вишня повстиста	3,04	17
Вишня кущова	3,02	18
Таволга середня	2,88	19
Шипшина зморшкувата	2,84	20
Ірга круглолиста	2,76	21,5
Пухироплідник калинолистий	2,76	21,5

Вид рослини	Оцінка пріоритетності	Ранг
Верба розмаринолиста	2,74	23
Дерева звичайна	2,63	24
Ялівець козацький	2,59	25
Смородина золотиста	2,57	26
Дейція шорстка	2,55	27
Глід східний	2,36	28,5
Ялівець горизонтальний	2,36	28,5
Карагана кущова	2,21	30

Отримані ранги кожного виду рослин двома методами багатокритеріального аналізу дають можливість формування пріоритетного переліку видів рослин для заданих конкретних умов. Для прийому моделювання *підсилення рельєфу* найвищі ранги отримали: для верхньої частини схилу – модрина сибірська (*Larix sibirica* Ldb.), гледичія звичайна (*Gleditschia triacanthos* L.), робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.), айлант найвищий (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.); для середньої частини схилу – глід одноматичковий (*Crataegus monogyna* Jacq.), бруслина європейська (*Euonymus europaea* L.), клен татарський (*Acer tataricum* L.), свидина криваво-червона (*Swida sanguinea* L.), глід перистонадрізаний (*Crataegus pinnatifida* Vge); для нижньої частини схилу – кизильник притиснутий (*Cotoneaster adpressus* Bois.), кизильник горизонтальний (*Cotoneaster horizontalis* Don.), ожина сиза (*Rubus caesius* L.), малина запашна (*Rubus odoratus* L.), бруслина бородавчаста (*Euonymus verrucosa* Scop.).

4.3. Перевірка узгодженості результатів ранжування видів рослин

Для аналізу достовірності результатів ранжування видів рослин методами багатокритеріального аналізу TOPSIS і SAW використано перевірку їх узгодженості на основі коефіцієнта рангової кореляції Спірмена ρ , який обчислюється за формулою [10]:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot S_p}{n(n^2 - 1)}, \quad (4.7)$$

де $S_p = \sum_{i=1}^n (r_i^{TOPSIS} - r_i^{SAW})^2$ – сума квадратів відхилень рангів всіх

об'єктів, r_i^{TOPSIS} ; r_i^{SAW} – вектори ранжувань видів рослин, отримані з використанням методу TOPSIS та методу SAW відповідно, n – число об'єктів ранжування (видів рослин).

Для отримання сум квадратів відхилень результати ранжувань за обома методами занесено у таблиці 4.7-4.9.

Таблиця 4.7

**Перевірка узгодженості ранжувань видів рослин
для верхньої частини схилу**

Вид рослини	Метод TOPSIS		Метод SAW		Квадрат відхилення
	Ранжування	Ранг	Ранжування	Ранг	
Модрина сибірська	1	1	1	1	0,00
Айлант найвищий	2	2	4	4	4,00
Гледичія звичайна	3	3	2	2,5	0,25
Робінія псевдоакація	4	4	3	2,5	2,25
Клен ясенелистий	5	5	5	5	0,00
Сосна звичайна	6	6	6	7	1,00
Яблуня рясокувуча	7	7	8	7	0,00
Горобина лікувальна	8	8	9	9	1,00
Горобина звичайна	9	9	12	12	9,00
Клен гостролистий	10	10	13	13	9,00
Тополя тремтяча	11	11	7	7	16,00
Тополя бальзамічна	12	12	11	10,5	2,25
Липа широколиста	13	13	10	10,5	6,25
Вишня звичайна	14	14	20	19	25,00
Груша звичайна	15	15	15	15,5	0,25
Дуб звичайний	16	16	14	14	4,00
Тополя біла	17	17	16	15,5	2,25
Ясен звичайний	18	18	21	21	9,00
Клен польовий	19	19	24	23,5	20,25
Ялина звичайна	20	20	22	22	4,00
В'яз граболистий	21	21	17	17	16,00
Вільха сіра	22	22	23	23,5	2,25
Граб звичайний	23	23	25	25	4,00

Продовження табл. 4.7

Вид рослини	Метод TOPSIS		Метод SAW		Квадрат відхилення
	Ранжування	Ранг	Ранжування	Ранг	
Береза повисла	24	24,5	18	19	30,25
Верба біла	25	24,5	19	19	30,25
Черемха звичайна	26	26	30	29,5	12,25
Горіх волоський	27	27	26	26,5	0,25
В'яз гладенький	28	28	28	28	0,00
В'яз гірський	29	29	31	31	4,00
Бук лісовий	30	30	33	33	9,00
Липа серцелиста	31	31	29	29,5	2,25
Тополя італійська	32	32	27	26,5	30,25
Тополя чорна	33	33	32	32	1,00
Вільха чорна	34	34	34	34	0,00
Сума квадратів відхилень рангів					257,5

У результаті перевірки ранжування видів рослин для верхньої частини схилу коефіцієнт рангової кореляції Спірмена становить 0,96.

Таблиця 4.8

Перевірка узгодженості ранжувань видів рослин для середньої частини схилу

Вид рослини	Метод TOPSIS		Метод SAW		Квадрат відхилення
	Ранжування	Ранг	Ранжування	Ранг	
Бруслина європейська	1	1	2	2	1,00
Глід одноматичковий	2	2	1	1	1,00
Клен татарський	3	3	3	3	0,00
Свидина криваво-червона	4	4	4	4	0,00
Глід перистонадрізаний	5	5	5	5	0,00
Глід кров'яно-червоний	6	6	6	6	0,00
Верба пурпурова	7	7	8	8	1,00
Верба гостролиста	8	8	7	7	1,00
Бузок звичайний	9	9	10	10,5	2,25
Ірга канадська	10	10	9	9	1,00
Бирючина звичайна	11	11	12	12,5	2,25
Жимолость татарська	12	12	18	17,5	30,25
Обліпіха крушиноподібна	13	13	13	12,5	0,25
Карагана деревоподібна	14	14	11	10,5	12,25
Айва довгаста	15	15	19	19	16,00
Глід східний	16	16,5	15	15,5	1,00
Кизил звичайний	17	16,5	16	15,5	1,00

Вид рослини	Метод TOPSIS		Метод SAW		Квадрат відхилення
	Ранжування	Ранг	Ранжування	Ранг	
Крушина ламка	18	18	14	14	16,00
Слива розлога	19	19	22	22	9,00
Аморфа кущова	20	20	17	17,5	6,25
Ялівець звичайний	21	21	24	24	9,00
Слива колюча	22	22	23	23	1,00
Ліщина звичайна	23	23	20	20	9,00
Калина звичайна	24	24	21	21	9,00
Яблуня лісова	25	25	25	25	0,00
Бузина червона	25	25	26	26	1,00
Маслинка вузьколиста	26	26	29	29	9,00
Яблуня ягідна	27	27	27	27	0,00
Бузина чорна	29	29	28	28	1,00
Верба попеляста	30	30	31	31	1,00
Скумпія звичайна	31	31	32	32	1,00
Абрикос звичайний	32	32	30	30	4,00
Сума квадратів відхилень рангів					146,5

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена ранжованих видів рослин для середньої частини схилу становить 0,97.

Таблиця 4.9

**Перевірка узгодженості ранжувань видів рослин
для нижньої частини схилу**

Вид рослини	Метод TOPSIS		Метод SAW		Квадрат відхилення
	Ранжування	Ранг	Ранжування	Ранг	
Кизильник горизонтальний	1	1	1	1	0,00
Малина запашна	2	2	4	4	4,00
Кизильник притиснутий	3	3	2	2	1,00
Ожина сиза	4	4	3	3	1,00
Бруслина бородавчаста	5	6,5	5	6,5	0,00
Жимолость звичайна	6	6,5	8	6,5	0,00
Свидина біла	7	6,5	6	6,5	0,00
Сніжноягідник білий	8	6,5	7	6,5	0,00
Смородина альпійська	9	9	12	12	9,00
Барбарис звичайний	10	10	11	11	1,00
Хеномелес японський	11	11	9	9	4,00
Кизильник блискучий	12	12	16	16	16,00

Вид рослини	Метод TOPSIS		Метод SAW		Квадрат відхилення
	Ранжування	Ранг	Ранжування	Ранг	
Шипшина колюча	13	13	13	13	0,00
Сосна гірська	14	14	14	14	0,00
Вишня повстиста	15	15	17	17	4,00
Жимолость альпійська	16	16	10	10	36,00
Горобинник горобинолистий	17	17	15	15	4,00
Верба розмаринолиста	18	18	23	23	25,00
Дейція шорстка	19	19	27	27	64,00
Смородина золотиста	20	20	26	26	36,00
Вишня кущова	21	21	18	18	9,00
Таволга середня	22	22	19	19	9,00
Шипшина зморшкувата	23	23	20	20	9,00
Пухироплідник калінолистий	24	24	22	21,5	6,25
Ірга круглолиста	25	25	21	21,5	12,25
Дерева звичайна	26	26	24	24	4,00
Ялівець козацький	27	27	25	25	4,00
Карагана кущова	28	28	30	30	4,00
Глід східний	29	29	28	28,5	0,25
Ялівець горизонтальний	30	30	29	28,5	2,25
Сума відхилень					265,0

Визначений коефіцієнт рангової кореляції Спірмена для рослин нижньої частини схилу становить 0,94.

Отже, отримані коефіцієнти рангової кореляції Спірмена знаходяться у межах $\rho = 0,94 - 0,97$, що свідчить про дуже високу узгодженість результатів ранжування видів рослин, а це, своєю чергою, – про достовірність отриманих результатів.

4.4. Застосування методу критеріальних обмежень для кінцевого добору рослин

Застосування методу критеріальних обмежень для усунення компенсаційних ефектів при багатокритеріальному оцінюванні передбачає

встановлення мінімальних значень за кожним критерієм, що дає змогу відхилити певні види рослин, які отримали достатньо високі оцінки пріоритетності, але не задовольняють визначеним мінімальним вимогам хоча б за одним критерієм. У нашому випадку, відповідно до конкретної ситуації, визначені такі обмеження у балах (табл. 4.10-4.12):

Таблиця 4.10

**Критеріальні обмеження при доборі видів рослин
для верхньої частини схилу**

Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Корене-паросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
≥3	≥3	≥3	≥3	≥4	≥3	≥3	≥3

Таблиця 4.11

**Критеріальні обмеження при доборі видів рослин
для середньої частини схилу**

Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Корене-паросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
≥3	≥3	≥3	≥3	≥5	≥3	≥3	≥3

Таблиця 4.12

**Критеріальні обмеження при доборі видів рослин
для нижньої частини схилу**

Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Корене-паросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
≥3	≥3	≥3	≥3	≥3	≥3	≥3	≥3

Кінцевий добір видів рослин для формування паркових насаджень в умовах складного рельєфу м. Києва дає змогу виділити групу пріоритетних

видів рослин, які найбільш придатні для використання у заданих умовах (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

**Рекомендований асортимент деревних рослин
для прийому моделювання підсилення рельєфу**

Вид рослини		Ранг за методом TOPSIS	Ранг за методом SAW
українська назва	латинська назва		
Верхня частина схилу			
Модрина сибірська	<i>Larix sibirica</i> Ldb.	1	1
Айлант найвищий	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	2	4
Гледичія звичайна	<i>Gleditschia triacanthos</i> L.	3	2,5
Робінія псевдоакація	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	2,5
Клен ясенелистий	<i>Acer negundo</i> L.	5	5
Сосна звичайна	<i>Pinus sylvestris</i> L.	6	7
Яблуня рясноквітуча	<i>Malus floribunda</i> Sieb.	7	7
Горобина лікувальна	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Gratz.	8	9
Горобина звичайна	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	9	12
Клен гостролистий	<i>Acer platanoides</i> L.	10	13
Тополя бальзамічна	<i>Populus balsamifera</i> L.	12	10,5
Липа широколиста	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	13	10,5
Середня частина схилу			
Бруслина європейська	<i>Euonymus europaea</i> L.	1	2
Глід одноматичковий	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	2	1
Клен татарський	<i>Acer tataricum</i> L.	3	3
Свидина криваво-червона	<i>Swida sanguinea</i> L.	4	4
Верба пурпурова	<i>Salix purpurea</i> L.	7	8
Верба гостролиста	<i>Salix acutifolia</i> Willd.	8	7
Бузок звичайний	<i>Syringa vulgaris</i> L.	9	10,5
Ірга канадська	<i>Amelanchier canadensis</i> (L.) Medic.	10	9
Обліпіха крушиноподібна	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	13	12,5
Карагана деревоподібна	<i>Caragana arborescens</i> Lam.	14	10,5
Глід східний	<i>Crataegus orientalis</i> Pall.	16,5	15,5
Кизил звичайний	<i>Cornus mas</i> L.	16,5	15,5
Крушина ламка	<i>Frangula alnus</i> Mill.	18	14
Аморфа кушова	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	20	17,5
Нижня частина схилу			
Кизильник горизонтальний	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Done.	1	1
Ожина сиза	<i>Rubus caesius</i> L.	4	3
Бруслина бородавчаста	<i>Euonymus verrucosa</i> Scop.	6,5	6,5
Жимолость звичайна	<i>Lonicera xylosteum</i> L.	6,5	6,5
Свидина біла	<i>Cornus stolonifera</i> Michx	6,5	6,5
Сніжноягідник білий	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) Blake	6,5	6,5
Смородина альпійська	<i>Ribes alpinum</i> L.	9	12
Барбарис звичайний	<i>Berberis vulgaris</i> L.	10	11

Отже, враховуючи усі етапи методики, 96 попередньо відібраних для умов м. Києва видів рослин, для конкретного прийому моделювання *підсилення рельєфу*, за життєвою формою, були розподілені: для верхньої – 34, середньої – 32, та нижньої частини схилу – 30 видів рослин. На основі застосування методів багатокритеріального аналізу TOPSIS і SAW, використовуючи отримане ранжування рослин та враховуючи критеріальні обмеження, отримано кінцевий добір рослин: для верхньої – 12, середньої – 14, та нижньої частини схилу – 8 видів рослин.

Перевірка коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена свідчить про дуже високу узгодженість результатів ранжування видів рослин ($\rho = 0,94 - 0,97$), що в свою чергу вказує на достовірність отриманих результатів.

5. ПРИКЛАД ПРИЙОМУ МОДЕЛЮВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ РЕЛЬЄФУ НАСАДЖЕННЯМИ

Естетика ландшафту в умовах складного рельєфу складається з багатьох факторів, які забезпечують можливості різного оптичного сприйняття паркової території вцілому та її окремих компонентів. Розчленування поверхні на окремі її форми – надзвичайно важливий фактор для формування ландшафту. Воно створює стільки ж розділів і центрів ландшафту, скільки є в наявності окремих форм рельєфу [20]. Моделювання рельєфу за допомогою насаджень давно відомий і розповсюджений прийом, який нажаль застосовується при створенні далеко не всіх паркових територій. Наявним прикладом цього можуть слугувати паркові території м. Києва, схили яких були засаджені без можливих прийомів моделювання рельєфу.

Проаналізувавши можливості застосування насаджень при використанні різних прийомів моделювання рельєфу і враховуючи різні життєві форми та оптичні якості деревної рослинності, виділено три можливих варіанти моделювання підсилення обрису рельєфу (рис. 1.1). Найбільшої виразності можна добитись, застосовуючи на вершині дерева I-II величини (Д1-Д2), у середній частині схилу – деревця (Д3) і високі кущі (К1), а у нижній частині – кущі II і III величини (К2-К3).

Застосувавши усі етапи добору рослин, для умов Полісся та Лісостепу, відібрано асортимент деревних рослин (табл. 4.13), на основі якого розроблено дві моделі для прийому максимального ефекту моделювання *підсилення рельєфу*. Принцип прийому *підсилення рельєфу* полягає у можливості візуального моделювання обрису рельєфу за рахунок використання оптичних якостей габітусу та світлоти крони деревних рослин.

Враховуючи ґрунтові умови зони Полісся, у верхній частині схилу рекомендовано створити насадження із дерев першої величини (Д1) сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), яка забезпечить формою та світлотою своєї крони зорове підвищення рельєфу, та горобини звичайної (*Sorbus aucuparia* L.) –

дерев другої величини (Д2), що слугуватиме переходом до рослин меншої висоти (рис. 5.1).

Для закріплення піщанистих ґрунтів середньої частини схилу рекомендуємо використати крушину ламку (*Frangula alnus* Mill.) та бруслину європейську (*Euonymus europaea* L.), які за життєвою формою відносяться до групи рослин ДЗ-К1 та мають нейтральну світлоту крон і, найголовніше, – мають коренепаросткову здатність. Нижню частину схилу можна сформувати із низьких кущів з поверхневою кореневою системою ожини сизої (*Rubus caesius* L.), що має темну світлоту крони для забезпечення більшого ефекту пониження рельєфу.

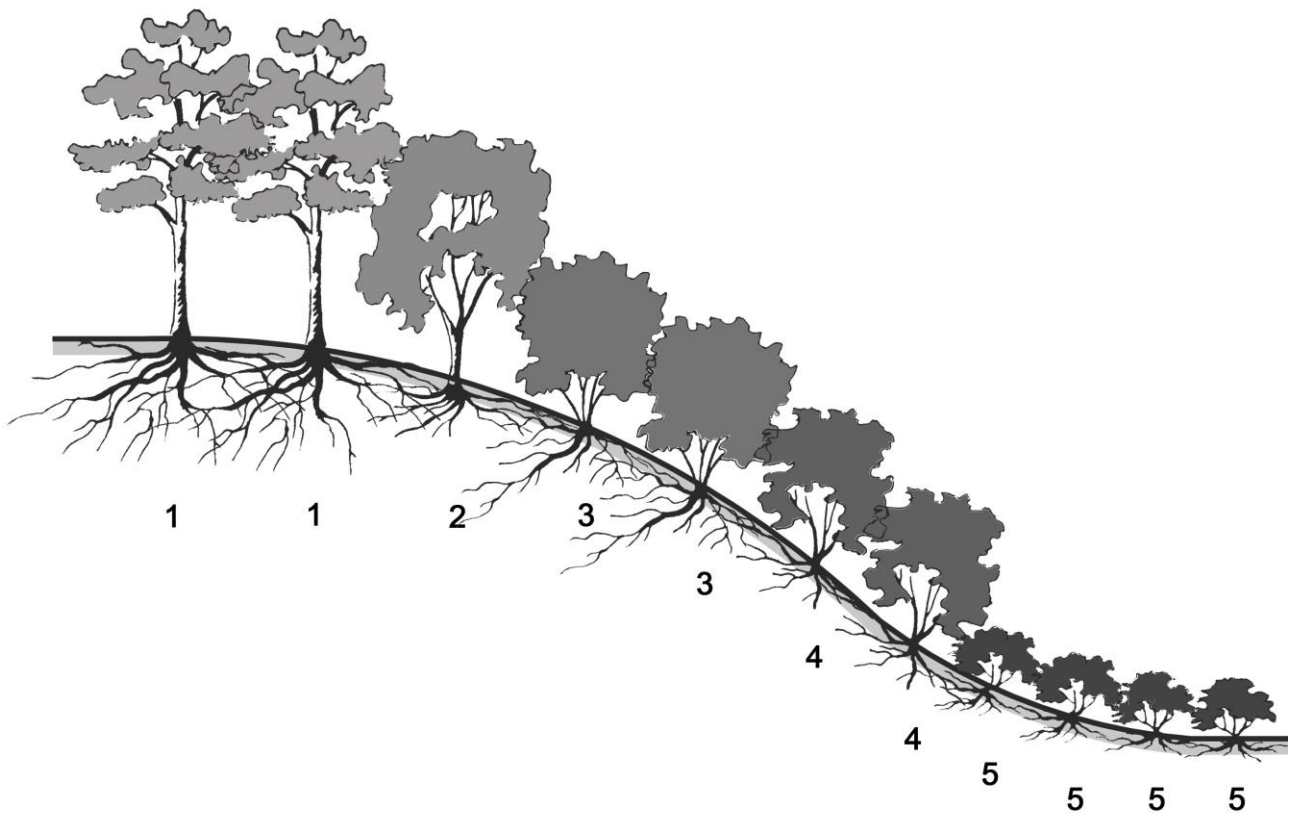


Рис. 5.1. Прийом моделювання максимального ефекту підсилення рельєфу в умовах Полісся: 1 – сосна звичайна; 2 – горобина звичайна; 3 – крушина ламка; 4 – бруслина європейська; 5 – ожина сиза

У другому варіанті, моделюючи прийом максимального *підсилення рельєфу* в умовах Лісостепу (рис. 5.2), у верхній частині схилу для підтримання зорового ефекту збільшення пагорба рекомендовано використати дерева першої величини, що мають нейтральну світлоту крони та перехідні кореневі системи, – липу широколисту (*Tilia platyphyllos* Scop.) разом із кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.). Перехідним видом за висотою від дерев першої величини до кущових видів слугуватимуть у середній частині схилу дерева третьої величини ірги канадської (*Amelanchier canadensis* (L.)). Для закріплення середньої частини схилу також застосовано свидину криваво-червону (*Swida sanguinea* L.) – високий кущ із нейтральною світлотою крони. У даному варіанті моделювання рельєфу для нижньої частини схилу підібрано середні кущі із темною кроною – сніжноягідник білий (*Symphoricarpos albus* (L.) Blake).

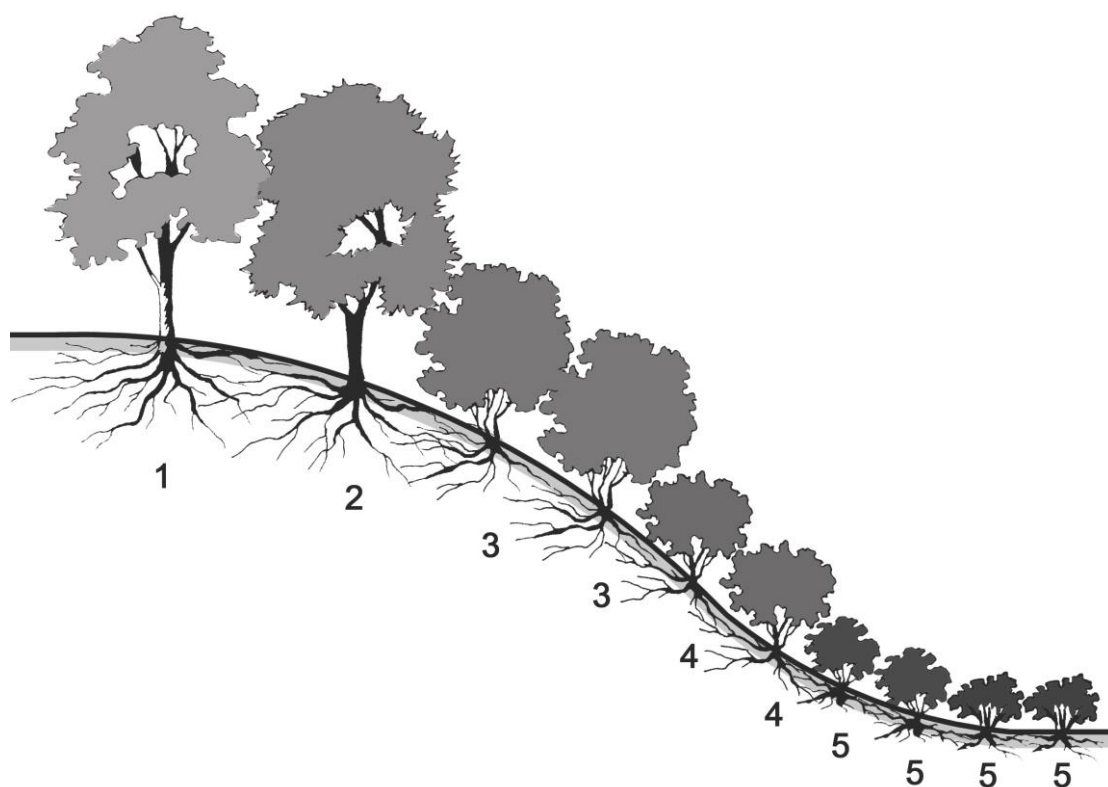


Рис. 5.2. Прийом моделювання максимального ефекту *підсилення рельєфу* в умовах Лісостепу: 1 – липа широколиста; 2 – клен гостролистий; 3 – ірга канадська; 4 – свидина криваво-червона; 5 – сніжноягідник білий

За результатами ранжування методами багатокритеріального аналізу TOPSIS і SAW для моделювання прийому *підсилення рельєфу* можливо також використання рослин: у верхній частині схилу – модрина сибірська (*Larix sibirica* Ldb.), айлант найвищий (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), гледичія звичайна (*Gleditschia triacanthos* L.), робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), яблуня рясоноквітуча (*Malus floribunda* Sieb.), горобина лікувальна (*Sorbus torminalis* (L.) Gratz.), Тополя бальзамічна (*Populus balsamifera* L.); у середній частині схилу – глід одноматичковий (*Crataegus monogyna* Jacq.), клен татарський (*Acer tataricum* L.), верба пурпурова (*Salix purpurea* L.), верба гостролиста (*Salix acutifolia* Willd.), бузок звичайний (*Syringa vulgaris* L.), обліпиха крушиноподібна (*Hippophae rhamnoides* L.), карагана деревоподібна (*Caragana arborescens* Lam.), глід східний (*Crataegus orientalis* Pall.), кизил звичайний (*Cornus mas* L.), аморфа кущова (*Amorpha fruticosa* L.); у нижній частині схилу – кизильник горизонтальний (*Cotoneaster horizontalis* Dene.), ожина сиза (*Rubus caesius* L.), жимолость звичайна (*Lonicera xylosteum* L.), свидина біла (*Cornus stolonifera* Michx), смородина альпійська (*Ribes alpinum* L.), барбарис звичайний (*Berberis vulgaris* L.).

Даний прийом моделювання рельєфу особливо корисний при необхідності підсилення невеликих за розмірами перепадів висот, пагорбів і схилів, що має велике значення як при складних формах рельєфу, так і при переважаючих рівнинних формах рельєфу.

Розроблені приклади моделей підсилення обрису рельєфу насадженнями можуть включатись в об'ємну структуру парку і впливати на організацію його простору, оскільки композиційні можливості рельєфу у значній мірі визначаються візуальними взаємозв'язками частин парку і тим, як його форми впливають на сприйняття паркових елементів.

ВИСНОВКИ

Розроблені рекомендації представляють методикку, що допоможе удосконалити і спростити процес цільового добору деревних рослин для різних прийомів моделювання рельєфу насадженнями в умовах складного рельєфу міста Києва.

1. Проаналізувавши можливості зорового впливу рослинності на формування обрису рельєфу, виділено три прийоми його моделювання – підсилення, нівелювання та повторення. На основі різних поєднань життєвих форм деревних рослин, складено дев'ять типових схем використання насаджень із урахуванням рельєфу. Найбільшого ефекту *підсилення рельєфу* можна досягти, використовуючи у верхній частині – Д1-Д2, у середній – Д3-К1, у нижній – К2-К3; максимального *нівелювання рельєфу*: у верхній частині – К2-К3, у середній – К1-Д3, у нижній – Д1-Д2; *повторення рельєфу*: найбільш наближені за висотами рослини – К1-Д3 або Д1-Д2 або К2-К3. За допомогою розроблених схем можливе коригування ландшафту парку з метою ефективнішого освоєння особливостей паркових територій.

2. Даною методикою передбачається комплексний підхід при доборі деревних рослин на основі багатокритеріального аналізу. Для чого виділено десять основних етапів: підготовки (1-2), оцінювання (3-6), ранжування (7-8), кінцевого добору (9-10).

3. Комплексний підхід передбачає кількісне оцінювання якісних властивостей рослин з метою використання їх у композиції паркових насаджень в умовах складного рельєфу. Для цього, враховуючи меліоративну ефективність даних насаджень, певні екологічні умови їх місцезростання та естетичну роль у моделюванні обрису рельєфу, оцінці підлягали основні властивості рослин – екологічні (відношення до трюфності і вологості ґрунту та до світла), меліоративні (будова кореневої системи та коренепаросткова здатність) та естетичні (життєва форма і висота, світлота та форма крони). Експертним шляхом визначено вагові коефіцієнти, розроблено шкали бальних

оцінок та проведено оцінювання властивостей попередньо відібраних 96 видів рослин для кожної конкретної вихідної ситуації (верхня, середня та нижня частини схилу) на прикладі прийому моделювання *підсилення рельєфу*.

4. Застосовуючи розроблені шкали бальних оцінок, 96 попередньо відібраних для умов м. Києва видів рослин, для конкретного прийому моделювання *підсилення рельєфу*, за життєвою формою, були розподілені: для верхньої – 34, середньої – 32, та нижньої частини схилу – 30 видів рослин. Математичними методами багатокритеріального аналізу TOPSIS і SAW отримано ранжування рослин, достовірність яких засвідчує досить високий коефіцієнт рангової кореляції Спірмена ($\rho = 0,94 - 0,97$). Результатом проведення даного алгоритму став пріоритетний асортимент деревних рослин для використання у подальшому моделюванні різних композиційних прийомів коригування ландшафту. Врахувавши критеріальні обмеження за кожним досліджуваним критерієм, кінцевий добір рослин склав: для верхньої – 12, середньої – 14, та нижньої частини схилу – 8 видів рослин.

5. На основі рекомендованого асортименту деревних рослин розроблено дві моделі композиційного прийому максимального *підсилення рельєфу*, що враховують умови ґрунтово-кліматичних зон Полісся та Лісостепу. Отримані приклади моделей максимального *підсилення рельєфу* насадженнями є корисними при необхідності візуального підсилення незначних за розмірами перепадів висот, що, в свою чергу, підсилить композиційні можливості рельєфу та впливатиме на організацію об'ємно-просторової структури паркової території вцілому.

Пропонований методичний підхід може бути використаний як імітаційна модель для різних прийомів моделювання рельєфу, що надасть більш широкі можливості удосконалення композиції насаджень. Також даний метод направлений на подальші дослідження, спрямовані на розширення вихідної бази даних з врахуванням ґрунтово-кліматичних зон, удосконалення процесу оцінювання і формування критеріїв оцінювання властивостей рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баулина В. В. Влияние рельефа на структуру городского парка. *Зеленые территории в ландшафте современного города (Ландшафт современного города)*. Сб.ст. под ред. Л. С. Залесской. Москва : Знание, 1971. С. 32-48.
2. Баулина В. В. Особенности формирования городских парков на сложном рельефе : автореф. дисс. ... канд. архитектуры. Москва, 1971. 23 с.
3. Боговая И. О., Фурсова Л. М. Ландшафтное искусство. Москва : ВО «Агропромиздат», 1988. 222 с.
4. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 108 с.
5. ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. Київ : Держбуд Ураїни, 1998. 46 с.
6. Дударець С. М., Малюга В. М., Романець О. М., Соваков О. В. Лісова меліорація. Методичні поради. Київ : ЦП «Компринт», 2012. 101 с.
7. Ильин Л. А. Парк им. Кирова в Баку. *Проблемы садово-парковой архитектуры*. Сборник статей. Москва : Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1936. С. 149-174.
8. Калиниченко Н. П., Ильинский В. В. Лесомелиорация овражно-балочных систем. Москва : Лесная промышленность, 1976. 200 с.
9. Калінін М. І., Мельник О.С. Теоретичні основи лісових меліорацій. Львів : Світ, 1991. 261 с.
10. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Москва : Физматлит, 2006. С. 626-628.
11. Колесников А. И. Декоративная дендрология. Москва : Лесная пром-сть, 1974. 745 с.
12. Кузнецов С. І., Левон Ф. М., Пушкар В. В. Ассортимент дерев, кущів та ліан для озеленення в Україні. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2013. 256 с.

13. Кучерявий В. П. Ландшафтна архітектура: підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2017. 520 с.
14. Миндер В. В., Сидоренко И. А. Особенности подбора ассортимента растений для укрепления склонов парковых территорий города Киева. *Современные проблемы и инновации в ландшафтной архитектуре*: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 23-25 октября 2014). Брянск : Брян. гос. инженер.-технол. акад., 2014. С.63-67.
15. Миндер В. В. Вплив форм рельєфу на композиційні особливості паркових насаджень міста Києва. *Виклики XXI ст. та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі. Ландшафтна архітектура і декоративне садівництво*: м. Київ, 7-9 жовтня 2015 р. : тези доп. Київ : ЦП «Компринт», 2015. С. 154-156.
16. Миндер В. В., Сидоренко И. О, Парки Києва з умовами складного рельєфу. *Науковий вісник НЛТУ України* : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НТУ України, 2014. Вип. 24.5. С. 41-46.
17. Николаевская З. А. Садово-парковый ландшафт. Москва : Стройздат, 1989. 344 с.
18. Палентреер С. Н. Ландшафтное искусство (построение пейзажей в парках и лесопарках). Москва : РОСВУЗИЗДАТ, 1963. 134 с.
19. Погребняк П. С. Общее лесоводство. Москва : Колос, 1968. 440 с.
20. Рубцов Л. И. Садово-парковый ландшафт. Киев : Изд-во Академии Наук Украинской ССР, 1956. 212 с.
21. Рубцов Л. И. Деревья и кустарники в ландшафтной архитектуре. Справочник. Киев : Наукова думка, 1977. 271 с.
22. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь, 1993. 278 с.
23. Саймондс Д. О. Ландшафт и архитектура : под ред. Л. С. Залесской. Москва : Изд-во лит-ры по строительству, 1965. 194 с.
24. Черкасов М. И. Композиции зеленых насаждений. Москва : Изд-во мин. ком. хоз. РСФСР, 1960. 344 с.

25. Черкасов М. И. Композиция зеленых насаждений. Москва-Ленинград : Гослесбумиздат, 1954. 282 с.
26. Юхновський В. Ю., Дударець С. М., Малюга В. М., Хрик В. М. Протиерозійні лісові насадження яружно-балкових систем. Київ : Кондор-видавництво, 2013. 512 с.
27. Якубенко Б. Є., Попович С. Ю., Устименко П. М. Геоботаніка : підручник. Київ : Фітосоціоцентр, 2016. 347 с.
28. Hwang C. L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. *A State of the Art Survey*. New York : Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1981. 259 p.
29. Multiple criteria decision analysis: state of the art surveyes. Edited by Jose Figueira, Salvatore Greco, Matthias Ehrgott. Springer Science, 2005. 1047 p.
30. Starke B. W., Simonds J. O. Landscape architecture. New York : McGraw-Hill Education, 2013. 409 p.

ДОДАТОК

Основні властивості деревних рослин

№ ПІ	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трюфності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
1	Айлант найвищий	ол	кс	свл	пер	так	Д1	свт	збал
2	Бук лісовий	мг	мз	тнв	пер	ні	Д1	тмн	збал
3	Верба біла	мг	мзгр	свл	пер	так	Д1	свт	збал
4	Вільха чорна	мг	гр	нптнв	пов	ні	Д1	тмн	верт
6	В'яз гірський	мг	мз	тнв	гл	ні	Д1	тмн	збал
5	В'яз гладенький	мг	мз	тнв	гл	так	Д1	тмн	збал
7	В'яз граболистий	мзмг	ксмз	нптнв	пов	так	Д1	тмн	верт
8	Гледичія звичайна	ол	ксмз	свл	пер	так	Д1	свт	збал
9	Горіх волоський	мг	мзгр	свл	пер	ні	Д1	нтр	збал
10	Граб звичайний	мзмг	ксмз	тнв	пов	так	Д1	тмн	збал
11	Дуб звичайний	мз	ксмз	свл	гл	ні	Д1	тмн	збал
12	Клен гостролистий	мз	ксмз	тнв	пер	ні	Д1	нтр	збал
13	Липа серцелиста	мзмг	мзгр	тнв	пер	так	Д1	тмн	збал
14	Липа широколиста	мз	мз	тнв	пер	так	Д1	нтр	верт
15	Модрина сибірська	ол	кс	свл	гл	ні	Д1	свт	верт
16	Робінія псевдоакація	олмз	кс	свл	пер	так	Д1	свт	збал
17	Сосна звичайна	олмз	ксмз	свл	пер	ні	Д1	нтр	збал
18	Тополя бальзамічна	мз	мз	свл	пов	ні	Д1	нтр	верт
19	Тополя біла	мз	мзгр	свл	пов	так	Д1	нтр	збал
20	Тополя італійська	мг	мзгр	свл	пер	так	Д1	тмн	верт
21	Тополя тремтяча	мз	мзгр	свл	пер	так	Д1	свт	верт
22	Тополя чорна	мг	мзгр	свл	пов	так	Д1	тмн	збал
23	Ялина звичайна	мз	мз	тнв	пов	ні	Д1	тмн	верт
24	Ясен звичайний	мг	ксмз	свл	пов	ні	Д1	нтр	збал
25	Береза повисла	олмз	мз	свл	пов	ні	Д1-Д2	свт	верт
26	Клен польовий	мг	мз	тнв	пов	так	Д1-Д2	нтр	збал
27	Клен ясенелистий	олмз	ксмз	свл	пов	так	Д1-Д2	свт	збал
28	Вишня звичайна	олмз	мз	свл	пов	так	Д2	тмн	збал
29	Вільха сіра	мз	гр	нптнв	пер	так	Д2	тмн	верт
30	Горобина звичайна	мз	ксмз	нптнв	пов	так	Д2	нтр	збал
31	Горобина лікувальна	мз	ксмз	тнв	гл	так	Д2	нтр	верт

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трофності грунту	Відношення до вологості грунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаростк ова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
32	Груша звичайна	мз	ксмз	тнв	гл	ні	Д2	тмн	верт
33	Черемха звичайна	мз	мзгр	тнв	пов	так	Д2	тмн	збал
34	Яблуня рясноквітуча	мз	ксмз	свл	гл	ні	Д2	свт	збал
35	Абрикос звичайний	ол	кц	свл	гл	ні	Д3	нтр	збал
36	Айва довгаста	ол	мзгр	свл	пов	так	Д3	тмн	верт
37	Верба гостролиста	ол	кц	свл	пер	так	Д3	нтр	збал
38	Глід одноматичковий	мз	мз	свл	пов	так	Д3	нтр	збал
39	Глід перистонадрізаний	мз	мезо	свл	пов	так	Д3	тмн	збал
40	Клен татарський	мз	ксмз	тнв	пов	так	Д3	нтр	збал
41	Слива розлога	ол	кц	свл	пов	так	Д3	тмн	збал
42	Яблуня лісова	мз	ксмз	тнв	пер	ні	Д3	нтр	гор
43	Яблуня ягідна	олмз	ксмз	свл	пов	ні	Д3	нтр	збал
44	Бузина чорна	ол	мзгр	тнв	пов	ні	Д3-К1	свт	збал
45	Бруслина європейська	мз	мз	тнв	пов	так	Д3-К1	нтр	збал
46	Глід кров'яно- червоний	мз	мз	нптнв	пов	так	Д3-К1	тмн	верт
47	Глід східний	ол	кц	свл	пов	так	Д3-К1	нтр	збал
48	Ірга канадська	олмз	кц	нптнв	пов	так	Д3-К1	нтр	збал
49	Кизил звичайний	ол	кц	свл	пов	так	Д3-К1	нтр	збал
50	Крушина ламка	олмз	ксмз	тнв	гл	так	Д3-К1	нтр	збал
51	Ліщина звичайна	мг	мз	тнв	пов	так	Д3-К1	тмн	збал
52	Маслинка вузьколиста	ол	ксмз	свл	пер	ні	Д3-К1	свт	збал
53	Обліпіха крушиноподібна	ол	ксмз	свл	пов	так	Д3-К1	свт	збал
54	Слива колюча	ол	ксмз	свл	гл	так	Д3-К1	тмн	збал
55	Аморфа кущова	ол	мз	свл	гл	так	К1	свт	збал
56	Бирючина звичайна	олмз	ксмз	тнв	пов	так	К1	тмн	збал
57	Бузина червона	мз	мз	тнв	пов	ні	К1	нтр	збал
58	Бузок звичайний	мзмг	ксмз	свл	пов	так	К1	нтр	збал
59	Верба попеляста	мз	гр	свл	пов	ні	К1	свт	збал
60	Верба пурпурова	олмз	мзгр	свл	пер	так	К1	свт	збал

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трюфності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
61	Жимолость татарська	олмз	ксмз	нптнв	пов	так	К1	тмн	верт
62	Калина звичайна	мг	мзгр	тнв	пов	так	К1	нтр	збал
63	Карагана деревоподібна	ол	ксмз	нптнв	пов	так	К1	свт	збал
64	Свидина криваво-червона	мз	мз	тнв	пов	так	К1	нтр	збал
65	Скумпія звичайна	ол	кц	свл	пов	ні	К1	тмн	гор
66	Ялівець звичайний	ол	кц	свл	пов	так	К1	тмн	верт
67	Барбарис звичайний	мз	мз	нптнв	пов	так	К2	тмн	збал
68	Бруслина бородавчаста	мз	мз	тнв	пов	так	К2	тмн	збал
69	Верба розмаринолиста	олмз	мзгр	свл	пов	ні	К2	свт	збал
70	Вишня кущова	мз	ксмз	свл	пов	так	К2	тмн	збал
71	Вишня повстиста	мз	мз	свл	пов	ні	К2	нтр	гор
72	Глід східний	ол	кц	свл	пов	так	К2	свт	гор
73	Горобинник горобинолистий	олмз	мз	нптнв	пов	так	К2	свт	збал
74	Дейція шоретка	мз	мз	свл	пер	ні	К2	тмн	верт
75	Жимолость звичайна	мз	мз	тнв	пов	так	К2	тмн	збал
76	Ірга круглолиста	олмз	кц	нптнв	пер	так	К2	тмн	збал
77	Карагана кущова	ол	кц	нптнв	повер	так	К2	свт	верт
78	Кизильник блискучий	мг	ксмз	нптнв	гл	так	К2	тмн	верт
79	Пухироплідник калинолистий	мз	кц	свл	пов	так	К2	свт	гор
80	Свидина біла	мз	мз	тнв	пов	так	К2	тмн	збал
81	Смородина альпійська	мз	мз	тнв	пер	ні	К2	тмн	збал
82	Смородина золотиста	олмз	мз	нптнв	пов	ні	К2	свт	верт
83	Сніжноягідник білий	мз	мз	тнв	пов	так	К2	тмн	збал
84	Таволга середня	олмз	ксмз	нптнв	пов	так	К2	свт	збал
85	Шипшина зморшкувата	ол	мз	свл	пер	так	К2	тмн	гор
86	Шипшина колюча	мз	мз	свл	пов	так	К2	тмн	збал

№ ПП	Назва виду	Екологічні властивості			Меліоративні властивості		Естетичні властивості		
		Відношення до трофності ґрунту	Відношення до вологості ґрунту	Відношення до світла	Будова кореневої системи	Коренепаросткова здатність	Життєва форма і висота	Світлота крони	Форма крони
87	Ялівець горизонтальний	ол	кс	свл	пов	ні	К2	тмн	гор
88	Дереза звичайна	ол	кс	свл	пов	так	К2-К3	нтр	гор
89	Малина запашна	мзмг	мзгр	свл	пов	так	К2-К3	нтр	гор
90	Ожина сиза	мз	мз	нптнв	пов	так	К2-К3	тмн	гор
91	Сосна гірська	ол	гр	свл	пов	ні	К2-К3	нтр	гор
92	Ялівець козацький	ол	кс	свл	пер	так	К2-К3	тмн	гор
93	Жимолость альпійська	олмз	ксмз	тнв	пов	так	К3	тмн	збал
94	Кизильник горизонтальний	мг	мз	нптнв	пер	так	К3	тмн	гор
95	Кизильник притиснутий	мг	мз	свл	пов	так	К3	тмн	гор
96	Хеномелес японський	мз	мз	свл	пов	так	К3	тмн	гор

Прийняті скорочення у додатку:

- **відношення до трофності ґрунту:** ол – оліготроф; олмз – олігомезотроф; мз - мезотроф; мзмг – мезомегатроф; мг – мегатроф;
- **відношення до вологості ґрунту:** кс – ксерофіт; ксмз – ксеромезофіт; мз – мезофіт; мзгр – мезогірофіт; гр – гірофіт;
- **відношення до світла:** свл – світлолюбна; нптнв – напівтіньовитривала; тнв - тіньовитривала;
- **будова кореневої системи:** гл – глибинна; пер – перехідна; пов – поверхнева;
- **коренепаросткова здатність:** так – наявна; ні – відсутня;
- **світлота крони:** свт – світла; нтр – нейтральна; тмн – темна;
- **форма крони:** верт – вертикальна; збал – збалансована; гор - горизонтальна