

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-  
ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

УДК 712.4; 556.12 (1-21)  
ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Директор ННІ ЛіСПГ

Завідувач кафедри ландшафтної  
архітектури та фітодизайну

П.І. Лакида

О.В. Колесніченко

« / » 2021 р. « / » 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
на тему Дощові сади як елементи системи сталого розвитку міст

Спеціальність 206 «Садово-паркове господарство»  
(код і назва)

Освітня програма «Садово-паркове господарство»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми «Освітньо-професійна»  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Професор, доктор с.-г. н.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Ковалевський С. Б.

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

к.с.-г.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Дзиба А. А.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Ковтун В. В.

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЛЕСОВОГО І САДОВО-  
ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ландшафтної  
архітектури та фітодизайну,  
доктор біологічних наук, професор  
О.В. Колесніченко  
«19 грудня» 2020 р.

ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА  
Ковтун Віри Володимирівни

Спеціальність 206 «Садово-паркове господарство»  
Освітня програма «Садово-паркове господарство»

Орієнтація освітньої програми «Освітньо-професійна»  
(назва)  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи Дощові сади як елементи системи сталого розвитку міст  
затверджені наказом ректора НУБІП України від «19» листопада 2020 р. № 1826  
«С»

Термін подання студентом магістерської роботи: 15 листопада 2021 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: наукові публікації, фотообстеження навчальна і довідкова література з теми дослідження.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати підходи до сталого розвитку міст та екологоорієнтованих громадських просторів.
2. Вивчити методи інфільтрації.
3. Проаналізувати роль дощового саду в екологічному управлінні дощовими водами.
4. Дослідити розвиток дощових садів та їхнє використання в країнах Європи та Америки.
5. Вивчити конструкцію дощового саду.
6. Розробити модель дощового саду для подальшого використання.

Дата видачі завдання «19» 12 2020 р.

Керівник магістерської роботи

Дзюба А.А.

Завдання прийняв до виконання

Ковтун В.В.

# РЕФЕРАТ

# НУБІП України

Актуальність досліджень зумовлена створенням природних зон в міському середовищі, забезпеченням очищення забруднених зливових стоків під час дощу природним методом, запобіганню підтоплення території, розвантаженням каналізаційних систем.

Мета дослідження – проаналізувати підходи до системи сталого розвитку міст та екологоорієнтованих громадських просторів, дослідити розвиток дощових садів та їхнє використання в країнах Європи та Америки, проаналізувати роль дощового саду в екологічному управлінні дощовими водами, вивчити методи інфільтрації та конструкцію дощового саду, розробити модель дощового саду для подальшого використання.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати підходи до сталого розвитку міст та екологоорієнтованих громадських просторів;
- вивчити методи інфільтрації;
- проаналізувати роль дощового саду в екологічному управлінні дощовими водами;
- дослідити розвиток дощових садів та їхнє використання в країнах Європи та Америки;
- вивчити конструкцію дощового саду;
- розробити модель дощового саду для подальшого використання.

Об'єктом дослідження є дощові сади.

Предметом дослідження є аналіз системи біоретенції та перспективи їхнього використання в урбанізованому середовищі.

Методи дослідження: аналіз, синтез, узагальнення, порівняння, методика розрахунку дощового саду.

Наукова новизна дослідження: вперше проаналізовано роль дощового саду в екологічному управлінні дощовими водами; досліджено конструкцію дощового саду та особливості підбору рослин для неї.

Практична значущість полягає у розробці моделі дощового саду для подальшого використання (на прикладі Житомирської області, Радомишльського району, с. Ірша), яка могла б застосовуватись на території населеного пункту.

Структура магістерської роботи складається зі вступу, де вказано актуальність, наукова та практична значущість виконаної роботи, шести розділів, таблиць, рисунків, висновків, посилань на використані джерела, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі на основі аналізу літературних джерел інформації вивчаються підходи до формування концепції сталого розвитку міст та формування екологоорієнтованих громадських просторів. Другий розділ представлений методами дослідження, необхідних для роботи. У третьому розділі розповідається про історію виникнення дощових садів, їхній розвиток та використання в країнах Європи та Америки, а також вивчаються системи біоінфільтрації. У четвертому розділі наведено вплив урбанізації на гідрологію, дослідження щодо гідрологічного відновлення, а також вказані державні програми управління зливовими водами, в яких дощовий сад відіграє важливу роль. В п'ятому розділі вивчається конструкція дощового саду, її основні елементи. У шостому розділі наводяться перспективи використання дощових садів, а також розроблено модель дощового саду. Висновок представлений узагальненими результатами досліджень, розробленими пропозиціями щодо використання моделі дощового саду на території населеного пункту.

Магістерська робота містить 6 розділів основної частини, 88 сторінок друкованого тексту, 2 таблиці, 32 рисунків, список використаних джерел з 114 найменувань, 5 додатків.

Ключові слова: дощові сади, інфільтрація, системи біоретенції, сталий розвиток міст, екологічне управління дощовими водами.

# НУБІП України ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СТАЛІЙ РОЗВИТОК МІСТ ТА ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ГРОМАДСЬКІ ПРОСТОРИ.....	8
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	16
РОЗДІЛ 3. РОЗВИТОК ДОЩОВИХ САДІВ ТА ВИКОРИСТАННЯ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ ТА АМЕРИКИ.....	21
3.1. Історія виникнення дощових садів.....	21
3.2. Системи біоінфільтрації.....	23
РОЗДІЛ 4. ДОЩОВИЙ САД В ЕКОЛОГІЧНОМУ УПРАВЛІННІ ДОЩОВИМИ ВОДАМИ.....	33
4.1. Вплив урбанізації на гідрологію.....	33
4.2. Гідрологічне відновлення.....	34
4.4. Програми управління зливовими водами.....	38
РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКЦІЯ ДОЩОВОГО САДУ.....	47
РОЗДІЛ 6. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВИХ САДІВ.....	52
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	77

# НУБІП України

ВСТУП

На даний момент в Україні з кожним роком зростає рівень урбанізації, автомобілізації, клімат змінюється, постає питання якості води. У міському середовищі збільшується площа непроникних поверхонь. Під час дощу увесь потік з шкідливими речовинами через каналізацію потрапляє до місцевих природніх водойм, де згубно впливає на якість води та фауну.

Дощові сади можуть допомогти покращити управління поверхневими водами виконуючи ряд інших функцій, таких як зменшення забруднення та покращення біорізноманіття. Дощові сади гнучкі в дизайні і є чудовими прикладами того, як компоненти сталого розвитку міст можна інтегрувати в вуличний пейзаж без негативного впливу на первинну функцію наших вулиць і просторів.

Актуальність досліджень зумовлена створенням природних зон в міському середовищі, забезпеченням очищення забруднених зливових стоків під час дощу природним методом, запобіганню підтоплення територій, розвантаженню каналізаційних систем.

Мета дослідження – проаналізувати підходи до сталого розвитку міст та екологоорієнтованих громадських просторів, дослідити розвиток дощових садів та їхнє використання в країнах Європи та Америки, проаналізувати роль дощового саду в екологічному управлінні дощовими водами, вивчити методи інфільтрації, вивчити конструкцію дощового саду, розробити модель дощового саду для подальшого використання.

Для того, щоб досягти поставленої мети, необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати підходи до сталого розвитку міст та екологоорієнтованих громадських просторів;
- вивчити методи інфільтрації;

– проаналізувати роль дощового саду в екологічному управлінні дощовими водами;

дослідити розвиток дощових садів та їхнє використання в країнах Європи та Америки;

– вивчити конструкцію дощового саду;

– розробити модель дощового саду для подальшого використання.

Об'єктом дослідження є дощові сади.

Предметом дослідження є аналіз системи біоретенції та перспективи їхнього використання в урбанізованому середовищі.

Методи дослідження: аналіз, синтез, узагальнення, порівняння, методика розрахунку дощового саду.

Наукова новизна дослідження: вперше проаналізовано роль дощового саду в екологічному управлінні дощовими водами; досліджено конструкцію дощового саду та особливості підбору рослин для неї.

Практична значущість полягає у розробці моделі дощового саду для подальшого використання (на прикладі Житомирської області,

Радомишльського району, с. Ірша), яка могла б застосовуватись на території населеного пункту.

Апробація досліджень здійснена на 75-й Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства» (23 березня 2021 року),

та у Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт ( I та II етап) – спеціальність «Садово-паркове господарство».

Член студентського наукового гуртка «Декоративне садівництво, квітникарство та топіарне мистецтво».

Структура магістерської роботи містить 6 розділів основної частини, 88 сторінок друкованого тексту, 2 таблиці, 32 рисунків, список використаних джерел з 114 найменувань, 5 додатків.

# НУБІП УКРАЇНИ

## РОЗДІЛ 1

### СТАЛІЙ РОЗВИТОК МІСТ ТА ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ГРОМАДСЬКІ ПРОСТОРИ

Швидкі темпи урбанізації невпинно тиснуть на навколишнє середовище, а також на соціальне середовище. Земні ресурси витрачаються стрімко і через декілька десятків років на людство чекатиме екологічна катастрофа. Концепція сталого розвитку набуває все більшої популярності. За словами Пігу, історично сталий розвиток як концепція походить від економіки, як дисципліни [1]. Дискусія велася про те, чи зможе потенціал обмежених природних ресурсів Землі постійно підтримувати існування зростаючого людського населення, і брала свій початок з Мальтузіанської теорії населення на початку 1800-х років [2, 3].

Оскільки ще в 1789 році Мальтус постулював, що людська популяція має тенденцію зростати в геометричній формі, тоді як прожитковий мінімум міг би зростати лише в арифметичній прогресії, і якщо буде зростання населення, ймовірно, воно перевищить здатність природних ресурсів задовольняти потреби населення. Тому, якщо не вжити заходів, вичерпання чи виснаження природних ресурсів, призведе до нещастя для людей [4].

Саме тому виникла ідея розробки сталого розвитку людства, яке б підтримувало ресурсозабезпеченість теперішніх та майбутніх поколінь. У доповіді Брундтланда 1987 року на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку (UNCED) 1992 року вперше вказана необхідність інтеграції економічного розвитку, захисту навколишнього середовища, а також соціальної справедливості. Конференція ООН з навколишнього середовища та розвитку опублікувала Хартію Землі, яка окреслює побудову справедливого, стійкого та мирного глобального суспільства в 21 столітті. План дій Порядку денного 21 для сталого розвитку визначає інтеграцію та участь, як ключові будівельні блоки, котрі допоможуть країнам досягти розвитку, що визнає ці взаємозалежні стовпи. У ньому наголошується на необхідності переходу від



НУБІП України старих галузевих способів ведення бізнесу до нових підходів, які передбачають міжсекторну координацію та інтеграцію екологічних та соціальних проблем у всі процеси розвитку. Крім того, Порядок денний 21 підкреслює, що широка участь громадськості у прийнятті рішень є основною передумовою для досягнення сталого розвитку [4].

НУБІП України В 2015 році Генеральною Асамблеєю Організації Об'єднаних Націй (ГАООН) були встановлені Цілі сталого розвитку (ЦСР) або Глобальні цілі – це набір із 17 взаємопов'язаних глобальних цілей, розроблених як «план для досягнення кращого та більш сталого майбутнього для всіх» і мають бути досягнуті до 2030 року. Вони включені в резолюцію Генеральної Асамблеї ООН, яка називається Порядком денним на 2030 рік [4].



Рис. 1.1. Глобальні цілі сталого розвитку [5]

НУБІП України Хоча цілі є широкими та взаємозалежними, через два роки (6 липня 2017 р.) Резолюція ООН, прийнята Генеральною Асамблеєю, стала більш «доступною до виконання» ЦСР. У резолюції визначаються конкретні задачі для кожної цілі, а також індикатори, які використовуються для вимірювання прогресу в досягненні кожної цілі. [4] Рік, до якого планується досягти цілі, зазвичай

НУБІП України

становить між 2020 і 2030 роками. Для деяких цілей кінцева дата не вказана. У 2020 році пандемія COVID-19 мала серйозні наслідки для всіх 17 ЦСР.

Підвищення сталості міст ЄС є пріоритетною метою Сьомої програми дій з охорони навколишнього середовища – Програми дій Союзу з охорони навколишнього середовища до 2020 року «Жити добре, в межах можливостей нашої планети» [6].

В Україні на державному рівні одним із перших кроків на шляху до впровадження принципів сталого розвитку стало схвалення Концепції сталого розвитку населених пунктів (постанова Верховної Ради України 24 грудня 1999 р. № 1359–XIV) [7].

Концепція визначила сталий розвиток населених пунктів як «соціально, економічно і екологічно збалансований розвиток міських і сільських поселень, спрямований на створення їх економічного потенціалу, повноцінного життєвого середовища для сучасного та наступних поколінь на основі раціонального використання ресурсів (природних, трудових, виробничих, науково-технічних, інтелектуальних тощо), технологічного переоснащення і реструктуризації підприємств, удосконалення соціальної, виробничої, транспортної, комунікаційно-інформаційної, інженерної, екологічної інфраструктури, поліпшення умов проживання, відпочинку та оздоровлення, збереження та збагачення біологічного різноманіття та культурної спадщини».

З 2001 року зобов'язання щодо забезпечення сталого розвитку населених пунктів при здійсненні планування і забудови території включає Закон України «Про основи містобудування».

Деякі міста і регіони України мають чи розроблюють власні концептуальні та стратегічні документи, які визначають стратегічні напрямки сталого розвитку [6].

15 вересня 2015 року Комісія затвердила ЦСР для України. 17 глобальних цілей розподіляються на 86 окремих завдань розвитку. Ціль №11 – «Сталий розвиток міст і промал» складається з 6 задач (рис. 1.2) [8].





Для сталого розвитку міст необхідно особливу увагу приділяти також і екологічному напрямленню у формуванні планування громадських просторів.

Провідний економіст-еколог і теоретик стабільного розвитку Герман Дейлі [9] вказує на той факт, що природний капітал не завжди може бути замінений економічним капіталом. Цілком ймовірно, що ми зможемо знайти шляхи заміни деяких природних ресурсів, малоімовірно, що вони коли-небудь зможуть замінити екосистемні послуги, такі як захист, що забезпечується озоновим шаром, або функція стабілізації клімату.

Ще одна перешкода для заміни полягає також у багатофункціональності багатьох природних ресурсів. Ліси, наприклад, не тільки дають сировину для паперу (який можна досить легко замінити), але вони також підтримують біорізноманіття, регулюють потік води та поглинають  $\text{CO}_2$ . Інша проблема

погіршення природного капіталу полягає в його частковій незворотності. Наприклад, втрата біорізноманіття, зникнення видів часто є остаточною. Окрім сприяння якості повітря та зниження температури влітку, рослини та маси сіл облагороджують міста, залучаючи людей до активних дій на свіжому повітрі.

Оскільки міста стають все більш щільними, доступ до зелених громадських просторів стане ще важливішим, так як міські зелені насадження можуть знизити рівень стресу людей і покращити добробут у містах. Зелені зони знижують шумовий потік та очищують повітря.

Згідно Цілей ООН вода, зокрема дощова, розглядається як цінний ресурс.

Збільшення дощового стоку та зниження якості води не тільки впливають на природне середовище, але також впливають на здоров'я та благополуччя людини: загроза якості джерела водопостачання, потенціал міських повеней та пошкодження майна, зменшення поповнення підземних вод, а також потреба в модернізації та підтримки громадської інфраструктури управління зливовими водами.

У Європі були розроблені директивні документи, такі як 91/271/ЕЕС «Про очищення міських стоків» або 2000/60/ЕС «Європейська водна директива», що послужили важливим регулятором і стимулюючим фактором для переосмислення того, як вода в місті включається в процес інноваційного поновлення середовища і процесів в ній [10].

Ці документи вплинули на планування міських просторів. В США розвинені такі напрямки як екологічне управління зливовими стоками (Ecological Stormwater Management – ESM), а також екологічно осядливий підхід до дизайну території (Low Impact Design – LID), мета якого управління міськими зливовими стоками. У Великобританії є схожа програма – стійкі дренажні системи (Sustainable Drainage Systems – SuDS), в Австралії розвинена технологія управління зливовими стоками (Water Sensitive Urban Design – WSUD) [11].

Політика екологізації міст є важливою для відродження громад, підвищення якості життя. Політика зосереджена на перевагах громади та



зменшенні негативних наслідків міського розвитку, таких як поверхневий стік та ефект міського теплового острова.

В Україні нині проектування сталих ландшафтів перебуває на початковому етапі розвитку. Зокрема, архітектурна студія Zemlia (Київ) стала використовувати сучасні та екологічні технології в своїй роботі. Як приклад, розроблено проект сталого ландшафту для логістичного підприємства [12].



Рис. 1. Проект сталого ландшафту для логістичного підприємства [12]

В основі лягло максимальне утримання та використання дощової води в межах території та її мінімальний стік в дощову каналізацію. Окрім того, передбачалось використання переважно дикорослих посухостійких трав, які потребують мінімального догляду і підвищують місцеве біорозмаїття.

Вода з дахів будівель спочатку потрапляє в баки для збору дощової води, які встановлюються поруч з фасадами або під землею. Наповнена ними вода використовується для поливу рослин. При переповненні цих баків вода через систему переливу і далі через приповерхневі лотки потрапляє в дощові сади з дикорослими травами, де всмоктується в ґрунт і, відповідно, очищується. Дощові сади розташовані в місцях локального водозбору по всій території [12].



Рис. 1.1 Стале використання дощової води [12]

*Висновок до першого розділу.* Збільшення стрімких урбанізованих територій негативно впливає на навколишнє середовище та соціум, його економічний зростання.

Виявлено, що на початку 1800-х років сталий розвиток як концепція походить від економіки, як дисципліни, ґрунтуючись тим, що чи зможе потенціал обмежених природних ресурсів Землі постійно підтримувати існування зростаючого людського населення. З підвищенням росту населення збільшуються відповідно і потреби жителів, тому потрібно домогтися сталого рівня розвитку, в якому підтримується ресурсозабезпеченість не тільки теперішніх, а й наступних поколінь.

В Хартії Землі, прийнятій на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку (UNCED), йдеться про необхідність інтеграції економічного розвитку, захисту навколишнього середовища, а також соціальної справедливості для сталого розвитку. Згодом у 2015 році були встановлені 17 Цілей сталого розвитку для досягнення кращого та більш сталого майбутнього.

Для України першим кроком у досягненні сталого розвитку стало схвалення Концепції сталого розвитку населених пунктів (Постанова Верховної Ради України 24 грудня 1999 р. № 1359–XIV). Для сталого розвитку міст

необхідно особливу увагу приділяти також і екологічному направленню у формуванні та плануванні громадських просторів. Оскільки міста стають все більш щільними, доступ до зелених громадських просторів стає важливим елементом,

тому що зелені насадження впливають на психо-емоційний стан людей і покращують добробут у містах. Крім того, рослини є стратегічними для міського дренажу та збереження біорізноманіття.

На основі аналізу закордонного досвіду в зеленій інфраструктурі міст виокремлено такі напрямки, як екологічне управління зливовими стоками та екологічно ощадливий підхід до дизайну території. Метою яких є екологічний

підхід до боротьби з наслідками урбанізації. Зокрема, дощова вода має важливе місце. Її можна очищувати, затримувати та повторно використовувати завдяки інженерним рішенням та фінансуванню і законодавчій підтримці держави. В

Україні одним з прикладів можна вказати проектування ландшафтними студіями сталих ландшафтів, де застосовуються екологічні підходи до об'єктів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



# НУБІП України

## РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дощові сади стають одним з елементів програми сталого розвитку міст і виконують важливу роль у зменшенні навантаження на зливну систему міста під час атмосферних опадів, а також беруть участь у очищенні та інфільтрації забруднених стоків заасфальтованих поверхонь. Аналізуючи джерела інформації, завдяки корисним властивостям дощових садів багато країн стали використовувати їх в озелененні міських територій, зокрема, вздовж вулиць, автостоянок, заправок, на приватних ділянках.

Було виявлено, що такі біодренажні структури можуть поглинати та фільтрувати велику кількість стічних вод від різних забруднюючих елементів.

Щоб досягнути хороших результатів, необхідно правильно спроектувати та дотримуватись методики створення дощового саду.

Технологія проектування дощового саду поділяється на наступні етапи: вибір місця його розташування, визначення коефіцієнта фільтрації ґрунту, ефективної площі стоку води та площі дощового саду, встановлення дренажу, підбір рослин [13].

Перший етап. Вибір місця для проектування дощового саду – пониження рельєфу, площа непроникних поверхонь. Далі йде визначення швидкості фільтруючої здатності ґрунту, розрахунок ефективної площі стоку води та площі дощового саду відповідно до методики.

Методика визначення швидкості фільтруючої здатності ґрунту розраховується за допомогою таймера і лінійки. Залежно від дренажної здатності ґрунту необхідно викопати ямку глибиною від 30 см (добра пропускну здатність ґрунту) до 60 см (слабка). Вставити лінійку в середину заглиблення, заповнити її водою, заміряти верхній рівень води, поставити таймер і визначити час



осушення. Виміряти глибину води – відстань на лінійці від верхньої до нижньої позначки. Поділити глибину води на час осушення.

Розрахунок середнього коефіцієнта стоку території водозбору –  $\Psi_{mid}$

(частка від опадів, що випали на водозбірні поверхні, яка буде надходити в дощовий сад) обчислюється за формулою[14]:

$$\Psi_{mid} = S_1 \times K_{s1} + S_2 \times K_2 \dots S_2 + S_n \times K_n / S_{заг.}, \quad (2.1)$$

де  $\Psi_{mid}$  – середній коефіцієнт стоку території водозбору;

$S_1 \dots S_n$  – площа непроникної поверхні,  $m^2$ ;

$K_{s1}$  – постійний коефіцієнт стоку.

Обсяг відведеного стоку від розрахункового дощу  $W_{дощ}$ ,  $m^3$ /добу

визначається за формулою:

$$W_{дощ} = h_a \Psi_{mid} F / 1000,$$

де  $F$  – площа стоку,  $m^2$ ;

$h_a$  – добовий шар атмосферних опадів, мм від дощів з періодом однократного перевищення розрахункової інтенсивності  $P$  (приймаються за 1 рік);

$\Psi_{mid}$  – середній коефіцієнт стоку для розрахункового дощу (визначається

як середньозважена величина в залежності від постійних значень коефіцієнта стоку.

Максимальна глибина чаші дощового саду (см) = коефіцієнт фільтрації ґрунту (см / год)  $\times$  24 год.

Визначивши обсяг утворюючого стоку і глибину дощового саду, розраховують площу саду. Площа дощового саду визначається з врахуванням

можливості накопичення в чаші розрахованого обсягу поверхневого стоку і його фільтрування за період, що не перевищує 24 год.

Рекомендована глибина чаші дощових садів становить 0,3 м. Таким чином, при коефіцієнті фільтрації ґрунту понад 300 мм / добу (12,5 мм / год) і при наявності дренажної системи, площа поверхні дощового саду визначається за формулою:

$$S_{д.с} = V_{дощ} / 1000.$$

При коефіцієнті фільтрації ґрунту менше 300 мм / добу (12,5 мм / год)

$$S_{д.с} = V_{дощ} / K_{доб.ф.}$$

Другий етап. Створення дощового саду починається з виймання місцевого ґрунту на глибину 100–150 см (якщо місцевий ґрунт має коефіцієнт фільтрації менше 25 мм / год, на дні ями влаштовують дренажний шар з щебеню висотою 30–45 см, поверх якого укладається перехідний шар дрібного гравію товщиною 5–10 см.), не ущільнюючи існуючий ґрунт. Ґрунт під дощовим садом розпушити на глибину не менше 30 см. Встановити підключення до трубопровідної системи зливної води. Нижній стік повинен бути діаметром від 10 до 15 см і мати максимальний нахил приблизно 0,5 % (падіння 5 мм на довжину 1 м). Ретельно засипати підводку дренажним матеріалом, як правило, гравієм, з мінімальним вкриттям на 5 см над підземним каналом. Загальна глибина шару гравію (від основи дощового саду до верху) повинна бути не менше 15 см. Зазвичай глибина піщаного шару становить не менше 10 см, щоб запобігти змішуванню верхнього шару з нижнім. Використання місцевого ґрунту в дощових садах бажано звести до мінімуму, оскільки коефіцієнти інфільтрації різняться, а ґрунт схильний до заболочення. Ґрунтова суміш повинна мати початкову проникність не менше 50 мм / год, не повинна містити каміння, пні, коріння або інший деревний матеріал діаметром понад 25 мм і не мати насіння небажаних рослин. Далі викласти ґрунтову суміш шаром 15 см завтовшки і злегка зволожити для ущільнення. Вистелити мульчу до готової водопропускної поверхні, рівень глибини якої, як

правило, становить 30 см. Дренажна частина дощового саду має бути рівною, без ухилів (рис. 2.1) [14].

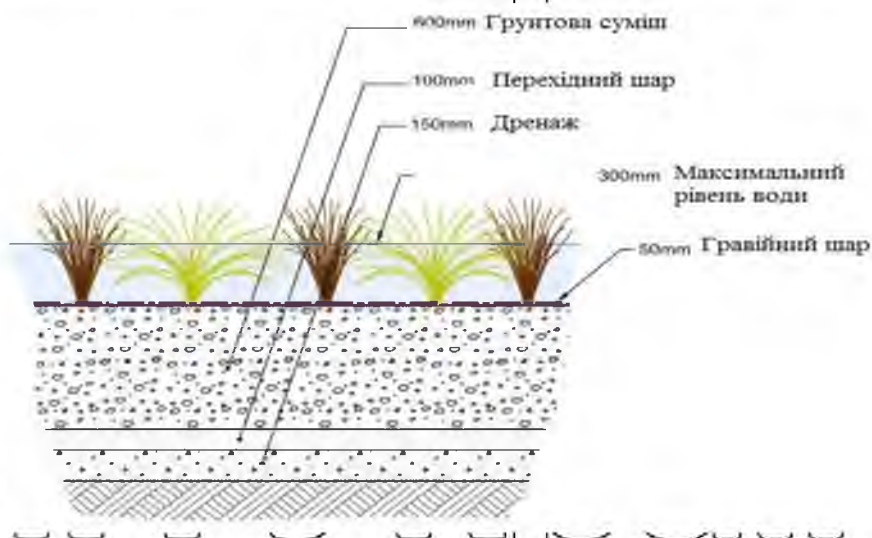


Рис. 2.1. Схема дощового саду у розрізі [14]

Третій етап. Рослини висаджуються згідно проектного плану. Вони протягом перших двох років потребують частішого догляду та поливу, щоб добре вкорінились і прижились. Ґрунтові води можуть забруднитись, використовуючи різні гербіциди, підживлюючі. Рослини повинні бути декоративними (листки приємної форми і кольору), газостійкими, стійкими до збудників хвороб і шкідників, сильних опадів, з помірними темпами росту, адаптовані до складу та кислотності ґрунту, потребувати невеликого догляду, мати тривалий термін експлуатації, і в той же час бажано використовувати види з місцевої флори. Для дерев ширина при посадці має становити не менше 5 м для його подальшого доброго росту; якщо ж не дотримати відстані, коренева система псуватиме покриття тротуарів або доріг.

Для стовбура дерева потрібно встановити загорожу для того, щоб водій автомобіля не заїжджав за межі парковки. Деревя з низько опущеною кроною можуть пошкодити автомобіль, тому їх не рекомендують висаджувати поряд з близьким розташуванням автівок, а також ті види з цвітінням, насінням або стручками, які засмічують дренаж або, як правило, створюють безладний вигляд

Деревні рослини з колючками необхідно уникати в багатолюдних місцях, особливо, де є діти. Вік саджанців повинен становити не менше 57 років, оскільки від сформованості та стійкості залежить їхня ефективність після посадки [13].

*Висновок до другого розділу.* Технологія проектування дощового саду поділяється на наступні етапи: вибір місця його розташування, визначення коефіцієнта фільтрації ґрунту, ефективної площі стоку води та площі дощового саду, встановлення дренажу, підбір рослин.

При виборі місцерозташування дощових садів дотримуються таких умов як пониження рельєфу, визначення загальної площі непроникних поверхонь. Згідно методики проектування дощових садів визначають коефіцієнт фільтрації ґрунту, від якого залежить дренажна система, матеріали.

Підбір асортименту рослин ґрунтується на таких критеріях: стійкість до міських умов та збудників хвороб і шкідників, а також до періодів підтоплення та засухи, сонячне/затемнене місце, природний ареал зростання, габітус.



# НУБІП України

## РОЗДІЛ 3 РОЗВИТОК ДОЩОВИХ САДІВ ТА ВИКОРИСТАННЯ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ ТА АМЕРИКИ

# НУБІП України

### 3.1. Історія виникнення дощових садів

Природні екосистеми планети Земля були першими дощовими садами. Під час опадів вода фільтрується через різні ґрунти, коріння та рослини, перш ніж повертатися до основних водних шляхів (рис. 3.1). З часом цей процес став менш ефективним, оскільки земля була освоєна, а вода почала надходити безпосередньо в річки та канали.



Рис. 3.1. Колообіг води в природі [15]

Через цю проблему дощові сади були спроектовані так, щоб імітувати оригінальний процес руху води. Дощові сади для житлового використання були розроблені в 1990 році в окрузі Принца Джорджа, штат Меріленд, коли Дік Брінкер, забудовник, який будував новий житловий підрозділ, придумав замінити стівок на зону біоретенції. Він звернувся до Ларрі Коффмана, інженера з охорони навколишнього середовища та заступника директора округу з програм



та планування у Департаменті екологічних ресурсів [16]. Результатом стало широке використання дощових садів у Сомерсеті, житловому підрозділі, який має 300–400 квадратних футів (28–37 м<sup>2</sup>) дощового саду у власності кожного

будинку. Ця система виявилася дуже економічно ефективною. Замість системи бордюрів тротуарів та жолобів, які коштували б майже 400 000 доларів,

встановлені посадкові дренажні вали коштували 100 000 доларів [17]. Це також було набагато економічніше, ніж будівництво ставків ВМР, які могли б

обробляти 2, 10– та 100–річні штормові події [16]. Моніторинг потоків, зроблений у пізніші роки, показав, що дощові сади призвели до зменшення стоку

зливових вод на 75–80% під час регулярних опадів [17].

З тих пір використання дощових садів значно зросло, вони стали дуже популярною особливістю як для приватних будинків, так і для бізнесу (рис. 3.2).

Станом на квітень 2021 року в районі Великого Піттсбурга було зареєстровано

127 дощових садів, і кожен з них допомагає зменшити дощовий стік і покращити якість води. З липня 2009 року вони інфільтрували понад тринадцять мільйонів галонів опадів!



Рис. 3.2. Зона інфільтрації, Великий Піттсбург, США [18]



Деякі дощові сади фактично передували їх визнанню професіоналами інструментом LID (Low Impact Development). Будь-яка неглибока садова впадина, реалізована для захоплення та фільтрації дощової води в саду, щоб уникнути зливу води за межами території, є зачаттям дощового саду, особливо якщо рослина посажена та підтримується з визнанням її ролі в цій функції. Придорожня рослинна низина, в даний час позиціонується як «bioswales», залишається традиційною дренажною системою стоку у багатьох частинах світу задовго до того, як розгалужені мережі бетонних каналізацій стали звичайною інженерною практикою в промислово розвиненому світі. Новим у такій технології є розуміння того, що такі інструменти можуть зробити сталий розвиток можливим (рис 3.3). Це настільки ж справедливо для розвинених громад, які модернізують біоремонт у існуючу інфраструктуру управління зливовими водами, як і для громад, що розвиваються, які прагнуть швидшого та більш сталого шляху розвитку [17].



Рис. 3.3. Приклад використання дощових садів на автостоянці, західний кампус коледжу округу Монтгомері, район Потстаун [19]

### 3.2. Системи біоінфільтрації

Біоретенція є однією з найвідоміших практик LID для пом'якшення гідрологічного впливу розвитку урбанізації та покращення якості води в міських районах. Було аналізовано дослідницьку роботу щодо біоретенції, щоб зрозуміти



її функцію, покращити її продуктивність, а також подовжити та передбачити її життєвий цикл.

Методи інфільтрації зливових вод мають різноманітні форми (рис. 3.4), але їхня загальна мета полягає в тому, щоб уповільнити, утримати і в певних випадках затримувати зливі води під час і після шторму [20].



Рис. 3.4. Системи біоінфільтрації

Інфільтраційні басейни побудовані з метою зберігання та просочування зливових стоків до цільового обсягу дизайну (рис. 3.5). Як визначено в «Оцінці найкращого управління зливовими водами. Практики»: «Інфільтраційний басейн

– це природний або споруджений водозбір, який захоплює, тимчасово зберігає та проникає в проектний об’єм протягом прийняттого часу». Вони містять плоску підлогу з густою рослинністю та природно проникні ґрунти [21].

Інфільтраційні басейни можуть бути спроектовані як автономні пристрої для проникнення в резервуар для води та захвату більших потоків до інших об’єктів

біоретенції, що знаходяться нижче за течією, або як комбіновані засоби інфільтрації/контролю повеней, забезпечуючи затримку над зоною інфільтрації.





Рис. 3.5. Сухий ставок [22]

Інфільтраційні басейни (рис. 3.6) добре підходять для дренажних ділянок від 5 до 50 акрів (2.03–20.25 га) з ухилами землі менше 20 % із типовими глибинами в басейні від 2 до 12 футів (0,61–3,66 метра). Вони часто погребують відносно великих земельних ділянок і добре під брану рослинність.

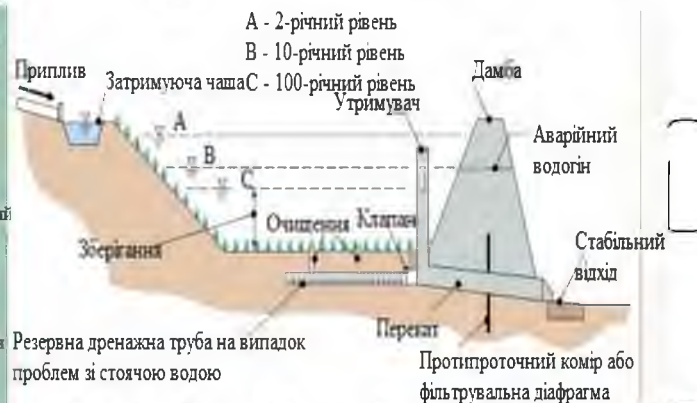
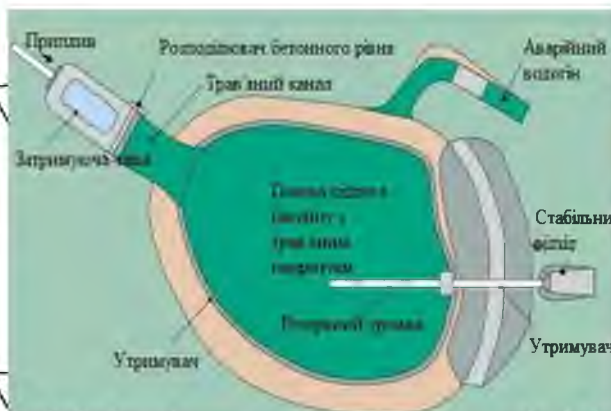


Рис. 3.6. Схема інфільтраційного басейну [23]

*Інфільтраційні траншеї.* Основне призначення інфільтраційних траншей – збирання зливових вод і зменшення стоку об'ємів, дозволяючи воді просочуватися в навколишній ґрунт. «Оцінка Посібник «Найкращі практики управління зливовими водами» визначає інфільтраційні траншеї таким чином

«Інфільтраційна траншея – це неглибока викопана траншея, як правило, глибиною від 3 до 12 футів (0,91–3,66 м), що засипається грубим кам'яним заповнювачем, що дозволяє тимчасове зберігання стоків у порожньому просторі матеріалу. Накопичений вода шляхом інфільтрації проникне ґрунт.

Інфільтраційні траншеї добре підходять для дренажу площею 5 акрів (2,03 га) або менше» [21].



Рис. 3.6. Елементи інфільтраційної траншеї [24]

Інфільтраційні камери – це довгі (> 8 футів) камери, як правило, з прохідні труби, встановлені під землею нижче кореневої зони більшості рослин, за винятком дерев. Палати оточені матеріал високої гідравлічної провідності для збільшення поверхні інфільтрації та запобігання засмічення пористі поверхні на камерах. Площа дренажу зазвичай перевищує 20 акрів (8.12 га).

ChamberMaxx – це гофрована пластикова арочна система з відкритим дном, призначена для економного збору, затримки, утримання та проникнення дощових стоків (рис. 3.7).

Камери формуються під тиском з використанням структурно-ефективної та стійкої до корозії поліпропіленової смолы. Легка конструкція пройшла ретельне випробування щодо навантаження на інтенсивний трафік, камери розроблені для встановлення в зонах з високим навантаженням, де дорожча



земля. Для швидкітратійних застосувань система ChamberMaxx ефективно поповнісе підземні води, крім того, зберігається простір для розвитку, стік зменшується або усувається [25].



Рис. 3.7. Система ChamberMaxx та її використання [25]

*Проникні тротуари.* Основне призначення проникних тротуарів – зменшити обсяги стоку за рахунок конструкції тротуару та просочення в підстилаючий ґрунт. Хоча проникний асфальт / бетон є найбільш поширеними різновидами цих тротуарів, Фергюсон [26] перелічує загалом декілька категорій з цією класифікацією (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Поширені проникні тротуари: пористий асфальт, бруківка з бетонної сітки, пластикова арматурна сітка, пористий бетон, бетонна бруківка з проникаючими стиками та бруківка з натуральних каменів [27]

Система дорожнього покриття спроектована таким чином, що дощова вода проникає через верхній шар тротуару, а потім у резервуар з каменю [21]. Вода з

резервуара потім або просочується в підстилюючий ґрунт, або збирається в систему дренажу з перфорованими трубами, а звідти доставляється до місця наземного скидання (рис. 3.9).

Такі тротуари набувають все більшої популярності; однак іноді їх використання викликає занепокоєння на збільшення витрат на технічне обслуговування та недовговічність.



Рис. 3.9. Складові проникного тротуару [23]

*Дощові сади* – це занижені ділянки, природні або викопані, які засаджуються рослинністю і отримують дощовий стік з прилеглих непроникних поверхонь, такі як розрізи бордюрів. Зібрана дощова вода виходить з дощового саду переважно через інфільтрацію, зменшує об'єм стоку та потенційно поповнює ґрунтові води. Як варіант, деякі дощові сади обладнані дренажами, які



зазвичай використовуються, коли підстилаючий ґрунт має низьку інфільтраційну здатність. Такі дощові сади будують шляхом викопування ґрунту, розміщення системи збору перфорованих труб внизу, засипки з високою проникною здатністю ґрунту, а потім посадки рослин. У цих системах вода скидається через збірну трубу поза дощовим садом і забруднення підземних вод, швидше за все, не викликає занепокоєння [21].



Рис. 3.10. Дощовий сад біля дороги [28]

«Bioswales» або біовали – це канали або траншеї з рослинністю, які транспортують дощову воду, фільтрують та відстоюють тверді речовини, і інфільтрують частину стоку. Інші назви валів – канали, зарослі травою русла, сухі стрижі, рослинні вали, вологі вали. Проникні конструкції іноді встановлюються на шляху потоку, щоб зменшити його швидкість та збільшити інфільтрацію [21].

Розміри більшості bioswales розроблені таким чином, що вода від сильних опадів просочувалась в землю протягом 24 годин. Систему bioswale можна поєднати із зеленими об'єктами району. У поєднанні ці споруди не займають більше місця, ніж звичайне озеленення району.



Рис. 3.11. Біовали у вуличному плануванні [28]

*Фільтрувальні смуги* – це зони з рослинністю, спеціально розроблені та розташовані для наземного потоку зливового стоку. Рослинність фільтрує тверді забруднення і зменшує швидкість стоку. Фільтрувальні смуги також можуть називатися буферними смугами або буферами [21].



Рис. 3.12. Фільтрувальні смуги [28]



*Накопичувальні ставки* – це постійні штучні ставки, які накопичують надлишок стоку. Накопичувальний ставок відомий під кількома різними назвами: водозбірний басейн, вологий ставок, вологий ставок, ставок із

зливовими водами та найкраща практика управління (BMP). Вологі ставки вимагають більшого обслуговування, ніж сухі ставки, оскільки вони є постійним джерелом води. Власник водозбірного басейну, як правило, несе відповідальність за утримання ставка [21].



Рис. 3.13. Накопичувальні ставки [22]

*Висновок до третього розділу.* Дощові сади розроблені таким чином, щоб імітувати природній процес руху води. Одним із перших дощових садів було створено в 1990 році в окрузі Принца Джорджа, США, який зарекомендував себе як економічно вигідний. Цю практику біоінфільтрації стали широко використовувати і є однією з найвідоміших практик LID для пом'якшення гідрологічного впливу розвитку урбанізації та покращення якості води в міських районах.

Аналізуючи методи інфільтрації зливових вод, виділяють такі форми: дощові сади, біовали, фільтраційні / смуги, ставки-западини, інфільтраційні камери, інфільтраційні басейни, інфільтраційні траншеї, проникні тротуари,

накопичувальні ставки. Загальна мета їх полягає в тому, щоб уповільнити і затримувати зливові води під час і після шторму, а також інфільтрувати забруднюючі речовини.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## РОЗДІЛ 4

## ДОЩОВИЙ САД В ЕКОЛОГІЧНОМУ УПРАВЛІННІ ДОЩОВИМИ ВОДАМИ

## 4.1. Вплив урбанізації на гідрологію

Непроникні поверхні включають в себе дороги, тротуарні доріжки, будівлі, споруди та, в деяких випадках, сильно ущільнені міські ґрунти [29]. З видаленням рослинності та створенням твердих поверхонь зменшується інфільтрація дощових вод і природне поповнення підземних вод. Це призводить до збільшення швидкості та обсягів стоку, зменшення інфільтрації [30, 31]. Зміни в гідрології потім негативно впливають на навколишнє середовище [30], включаючи затоплення нижче за течією [33], ерозію берега річки [33, 34, 35]; погіршення якості води через збільшення осаду, шкідливих речовин і важких металів [36, 37], а також скорочення водної біоти [38]. Гідрологічні закономірності до і після розробки концептуально проілюстровані (рис. 4.1) [39].



Рисунок 4.1. Схематична ілюстрація відповідного впливу урбанізації на гідрологію в масштабі водозбору [40]

Зауважте, що стік пост-розробки більший за об'ємом і шкідливішим із нижчим базовим потоком і скороченим часом досягнення піку. Дослідження щодо парковок з твердим покриттям площею 4047 м<sup>2</sup> (1 га) показали, що воно генерує в 16 разів більше стоку, ніж луг такого ж розміру [41]. У міських районах різні забруднювачі, які накопичуються на непроникних поверхнях під час посушливих періодів, згодом змиваються під час шторму, а потім скидаються в приймальні води [42]. Зміна частоти опадів, внаслідок цього – збільшення стоку разом із забруднюючими речовинами міських поверхонь призводять до погіршення якості води та пов'язаного з цим водного життя у приймальних водах. Загалом, ця деградація є результатом збільшення утворення забруднюючих речовин через зміни у землекористуванні внаслідок діяльності людини [43]. Міські зливові води можуть містити численні забруднювачі, включаючи органічні сполуки, патогенні бактерії, важкі метали, токсичні пестициди або гербіциди, сміття, плавучі матеріали [42]. Дощові води дуже мінливі [45], а щодо поживних речовин, таких як фосфор, частина пов'язана з гетеродисперсними твердими частинками [46]. Інші можливі забруднювачі, такі як важкі метали, пестициди, бактерії, вуглеводні та побічні продукти транспортних засобів, також можуть переноситися міськими стоками з непроникних поверхонь до приймальних вод, що спричиняє широкий спектр несприятливих (токсичних, патогенних та санітарних) екологічних [47]. Для отримання додаткової інформації можна ознайомитися з даними Національної програми міського стоку або NURP [48] та Національної бази даних якості зливових вод, або NSQD [49].

#### 4.2. Гідрологічне відновлення

Подробиці польових досліджень біоретенційних ділянок, характеристики вододілу та доступні гідрологічні дані (додаток А.1). Були включені лише дослідження з недостатнім дренажем. Однією з ключових особливостей біоретенції є її здатність імітувати гідроперіод перед забудовою неосвоєного

вододілу і таким чином допомагати підтримувати природний кругообіг води в міських районах. Було проведено дослідження, яке порівнювало потік підводного дренажу з чотирьох біоретенційних ділянок у Гівнічній Кароліні в межах нерозвинених вододілів, що стікають до невеликих струмків, нормалізованих за площею дренажу. Результати вказали на відсутність статистичної різниці між швидкістю потоку з неосвоєних вододілів і показниками відтоку біоретенції протягом двох днів після початку стоку [50]. Це дослідження підтвердило, що біоретенційний відтік може імітувати немілке злиття з потоками, що не є міським, і таким чином сприяти відновленню природного гідроперіоду.

Використання засобів біоретенції також може збільшити час стоку концентрації [51]. Типовий час значення концентрації буде в діапазоні 5–10 хв для стоянки розміром 0,2–0,4 га, що стікає безпосередньо до зливової каналізації.

Навпаки розміщення біоретенційної споруди перед дренажним отвором збільшить час концентрації або час для скидання стоку з чверті години до кількох годин [51], залежно від швидкості потоку через очисне середовище. Через цю ексфільтрацію втрачається до 31% стоку, що надходить у клітини біоретенції, а до 19% – на евапотранспірацію [52].

Щоб підсилити зменшення об'єму відтоку та полегшити денітрифікацію, була введена модифікована конструкція, відома як внутрішнє збергання води (IWS). IWS є додатковою підповерхневою частиною носія для забезпечення об'єму зберігання в камері біоретенції [53].



Рис. 4.2. Розташування води IWS [53]

Шар IWS часто створюється шляхом встановлення коліна на кінці дренажу, щоб утворилася зона IWS між нижньою частиною комірки та верхньою частиною коліна [54]. Введення шару IWS має тенденцію до зменшення стоку.

Більш глибоке занурення IWS призвело до більшого утримання штормового стоку та полегшило гідрологічний вплив на навколишнє середовище.

Випаровування та ексфільтрація відіграють головну роль у зменшенні об'єму клітини біоретенції та її шару IWS [54]. Включення шару IWS може сприяти

видаленню нітратів ( $\text{NO}_3$ ) через процес денітрифікації, забезпечуючи безкисневу зону в нижньому шарі середовища біоретенції [53]. Дослідження біоретенції з

шарами IWS дали позитивні результати 80%  $\text{NO}_3$  видалено [55]. Паспорт та інші

провів польове дослідження, порівнюючи дві клітини біоретенції з травою, включаючи зони IWS, протягом 16 місяців. Значне зниження навантаження

спостерігалось для  $\text{NO}_3$  і нітритів ( $\text{NO}_2$ ), яке коливалось від 47% до 88% протягом

вегетативного періоду [56].

#### 4.3. Дослідження щодо поліпшення якості води за рахунок біоретенції

Результати ефективності видалення забруднюючих речовин із систем біоретенції (додаток А.2) як у лабораторних, так і в польових дослідженнях свідчать про те, що методи біоретенції мають потенціал бути одним із найефективніших BMP для видалення забруднюючих речовин [57].

Вивільнення азоту включає амоніфікацію, випаровування, нітрифікацію, денітрифікацію та вегетативне поглинання. Швидкість поглинання N залежить

від швидкості росту рослин і концентрації неорганічних форм N [58]. Польовий

відбір проб та аналіз на 3 ділянках біоретенції виявили, що високі річні коефіцієнти видалення маси  $\text{NO}_3$  варіюються від 13% до 75% [59].

Фосфор може служити гальмівною заслінкою для продуктивності більшості прісноводних систем і може призвести до евтрофікації при високих витратах [60]. Основними процесами обробки для видалення P в рамках

біоретенції є осадження, адсорбція, фільтрація та поглинання рослинністю. Осадження Р відбувається, коли перевищено критичну концентрацію і дві або більше речовин об'єднуються, утворюючи тверду фазу [61]. Іони Р можуть легко адсорбуватися багатьма ґрунтами за допомогою процесу іонного або лігандного обміну [62]. Адсорбція вважається необхідним процесом для видалення Р в межах біоретенції. У системах біоретенції частинки фосфору (Р) можуть утримуватися в ґрунтах шляхом фільтрації та стати частиною системи біоретенції ґрунт-вода [63]. Розчинний  $PO_4$  є найбільш легкодоступною формою видів Р для вегетативного поглинання [64]. Дослідження показало, що середня концентрація  $PO_4$  зменшилася на 0,21–0,25 мг/л у водоймі ставка та до 0,03 мг/л у воді на дні інфільтраційного шару. Ефективність видалення не знижувалася протягом 9 років моніторингу [65].

Метали викликають особливе занепокоєння через їх потенціал накопичення екоотоксичності [64]. Помічено, що поверхневий шар біоретенційних систем відіграє значну роль в утриманні металів [67]. Польові дослідження показують, що біоретенція є ефективним засобом для видалення важких металевих елементів зі стоку. З 2004 по 2006 рр. досліджували камеру біоретенції в міських умовах у Північній Кароліні. Відбулося значне зниження концентрацій Cu, Zn і Pb [59]. Інша ділянка біоретенції в окрузі Колумбія накопичила Zn, Pb і Cu із загальними концентраціями металів 532, 660 і 75 мг/кг відповідно [67].

Загальні зважені тверді речовини (TSS) можна ефективно видаляти через шари біоретенції, як правило, шляхом осадження в басейні та фільтрації в середовищі. Польове дослідження двох ділянок в Меріленді задокументувало 54% і 59% масового видалення TSS [68]. Необхідно дотримуватися обережності, щоб уникати використання біоретенції як уловлювача осаду. Незважаючи на їх ефективне видалення осаду, може виникнути засмічення.

Бактерії, які можуть викликати інфекцію, є основною проблемою якості води, яку можна лікувати шляхом біоретенції. Значне зменшення патогенних

бактерій спостерігалось в міській біоретенції: коефіцієнти ефективності для фекальної палички та кишкової палички становлять 0,69 та 0,70 відповідно [69].

В одному дослідженні вивчалось покращення якості води численних параметрів забруднюючих речовин, включаючи загальний миш'як, загальний кадмій, хлорид, загальний вміст хрому, загальну та розчинену мідь, кишкову паличку (*E. coli*), фекальна паличка, свинець, ртуть, види N, олії та жири, види P, загальний органічний вуглець, TSS та Zn за допомогою моніторингу протягом 15 місяців у 2 ділянках біоретенції в Мерленді [70]. На мінливість ефективності обробки біоретенцією може впливати навколишнє середовище ділянки, включаючи клімат, ґрунтові води, характеристики навколишнього вододілу та фонові рівні забруднювачів.

#### 4.4. Програми управління зливовими водами

Зазвичай велика кількість зливних вод випадала лише під час великих штормових подій, коли кількість опадів або танення снігу була швидкою і вода поглиналася в ґрунт. З появою широкомасштабного розвитку та урбанізації, площа непроникної поверхні в США становила приблизно 40 005 кв. миль. з додатковими 316 кв. миль., що збільшується щороку [71]. Дороги, дахи, тротуари та паркінги створили відповідне збільшення зливних стоків. Крім збільшення непроникності поверхні, ґрунти, які можуть ущільнюватися через вплив людини, втрачають здатність поглинати стік під час штормових подій [72].

Особливе занепокоєння у великих містах, таких як Нью-Йорк, Чикаго та Вашингтон – проблема забруднення водою. Ці міста та багато інших муніципалітетів по всій країні мають комбіновані каналізаційні системи. Ці системи були розроблені для збору ливневих стоків, промислових, стічних вод, в одній системі. Однак під час великих штормових подій часто виникає навантаження, зливної води загато багато, щоб система могла переробити, і комбіноване каналізаційне переповнення (CSO) вивільняється в найближчу зручну водоюму, щоб уникнути резервного копіювання в системі [73]. У Нью-



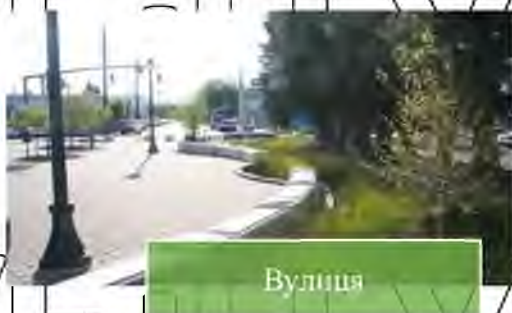
Нью-Йорку, наприклад, понад 27 мільярдів галонів забрудненої зливової води виливається в гавань щороку [74].

На всіх рівнях управління наслідки попереднього неправильного поводження з дощовими водами призвело до широкомасштабних ініціатив щодо вдосконалення практики, і в результаті, покращити якість води. На

федеральному рівні Агентство з охорони навколишнього середовища (EPA) створило Національну систему усунення забруднюючих речовин (NPDES), яка містить вимоги до Best практики управління зливовими водами. Їх програма

орієнтована на всіх із штатів та муніципалітетів підрядникам та приватним особам [75]. У штаті Нью-Йорк Департамент охорони довкілля (DEC) створив

новий посібник із проектування управління зливовими водами міста, яке відповідає вимогам EPA та надає регіонально специфічну інформацію для створення BMP для штату Нью-Йорк [76].



Вулиця



Міська площа



Поруч з міськими спорудами



Парковка

Рис. 4.3. Приклади використання дощових садів [19]

На муніципальному рівні також вирішуються питання проникнення зливових вод в потрібне місце. Два з найкращих прикладів – у Нью-Йорку та

Сіракузах. У Нью-Йорку був створений комплексний План сталого управління зливовими водами PlaNYC [76].

Програма дощу [77]. Цей комплекс об'єднаних ініціатив, що включає широкомасштабне створення зеленої інфраструктури; програми дощових бочок і збільшення міського навісу – це напрямки, спрямовані на зменшення забрудненого стоку зливових вод, потрапляючих у водні системи [28].

У різних країнах світу створюють власні програми щодо управління зливними потоками.

Австралія. Програма «Здорові водні шляхи «Рейнгарденс» пропонує просту та ефективну форму очищення дощових вод та має на меті підвищити обізнаність людей про те, як ефективно управління зливовими водами сприяє здоровим водним шляхам. Програма заохочує людей будувати дощові сади вдома, і досягла своєї мети – побачити до 2013 року 10 000 дощових садів у Мельбурні [78].

База даних мельбурнських водних проєктів міського дизайну з чутливістю до води включає 57 тематичних досліджень, що стосуються дощових садів/систем біозатримання. Мельбурн Вода – це урядова установа штату Вікторія, яка відповідає за управління водозборами Мельбурна [79].

«Water By Design» – це програма з розбудови потенціалу, яка підтримує впровадження «Містобудівництва, чутливого до води», включаючи дощові сади, у Південно-Східному Квінсленді. Він був заснований Партнерством «Здорові водні шляхи» Південно-Східного Квінсленду в 2005 році як невід'ємний компонент Стратегії SEQ «Здорові водні шляхи».

Великобританія. Лондонський центр водно-болотних угідь Wildfowl and Wetlands Trust має в основі дощовий сад, розроблений Найджелом Даннетом [80].

Рада Лондонського округу Іслінгтон доручила консультантам зі сталого водовідведення Роберту Брей Асоріейтс спроектувати пілотний дощовий сад у будівництві Бшбі-Гроув, який був завершений у 2011 році. Цей рейнгарден харчується від типової скромної внутрішньої водозбірної площі даху площею



30 м<sup>2</sup> і покликаний продемонструвати, як простий і варто встановлювати економічно-ефективні вітчизняні дощові сади. В конструкцію було вбудовано моніторинговий апарат, що дозволяє Університету Міддлсекс відстежувати обсяги води, якість води та вологість ґрунту. Глибина басейну з садом становить 300 мм і має місткість для зберігання 2,17 м<sup>3</sup>, що трохи більше обсягу, необхідного для зберігання стоку з водозбірного басейну під час шторму 1 на 100 років 30% надбавок до зміни клімату [81; 82].

Проект Day Brook Rain Garden Project впровадив низку дощових садів на існуючій житловій вулиці в Шервуді, Ноттінгем [83].

США. Кампанія 12 000 дощових садів для Puget Sound координує зусилля щодо побудови 12 000 дощових садів у басейні Puget Sound у Західному Вашингтоні до 2016 року. Веб-сайт 12,000 дощових садів надає інформацію та ресурси для широкої громадськості, фахівців ландшафту, муніципального персоналу та осіб, що приймають рішення. Надаючи доступ до найкращих поточних інструкцій, простих у використанні матеріалів та мережі підготовлених майстрів-садівників "Наставника дощового саду", ця кампанія прагне щороку захоплювати та очищати понад 200 мільйонів галонів забрудненого стоку, і тим самим значно покращити якість води Puget Sound [84].

Мейплвуд, штат Мінесота, впроваджує політику заохочення жителів встановлювати дощові сади. У багатьох мікрорайонах до кожної нерухомості додавалися місця, але встановлення саду на дачі було добровільним. Проект був партнерством між містом Мейплвуд, Департаментом ландшафтної архітектури Університету Мінесоти та Володільним районом Вашингтона. Була проведена фокус-група з мешканцями та опублікована, щоб інші громади могли використати її як ресурс під час планування власних проектів дощових садів.

Деякі місцеві урядові організації пропонують місцеві гранти мешканцям на встановлення садів. У окрузі Дакота, штат Мінесота, округ збереження ґрунтів та вод округу Дакота пропонує гранти та технічну допомогу у розмірі 250 доларів США у рамках їх програми «Озеленення чистої води».



Рис. 4.4. Вид на внутрішній дворик і оливковий гай з дощовим садом, Каліфорнія, США [85]

У Сіетлі прототипний проект, який використовувався для розробки плану всього міста, був побудований у 2003 році. Під назвою «SEA Street» для «Street Edge Alternatives», був радикальний ремонт житлової вулиці. Вулицю змінили з типової лінійної доріжки на пологий вигин, звужений, з великими дощовими садами, розміщеними вздовж більшої частини вулиці. Вулиця має на 11% менш непроливу поверхню, ніж звичайна вулиця. Уздовж цього 3-х блонного відрізка дороги є 100 вічнозелених дерев та 1100 чагарників. 12-річне дослідження показало, що кількість зливових вод, що виходять з вулиці, скоротилося на 99% [86].

10,000 Rain Gardens – громадська ініціатива в районі метро Канзас-Сіті, штат Міссурі. Власникам нерухомості пропонується створити дощові сади з кінцевою метою – 10000 окремих садів.

Рада Західного Мічигану з питань навколишнього середовища заснувала Дощові сади Західного Мічигану як програму підвищення якості води [87].

Також у штаті Мічиган Управління водних ресурсів округу Південно-Східний Окланд опублікувало брошуру, яка б закликала мешканців додати до своїх ландшафтів дощовий сад, щоб покращити якість води у вододілі річки Руж [88].



У окрузі Вашингтон власники будинків можуть добровільно взяти участь у програмі Уповноваженого з водних ресурсів «Дощовий сад», в рамках якої щорічно відбирають волонтерів для безкоштовного професійного ландшафтного дизайну. Власники будинків самі будують сади, а також платять за матеріал для озеленення. Фотографії садів, а також проектні документи та розрахунки дренажу доступні в Інтернеті [89]. Офіс Уповноваженого Комісару з водних ресурсів округу Вашингтон також пропонує щорічно особисто та в режимі онлайн майстер-класи від садівників, які допомагатимуть тим, хто зацікавлений у дизайні, будівництві та догляді за дощовим садом [90].

Місто Портленд, штат Орегон, запровадило програму винагороди за чисту річку, щоб заохотити жителів відключати водостічні труби від об'єднаної каналізаційної системи міста та створювати дощові сади. Пропонуються майстер-класи, знижки на рахунки за зливову воду та веб-ресурси [91].



Рис. 4.5. Дощовий сад у конференц-центрі Орегона США [92]

У штаті Делавер декілька дощових садів було створено завдяки роботі Агентства водних ресурсів Університету штату Делавер та екологічних організацій, таких як Асоціація річок Аппоквімінк [93].

У Нью-Джерсі Програма розширення водних ресурсів Rutgers Cooperative вже встановила понад 125 демонстраційних дощових садів у приміських та міських районах. Програма водних ресурсів почала зосереджуватися на використанні дощових садів як зеленої інфраструктури в міських районах, таких як Камден та Ньюарк, для запобігання локальним підтопленням, комбінованим переливам каналізації та покращенню якості води. Програма водних ресурсів також переглянула та підготувала посібник з дощового саду у співпраці з Товариством рідних рослин Нью-Джерсі [94].

За даними Департаменту охорони навколишнього середовища штату Массачусетс, дощові сади можуть видалити 90% загальної суспензії, 50% азоту та 90% фосфору [94].

Доктор Аллен Н. Девіс – професор екології та цивільного будівництва в Університеті Меріленду, Коледж-Парк. Протягом останніх 20 років Девіс та його команда вивчали ефективність дощових садів. Для своїх досліджень вони побудували два дощові сади на території кампусу біля вододілу річки Анакостія восени 2001 року [95]. Значна частина стоку з університетського містечка Мерілендського університету, члена Партнерства з відновлення вододілів Анакостії, потрапляє в Анакостію. Річка, що впадає в затоку Чесапик. Це дослідження вважає дощові сади дуже ефективним методом захоплення та фільтрації води, заохочуючи інших у вододілі Чесапикської затоки впроваджувати дощові сади.

Дослідження Девіса показало, що дощові сади допомагають у захопленні та біорозкладанні забруднювачів, таких як зважені речовини, бактерії, метали, нафта та олії.

Якість води, проаналізована в Університеті штату Меріленд, продемонструвала значне збільшення прозорості води після фільтрації дощових садів [18].

У Центрі дітей раннього віку (СУС) Університету Меріленду є дощовий сад, розроблений студентами кафедри рослинництва та ландшафтного



землеробства. Дощовий сад дозволяє викладачам СУС навчати майбутніх студентів щодо сталості [96].

Китай. У Технологічному університеті Китаю в Сіані був побудований дощовий сад для спостереження та вивчення протягом 4 років. Це дослідження показало, що протягом 4 років у Сіані було 28 великих штормових подій. Протягом цих 28 штормів дощовий сад зміг утримати опади від більшості штормів. Лише 5 з них спричинили переповнення дощового саду [97]. Дощові сади в цьому субгумідно-лесовому районі Сіаня в Китаї є малоінтегрованими (LID) [97].

Китай планує реалізувати програму "місто-губка" у відповідь на повені міст. Ця програма надаватиме пріоритет природному середовищу та включатиме дощові сади, зелені дахи, водно-болотні угіддя та більш проникні поверхні, щоб уповільнити утримання ливневої води [98].



Рис. 4.6. Дощові сади в парку злітно-посадкової смуги Сюхуей, Китай [99]

*Висновок до четвертого розділу.* Вплив урбанізації негативно впливає на гідрологію міських територій. Утворюється причинно-наслідковий ланцюжок: з непроникних поверхонь під час дощу всі опади розчиняють в собі шкідливі речовини, утворюють підтоплення, збільшують обсяг стічних вод, потім

утворюються ерозії, забруднена вода виливається у природні водойми, внаслідок чого, це призводить до погіршення якості води, збільшується осад важких металів та скорочується кількість мешканців водойм.

Тверді непроникні поверхні утворюють в 16 разів більший стік опадів, ніж лугові території. Створення біоретенційних ділянок значно покращують якість води. Суть біоретенції полягає в імітації природного водного циклу: стічна вода потрапляє до цих понижених ділянок, затримується і завдяки дренажним шарам та рослинам інфільтрується. Методи біоретенції досягли ефективності у видаленні шкідливих речовин, важких металів, це досліджено в лабораторіях та

польових умовах. Значне зменшення патогенних бактерій спостерігалось в міській біоретенції, дослідження показало хороші коефіцієнти ефективності для фекальної палички та кишкової палички.

Оскільки методи біоінфільтрації ефективно зарекомендували себе, багато держав почали їх на законодавчому рівні вносити в проектування міських територій. Як приклад, у США створено практику управління зливовими водами (BMP). Їхня програма орієнтована на всіх із штатів та муніципалітетів підприємствам та приватним особам.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 5 КОНСТРУКЦІЯ ДОЩОВОГО САДУ

Дощовий сад має нескладну конструкцію (рис.5.1), модель може мати будь-яку форму, якщо вона може захоплювати стік. Він контролює якість зливової води шляхом відстоювання, фільтрації, асиміляції, адсорбції, деградації та розкладання. Направляючи воду через ґрунт і рослинність, досягається уловлювання частинок забруднюючих речовин, тоді як атмосферні забруднювачі захоплюються мембранами рослин, а потім осідають в ґрунті, де більшість з них починає руйнуватися.

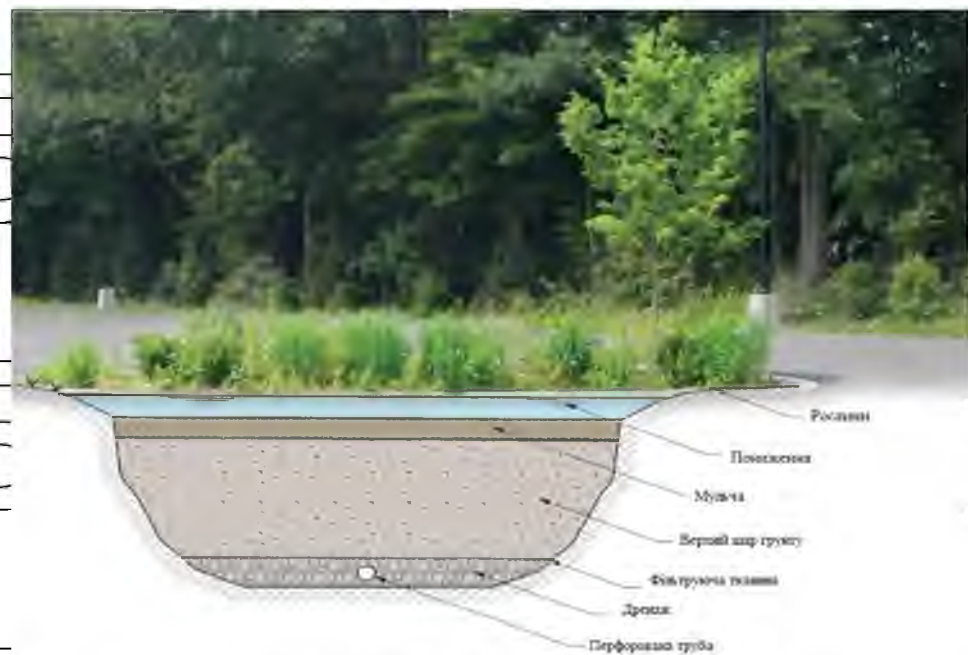


Рис. 5.1. Складові елементи дощового саду [100]

Надводний борт забезпечує потенційне зберігання води простір, над верхнім шаром ґрунту. Глибина надводного борту вимірюється від рівня проїжджої частини або пішхідної доріжки до верхнього шару ґрунту.



Мульча. Необхідно мінімум 2 дюйми. Краще використовувати компост, соснову щипку, головне, щоб матеріал не плавав під час повені. Мульча допомагає придушити бур'яни та зменшити їх кількість, конкуренцію за воду та поживні речовини в той час, як рослини тільки були висаджені.

Верхній шар ґрунту зазвичай складається з суміші ґрунту, піску і компосту. Дощові сади часто мають більш піщаний склад ґрунту, ніж зазвичай, щоб забезпечити швидшу інфільтрацію. Співвідношення: 50% піску, 30% верхнього шару ґрунту і 20% компосту підійде для більшості рослин, хоча не всі рослини добре справляються з умовами піщаного ґрунту [101]. Мінімальна глибина верхнього шару ґрунту становить 300 мм для чагарників і трав'янистих рослин. Можна розглянути меншу глибину 200 мм для дощових садів, які будуть покриті дерном або засіяні насінням з польовими квітами.

Перехідний шар з крупнозернистого піску, мінімальною товщиною 10 см.

Щоб сприяти дренажу, гідравлічна провідність тут повинна бути вище, ніж у накладеного фільтруючого матеріалу.

Фільтруючу тканину можна за бажанням вкласти. Вона стане як доповненням до фільтрації забруднюючих речовин.

Дренажна система складається з дрібних заповнювачів (розмір гравію від 2 до 7 мм). Основною функцією цієї зони є збір і транспортування очищеної зливової води, утримання і зберігання запасу води, доступного для рослин в посушливі часи. Товщина цієї зони занурення повинна бути від не менше 30 см.

Дощові сади повинні бути спроектовані так, щоб максимально використовувати кількість води, яка може проникнути в ґрунт оскільки це зменшує тиск на дренажну систему мережі, поповнює ґрунтові води та підтримує базовий стік у річки.

Перфоровану трубу встановлюють в підоснову, яка з'єднується з трубою поверхневого водовідведення мережі. Важливо, щоб дощові сади не заболочувалися і мали достатньо об'єму для наступних атмосферних опадів [102].

Обмеження розміру отвору водостоку діаметром 25 мм зменшить потік менше, ніж до 1 літра в секунду.

Можливість інфільтрації залежно від типу ґрунту можна розділити на три великі категорії, як зазначено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

## Категорії інфільтрації

Категорія	Тип ґрунту	Додаткові функції
Повна інфільтрація	Гравійні або піщані ґрунти	Додаткові функції дренажу не потрібні
Часткова інфільтрація	ґрунти, що представляють собою суміш глини та гравію або інші компоненти	Частина води зберігається під час дощу, але потрібні додаткові дренажні функції, щоб заболочення не відбувалось
Відсутність інфільтрації	Глинистий ґрунт	Потрібні додаткові функції дренажу

Швидкість інфільтрації поля приблизно дорівнює гідралічній провідності ґрунту за умов стійкої інфільтрації в насичених умовах (гідралічний градієнт дорівнює 1) та ґрунтові води не заходять вище дна інфільтраційної конструкції.

Таблиця 5.2

## Мінімальні показники інфільтрації гідрологічних груп ґрунтів NRCS

Група	Текстура ґрунту	Мінімальна швидкість інфільтрації (дюйм/год)
A	Пісок або супісок	0,30 - 0,45
B	Мул або суглинок	0,15 - 0,30
C	Піщаний суглинок	0,05 - 0,15
D	Суглинок, глина	0 - 0,05

Примітка. Таблиця швидкості інфільтрації приблизно дорівнює насиченій гідралічній провідності [103].

Простий спосіб оцінити швидкість інфільтрації ґрунту необхідно викопати яму не менше 500 мм глибини і наповнити водою, якщо вона спорожніла протягом кількох годин, то цілком ймовірно, що ґрунт добре просочується і необхідності в дренажу не буде (цей експеримент слід повторити хоча б один раз для підвищення надійності результатів).

Рослини є невід'ємною частиною всіх перерахованих вище методів інфільтрації зливових вод. Вони відіграють важливу роль в успішності цих практик. Рослини мають чимало переваг:

- забезпечують канали інфільтрації для проходження води через кореневу систему [103].
- сприяють видаленню забруднюючих речовин, таких як важкі метали, із затриманих зливових вод, у поєднанні з ґрунтовими мікроорганізмами [104].
- допомагають утримувати ґрунти, зменшуючи ерозійні процеси, спричинені зливовими водами [105].
- сповільнюють стік, що, у свою чергу, може призвести до осідання деяких зважених речовин, осаду [106].
- естетична цінність [106].
- покращують якість повітря за рахунок поглинання газоподібних забруднюючих речовин
- зменшують ефект міського теплового острова за допомогою випарного охолодження та затінення
- поглинають атмосферний вуглець
- примножують біорізноманіття та створюють середовища проживання дикої природи [107].

Враховуючи всі ці переваги, дуже важливо включати рослини в методи інфільтрації. Існує ряд факторів, які потрібно враховувати при посадці рослин.

Для дощових садів, де естетика є головним пріоритетом бажано забезпечити рослини з різними термінами квітнування та кольорами. Важливо врахувати їх стійкість до низьких температур взимку.

Сонячне світло також впливає на типи рослини, які можуть підійти для дощового саду. Рослини, які можуть переносити тінь, слід враховувати в ділянки, затінені деревами, мостами чи будівлями.

Необхідно обирати ті рослини, які переносять посушливі умови, а також періодичне перезволоження. Є деякі породи дерев, наприклад, вільха, яка може переносити сухі і вологі умови краще за інші. використання різноманітних видів рослин покращує функціональність. Диверсифікація складу насаджень між функціональними групами – однодольними та дводольними, вічнозеленими та листяними, а також видами з дрібним та глибоким корінням – може посилити конкуренцію за поживні речовини, продуктивність біомаси та стійкість до стресу[108].

*Висновок до п'ятого розділу.* Дощовий сад має такі складові: надводний борт 30 см глибини для утримання та зберігання води, шар мульчі 5 см для збереження вологи, верхній шар ґрунту від 20 см, перехідний шар з крупнозернистого піску 10см, фільтруюча тканина, дренаж не менше 30 см, перфорована труба діаметром 25 мм, рослинність.

Від типу ґрунту залежить швидкість інфільтрації (у піщаного становить найшвидший показник, для глини – найповільніший).

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 6

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВИХ САДІВ

На основі проведених досліджень встановлено, що на території Житомирської області, Радомишльського району, с. Ірша можуть бути використані такі системи біоретенції як біовали, дощові сади, інфільтраційні траншеї. Даний населений пункт поступово розширюється, удосконалюється, тож ми обрали саме його. Перспективними для села є дощові сади. Їх можна використати в сільській місцевості, а саме вздовж доріг, на автостоянках, на приватній території. Нами було підібрано 5 потенційних місць, при визначенні яких ми керувались такими критеріями: пониження рельєфу, великий стік з непроникних поверхонь, відсутність підземних комунікаційних систем (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Потенційні місця розташування дощових садів

Наступним кроком є визначення ґрунтово-кліматичних умов. Село Ірша розташоване в природній зоні Полісся. Клімат тут помірно-континентальний.



Зима відносно м'яка, а влітку тепло та волого. Середня температура повітря в січні  $-6^{\circ}\text{C}$ , але морози іноді доходять до  $30-35^{\circ}\text{C}$ . Ґрунти промерзають до 60 см. Тривалість без морозного періоду 150–170 днів. Середньорічна кількість опадів на території району становить 612 мм, в літні місяці при місячній нормі 90 мм, за добу може випасти до 40 мм. Сніговий покрив на території району невисокий (12–30 см) та нестійкий. Кількість днів з сніговим покривом 90–100 на рік. Ґрунти переважно дерново-підзолисті, суцільного механічного складу [109]. Глибина залягання води від 20 м.

Оскільки умови для створення ділянок біоретенції на території села однакові, можна розробити одну модель для дощового саду (рис. 6.2). Коефіцієнт фільтрації ґрунту хороший і становить  $12,5 \text{ см/год} > 0,25 \text{ см/год}$ . Отже, глибина становитиме 1,3 м.

Надводний борт

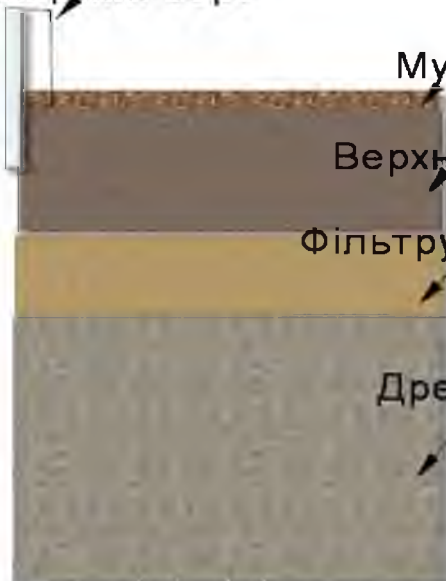


Рис. 6.2. Схема конструкції дощового саду

Дренажний шар (65 см) складатиметься з піску, компосту та місцевого ґрунту 5:3:2. Фільтруючий шар ґрунту з річкового піску 15 см товщиною. Верхній шар – місцевий ґрунт у поєднанні з компостом 1:1. М'яка – 5 см товщиною з соснові щіпки. Надводний борт має становити не менше 30 см для вільного місця затримки стічної води.

Рослини потрібно підбирати згідно критеріїв, описаних вище. Отже, можна розподілити їх на світлолюбні і тіневитривалі (табл. 6.1).

Автостоянка знаходиться біля магазину «Дубок» (рис. 6.3), розміром  $18 \times 20$  м.



Рис. 6.3. Розміщення автостоянки

Є пропозиція зробити дощовий сад Т-подібної форми, оскільки можна підключити водостічну трубу з магазину, а також напряму приймати зливні потоки з дороги, що примикає до парковки. А також для доповнення встановити георешітки з газсоном. Таким чином забезпечиться повний водозбір до майбутнього дощового саду.

Щоб розрахувати площу дощового саду потрібно визначити загальну площу водостоку (сума прилеглих площ непроникних поверхонь), середній коефіцієнт стоку і об'єм стоку. Згідно методики проектування дощового саду [23], розраховуємо дані показники.

Загальна площа водостоку –  $559,5 \text{ м}^2$ :

- площа даху –  $90,0 \text{ м}^2$ ;
- площа мощення –  $239,5 \text{ м}^2$ ;
- площа основної дороги –  $110,0 \text{ м}^2$ ;
- площа газону –  $120,0 \text{ м}^2$ .



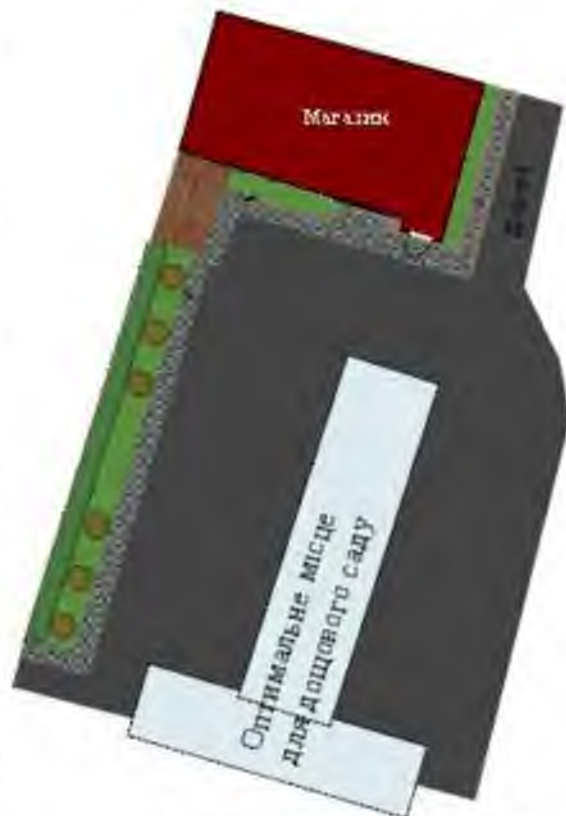


Рис. 6.3. Заплановане місцезосташування дощових садів

Середній коефіцієнт стоку – це частка від опадів, що випали на водозбірні поверхні, яка надходить до дощового саду. Середній коефіцієнт стоку  $\Psi_{\text{mid}}$

$$\Psi_{\text{mid}} = (90,0 \times 0,95 + 239,5 \times 0,75 + 110,0 \times 0,95 + 120,0 \times 0,1) / 559,5 = 0,68$$

Об'єм стоку при відсутності передиву становить:

$$W_{\text{дош}} = (27,1 \times 0,68 \times 559,5) / 1000 = 10,3 \text{ м}^3$$

При коефіцієнті фільтрації ґрунту (супіщаний)  $K_{\text{ф}}^{\text{дош}} 12,5 \text{ см/год} \times 24 \text{ год.} = 300 \text{ мм/добу}$ , площа поверхні дощового саду становитиме:

$$S_{\text{д.с.}} = W_{\text{дош}} / h_{\text{ч}}, S_{\text{д.с.}} = 10,3 / 0,3 = 34,3 \text{ м}^2$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Отже, дощовий сад запроєктовано прямокутної форми розміром  $5,0 \times 2,0 \text{ м}^2$  та  $16,2 \times 1,5 \text{ м}^2$ .

Далі використовуємо вище розроблену конструкцію.

# НУБІП УКРАЇНИ

Асортимент рослин складається з *Hemerocallis lilio-asphodelus* L., *Carex appropinquata* Schumach, *Monarda 'Pardon my Purple'*, *Iris sibirica* L., *Panicum virgatum* L. (рис. 6.3).

*Hemerocallis lilio-asphodelus* L. – багаторічник, має квітки жовті, мечоподібні, вузькі, вигнуті листки, з квітконосами заввишки до 1 м.

# НУБІП УКРАЇНИ

Невибагливість до умов вирощування та догляду. Зберігає привабливість тривалий час, поєднує різних відтінків листя. Здатний зростати в тіні. Запасає вологу в корінні, тому полив потрібен тільки в посушливий час [110].

*Carex appropinquata* Schumach. – багаторічна трав'яниста рослина, невибаглива, висота кущика 50 см. Ширина пластини листка – 4 мм. Суцвіття – колосок, 8 см завдовжки, довгасте. Природним середовищем є болота [111].

# НУБІП УКРАЇНИ

*Monarda 'Pardon my Purple'* – багаторічна квітуча рослина. Висота 35 см, кущик досить компактний. Листки темно-зелені, блискучі. Квітки великі фіолетово-малинового кольору. Світлолюбна, невибаглива [112].

# НУБІП УКРАЇНИ

*Iris sibirica* L. – багаторічник, 100 см заввишки. Листки лінійні, мечоподібні. Квітки фіолетово-сині. Невибаглива рослина, витримує перезволоження, зростає у заплавах, на берегах річок [113].

# НУБІП УКРАЇНИ

*Panicum virgatum 'Heiliger Hain'* – багаторічна рослина сімейства Злакових. Стебла жорсткі, прямостоячі, листки блакитно-зелені. Суцвіття сирувато-зелені з відтінком червоного. Висота 130 см. Світлолюбна, невибаглива [114].

# НУБІП УКРАЇНИ





*Hemerocallis lilio-asphodelus*  
L.



*Carex appropinquata*  
Schumacher



*Monarda 'Pardon my Purple'*



*Panicum virgatum 'Heiliger Hain'*



*Iris sibirica* L.

Рис. 6.3. Асортимент рослин для дощового саду

Дані рослини витримують міські умови, засушливі періоди, а також підтоплення.

Таким чином озеленення автостоянки складатиметься з дощових садів та, в додаток, георешіток з газонними травами, для краної затримки дощової води.

Для решти місць ми пропонуємо ту саму модель дощового саду, але з різним поєднанням рослин. Вказані території знаходяться на сонячних місцях, тому перевагу надали геліофітам.

Завдяки створенню дощових садів сприятиметься поповнення підземних вод. Зменшиться об'єм стоку, тим самим зменшиться розміри та вартість об'єктів водовідведення та контролю зливових вод.

Забезпечиться часткове ослаблення пікових потоків, тим самим зменшиться місцеве затоплення. Підходить для невеликих або обмежених місць.



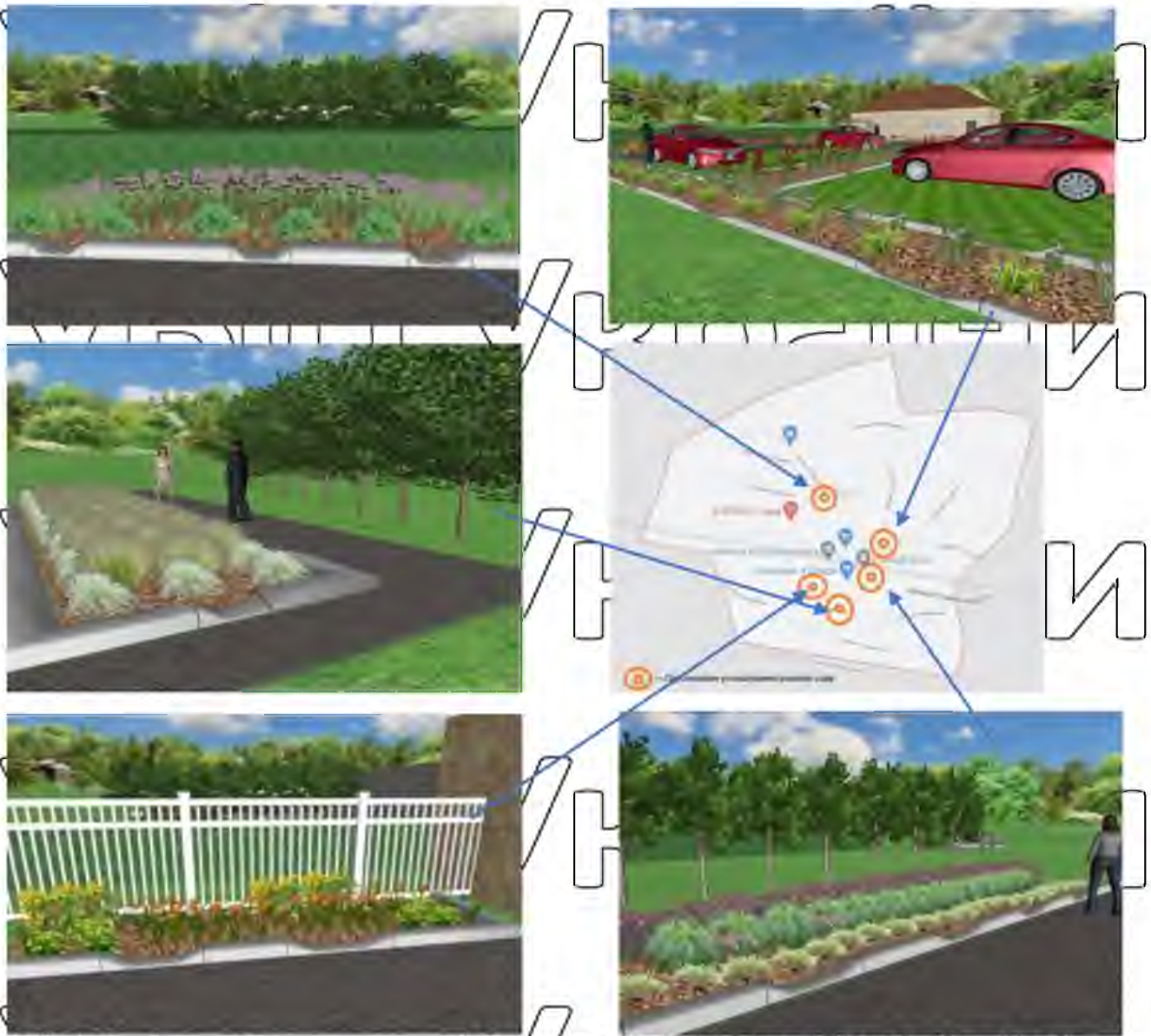


Рис. 6.5. Пропозиції оформлення дощових садів

На розі вулиці Привокзальної та Новоселів ми пропонуємо озеленити дощовий сад за допомогою *Carex appropinquata* Schumach, *Panicum virgatum* 'Heiliger Hain'. Дощовий сад, розташований біля будівлі залізничного вокзалу, матиме такий асортимент рослин: *Heterocallis lilio-asphodelus* L., *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb, *Rudbeckia laciniata* L. Вздовж дороги (вул. Привокзальна) для ділянки дощового саду підібрані *Carex appropinquata* Schumach, *Panicum virgatum* 'Heiliger Hain' та *Carex comans* 'Amazon Mist'. Біля пішохідного тротуару (вул. Шевченка) використані такі види як *Iris sibirica* L., *Carex appropinquata* Schumach, *Monarda* 'Pardon my Purple'.

НУБІП УКРАЇНИ

Висновки до шостого розділу. На основі проведених досліджень встановлено, що на території Житомирської області, Радомишльського району,

с. Ірша можуть бути використані такі системи біоретенції як біовали, дощові сади, інфільтраційні траншеї. Нами було підбрано 5 потенційних місць для влаштування дощових садів. В с. Ірша ґрунтово-кліматичні умови є досить сприятливими та хороша фільтруюча здатність ґрунту. Важливою умовою правильного проектування ділянок біоретенції є дотримання методики створення дощових садів.

НУБІП УКРАЇНИ

Нами була розроблена модель дощового саду, яку можна застосувати на території населеного пункту та пропозиції щодо підбору асортименту рослин. На прикладі автостоянки розраховано розмір дощового саду, який залежить від середнього коефіцієнту стоку, його об'єму та коефіцієнту фільтруючої здатності ґрунту.

НУБІП УКРАЇНИ

Рослини обрані витривалі, здатні переносити засуху та підтоплення. На них випадає велика частка очищення забруднюючих речовин.

НУБІП УКРАЇНИ

Для озеленення автостоянки були використані *Hemerocallis lilio-asphodelus* L., *Carex appropinquata* Schumach, *Monarda 'Pardon my Purple'*, *Iris sibirica* L., *Panicum virgatum* L. Для розрахунку площі використано методику проектування дощового саду. На розі вулиць Привокзальної та Новоселів ми пропонуємо озеленити дощовий сад за допомогою *Carex appropinquata* Schumach, *Panicum virgatum 'Heiliger Hain'*. Дощовий сад, розташований біля

НУБІП УКРАЇНИ

будівлі залізничного вокзалу, матиме такий асортимент рослин: *Hemerocallis lilio-asphodelus* L., *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb, *Rudbeckia laciniata* L. Вздовж дороги (вул. Привокзальна) для ділянки дощового саду підбрані *Carex appropinquata* Schumach, *Panicum virgatum 'Heiliger Hain'* та *Carex comans 'Amazon Mist'* Біля пішохідного тротуару (вул. Шевченка) використані такі види як *Iris sibirica* L., *Carex appropinquata* Schumach, *Monarda 'Pardon my Purple'*

НУБІП УКРАЇНИ



## ВИСНОВКИ

# НУВБІП України

1. Концепція сталого розвитку вперше була розроблена на початку 1800-х років. Вона полягала у підтримці ресурсозабезпеченості теперішніх та майбутніх поколінь. У 1992 р. була прийнята Декларація Хартії Землі про необхідність сталого розвитку, інтеграції економічного розвитку, захисту навколишнього середовища, соціальної справедливості (UNCED). В Україні Концепцію сталого розвитку населених пунктів схвалено у 1999 р. У 2015 р. встановлено 17 Цілей сталого розвитку для всіх країн світу.

# НУВБІП України

2. Збільшення урбанізованих територій негативно впливає на навколишнє середовище та соціум. Для сталого розвитку міст необхідно акцентувати увагу на екологічно стійких зелених насадженнях. Із збільшенням щільності забудови міст, зелені насадження відіграють ключову роль у психо-емоційному стані людей. Крім того, рослини є стратегічним елементом для збереження біорізноманіття та регулювання стічних вод. Урбанізація негативно впливає також на гідрологію міських територій. Утворюється причинно-наслідковий ланцюжок. Оподи сприяють розчиненню шкідливих речовин, збільшенню обсягу стічних вод та осадку важких металів, утворенню підтоплень, ерозії ґрунтів, погіршенню якості води, скороченню кількості мешканців водойм.

# НУВБІП України

3. Черні дощові сади, які імітують природний процес руху води, створено в 90-х роках ХХ ст. у США, які були більш рентабельні, ніж звичайне водовідведення. Нині для пом'якшення гідрологічного впливу розвитку урбанізації та покращення якості води в міських районах застосовують біоінфільтрацію (LID).

# НУВБІП України

4. Аналіз закордонного досвіду показав, що для сталого розвитку міст в зеленій інфраструктурі використовують такі системи: екологічне управління зливовими водами, екологічно опадливий підхід до дизайну території (LID) (очищення дощової води та зливових вод та повторне їх використання). Виділено такі види інфільтрації зливових вод: дощові сади, біовали, фільтраційні смуги,

# НУВБІП України

ставки-западни, інфільтраційні камери, інфільтраційні басейни, інфільтраційні траншеї, проникні тротуари, накопичувальні ставки. Які уповільнюють і затримують зливові води під час і після опадів, а також інфільтрують забруднюючі речовини.

5. Створення дощового саду поділяється на чотири етапи: вибір місця розташування (враховується пониження рельєфу, загальна площа непроникних поверхонь); визначення коефіцієнта фільтрації ґрунту (швидкість інфільтрації залежить від типу ґрунту), ефективної площі стоку води та площі дощового саду; встановлення дренажу; підбір рослин з врахуванням природного ареалу та габітусу (критерії: відношення до освітлення, стійкість до міських умов, збудників хвороб і шкідників, посухостійкість, стійкість до періодичного затоплення).

6. Конструкція дощового саду складається з таких елементів: надводного борту (глибина 30 см, для утримання та зберігання води), шару мульчі (5 см, для збереження вологи), верхнього шару ґрунту (від 20 см), перехідний шар з крупнозернистого піску (10 см), фільтруюча тканина, дренаж (від 30 см), перфорована труба (діаметром 25 см), рослинність.

На основі проведених досліджень була розроблена модель дощового саду (конструкція дощового саду з трав'яними рослинами), яку можна застосувати на різних об'єктах за умови однакових типів ґрунтів, при чому асортимент рослин може різнитися. Нами було виділено п'ять потенційних місць для влаштування дощових садів на території населеного пункту (с. Ірша, Житомирська область, Радомишльський район). Пропонуємо застосувати розроблену модель з різним підбором рослин (витривалі, здатні переносити засуху та підтоплення, які очищують забруднюючі речовини) на:

– автостоянці (*Hemerocallis lilio-asphodelus* L., *Carex appropinquata*

*Schumach*, *Monarda 'Pardon my Purple'*, *Iris sibirica* L., *Panicum virgatum* L.);

– розі вулиці Привокзальної та Новоселів (*Carex appropinquata* Schumach, *Panicum virgatum 'Heiliger Hain'*);

– біля будівлі залізничного вокзалу (*Hemerocallis lilio-asphodelus* L.,  
*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb, *Rudbeckia laciniata* L.);  
 вздовж дороги по вул. Привокзальна (*Carex appropinquata* Schumach,  
*Panicum virgatum* 'Heiliger Hain' та *Carex comans* 'Amazon Mist');

– біля пішохідного тротуару по вул. Шевченка (*Iris sibirica* L., *Carex*  
*appropinquata* Schumach, *Monarda* 'Pardon my Purple');

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

## НУБІП України

1. Pigou A.C., The economics of welfare: Manual. London: Macmillan.

1920, 983 p.

## НУБІП України

2. Dixon, J. A., Fallon, L. A. The concept of sustainability: Origins, extensions, and usefulness for policy. *Society & Natural Resources*, 2(1).

1989, 73–84 p.

3. Quest for a sustainable societ: in 1 t. / Coomer, J. Oxford: Pergamon

Press, 1981. 272 p.

## НУБІП України

4. Mensah J. Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action. Literature review, *Cogent Social Sciences*, 2019. Vol. 5, №1. DOI:10.1080/23311886.2019.1653531

5. Цілі сталого розвитку в Україні. ЮНФПА: веб-сайт. URL:

<https://ukraine.unfpa.org/uk/news/%D1%86%D1%96%D0%BB%D1%96-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83-%D0%B2-%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96>  
(дата звернення: 18.08.2021).

## НУБІП України

6. Сталый розвиток населених пунктів. БГО «Жива планета». веб-сайт.

URL: <https://www.zhiva-planeta.org.ua/diyalnist/staluy-rozvtok/staluy-rozvtok-naselenykh-punktiv.html> (дата звернення: 18.07.2021).

## НУБІП України

7. Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів: Постанова Верховної Ради України від 24 грудн. 1999 р. № 1359-XIV. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1359-14#Text> (дата звернення: 18.07.2021).

## НУБІП України

8. 17 Цілей сталого розвитку / ООН. *Пространство*. веб-сайт. URL:

<https://www.prostranstvo.media/uk/urban-liknep-17-czilej-stalogo-tozvtuku-onn/> (дата звернення: 18.07.2021).

9. Daly, Herman E. Steady-state economics. London: Earthscan Publications. Vol. 2, 1992.

10. Цілі сталого розвитку. Вікіпедія: веб-сайт. URL:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D1%96%D0%BB%D1%96\\_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE\\_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D1%96%D0%BB%D1%96_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83) (дата звернення: 28.08.2021).

11. Чибирева С.В. Устойчивое управление дождевыми садами.

*Студенческий научный форум*: зб. матеріалів доп. учасн VIII

Міжнародної студ. наук. конф. Нижній Новгород: Російська академія природознавства, 2016. С. 1-7. URL:

<https://scienceforum.ru/2016/article/2016025168> (дата звернення:

16.11.2021 ).

12. Поломаній. С. Стані ландшафти як умова виживання міста.

*Pragmatika.media*: веб-сайт. URL: <https://pragmatika.media/stali-landshafti-jak-umova-vizhivannja-mista/> (дата звернення: 16.11.2021 ).

13. K. Couling, P. Christensen, B. Norton. Rain Garden Design, Construction

and Maintenance Manual: Manual. Christchurch: Christchurch City

Council, 2016. 66 с. URL:

<https://ccc.govt.nz/assets/Documents/Environment/Water/Rain-garden-design-construction-and-maintenance-manual.pdf> (дата звернення:

18.07.2021)

14. Проектирование дождевого сада: методическое пособие / Саянов

А.А., Кондратенко Ю.А., Воробьева Е.А., Шукин И.С. Москва:

Гильдия Ландшафтных инженеров, 2020. 12 с.

15. Водний цикл, Кругообіг води, укр. *U.S. Geological Survey*: веб-сайт.

URL: [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/water-cycle-ukrainian?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

[school/science/water-cycle-ukrainian?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/water-cycle-ukrainian?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects) (дата звернення: 28.08.2021)

16. Urban Runoff. *Nonpoint Source. News-Notes*. 1995. Vol. № 42. С. 5-7.

17. Rain garden. *Wikipedia*: web-site. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rain\\_garden#cite\\_note-marcom-7](https://en.wikipedia.org/wiki/Rain_garden#cite_note-marcom-7) (дата звернення: 18.09.2021).

18. WPC Garden Captures Stormwater in Pittsburgh's Hill District. *Western Pennsylvania Conservancy*: web-site. URL: <https://waterandlife.org/wpc-garden-captures-stormwater-in-pittsburghs-hill-district/> (дата звернення: 05.09.2021).

19. Sustainable green parking lots guidebook: Guidebook: Montgomery: Montgomery County Planning Commission, 2016. 62 с. URL: [https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2\\_10\\_2016-Web](https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/9735/Green-Sustainable-Parking-Guide-2_10_2016-Web) (дата звернення: 18.10.2021).

20. The Impact of Stormwater Infiltration Practices on Groundwater Quality. *Manual*. / Nieber J. L. and an Minnesota, 2014. 123 с. URL: <https://metro council.org/Wastewater-Water/Publications-And-Resources/WATER-SUPPLY-PLANNING/GROUNDWATER-SURFACE-WATER/Impact-of-Stormwater.aspx> (дата звернення: 18.10.2021).

21. Gulliver J. S. and Anderson J.L. Assessment of Stormwater Best Management Practices: manual. Minnesota: Water Resources Center, University of Minnesota, 2007. 600 с. URL: <https://www.wrc.umn.edu/sites/wrc.umn.edu/files/Assessment-of-Stormwater-Best-Management-Practices-Manual.pdf> (дата звернення: 28.07.2021).

22. Types of SCMs. *White House Tennessee*: web-site. URL: <https://www.whitehousetn.gov/departments/public-services/stormwater-department/facilities-bmp-s/types-of-scms> (дата звернення: 04.08.2021).

23. Gulliver, J.S., A.J. Erickson, and B.T. Weiss. Infiltration Practices. *University of Minnesota, St. Anthony Falls Laboratory*: web-site. URL:

24. <http://stormwaterbook.sanl.umn.edu/infiltration-practices> (дата звернення: 18.07.2021).
24. Infiltration Trench. *San Diego*: web-site. URL: <https://www.sandiego.gov/sites/default/files/legacy/thinkblue/pdf/infiltrationinfiltrationtr.pdf> (дата звернення: 18.10.2021).
25. ChamberMaxx. *Stormwater360*: web-site. URL: <https://www.stormwater360.co.nz/products/green-infrastructure/retention/prod/Chambermaxx> (дата звернення: 18.07.2021).
26. Ferguson B. K. Porous Pavements, Integrated Studies in Water Management and Land Development. London: Taylor & Francis, 2005. 600 p.
27. Sprouse C.E. III, Hoover C, Obritsch O, Thomazin H. Advancing Pervious Pavements through Nomenclature, Standards, and Holistic Green Design. *Sustainability*. 2020. № 12(18):7422. P. 1-19. URL: <https://doi.org/10.3390/su12187422> (дата звернення: 28.10.2021).
28. Dropkin E. M., Bassuk N., Signorell T. Woody Shrubs for Stormwater Retention Practices. *ResearchGate*: web-site. URL: [http://www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/pdfs/woody\\_shrubs\\_stormwater\\_in\\_res.pdf](http://www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/pdfs/woody_shrubs_stormwater_in_res.pdf) (дата звернення: 07/09/2021).
29. Chen, Y.; Day, S.D.; Wick, A.F.; Strahm, B.D.; Wiseman, P.E.; Daniels, W.L. Changes in soil carbon pools and microbial biomass from urban land development and subsequent post-development soil rehabilitation. *Soil Biol. Biochem.* 2013. Vol. 66. P. 38–44.
30. Fletcher, T.D.; Andrieu, H., Hamel, P. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters. A state of the art. *Adv. Water Resour.* 2013. Vol. 51. P. 261–279.
31. Yang, G.; Bowling, L.C.; Cherkauer, K.A.; Pijanowski, B.C. The impact of urban development on hydrologic regime from catchment to basin scales. *Landsc. Urban Plan.* 2011. Vol. 103. P. 237–247.



32. Kaushal, S.S.; Belt, K.T. The urban watershed continuum: Evolving spatial and temporal dimensions. *Urban Ecosyst.* 2012. Vol. 15. P. 409–435.

33. Meierdiercks, K.L.; Smith, J.A.; Baeck, M.L.; Miller, A.J. Analyses of urban drainage network structure and its impact on hydrologic response. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 2010. Vol. 46. P. 932–943.

34. Cianfrani, C.M.; Hession, W.C.; Rizzo, D.M. Watershed imperviousness impacts on stream channel condition in Southeast Pennsylvania. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 2006. Vol. 42. P. 941–956

35. Nelson, E.J.; Booth, D.B. Sediment sources in an urbanizing, mixed land-use watershed. *J. Hydrol.* 2002. Vol. 264. P. 51–68.

36. Carey, R.O.; Hochmuth, G.J.; Martinez, C.J.; Boyer, T.H.; Dukes, M.D.; Toor, G.S.; Cisar, J.L. Evaluating nutrient impacts in urban watersheds. Challenges and research opportunities. *Environ. Pollut.* 2013. Vol. 173, P. 138–149.

37. Hatt, B.E.; Steinel, A.; Deletic, A.; Fletcher, T.D. Retention of heavy metals by stormwater filtration systems: Breakthrough analysis. *Water Sci. Technol.* 2011. Vol. 64. P. 1913–1919.

38. Alberti, M.; Booth, D.; Hill, K.; Coburn, B.; Avolio, C.; Coe, S.; Spirandelli, D. The impact of urban patterns on aquatic ecosystems: An empirical analysis in Puget lowland sub-basins. *Landsc Urban Plan.* 2007. Vol. 80. P. 345–361.

39. Thompson, T.M. Low Impact Development Presentation; Biological Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University: Blacksburg, VA, USA, 2009

40. Liu, J.; Sample, D.J.; Bell, C.; Guan, Y. Review and Research Needs of Bioretention Used for the Treatment of Urban Stormwater. *Water.* 2014. Vol. 6. №4. P. 1069–1099. URL: <https://doi.org/10.3390/w6041069> (дата звернення: 28.09.2021)

41. Schueler, T.R. Site Planning for Urban Stream Protection. *Metropolitan Washington Council of Governments*: Washington, DC, USA, 1995

42. Akan, A.O. Urban Stormwater Hydrology. *A Guide to Engineering Calculations*. Technomic Pub. Co. Lancaster, PA, USA, 1993

43. Booth, D.B.; Hartley, D.; Jackson, R. Forest cover, impervious surface area, and the mitigation of stormwater impacts. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 2002. Vol. 38. P. 835–845.

44. Arias, M.; Brown, M.; Sansalone, J. Characterization of storm water suspended sediments and phosphorus in an urban catchment in Florida. *J. Environ. Eng.* 2013, Vol. 139. P. 277–288.

45. Sample, D.J.; Grizzard, T.J.; Sansalone, J.; Davis, A.P.; Roseen, R.M.; Walker, J. Assessing performance of manufactured treatment devices for the removal of phosphorus from urban stormwater. *J. Environ. Manag.* 2012. Vol. 113. P. 279–291

46. Passeport, E.; Hunt, W. Asphalt parking lot runoff nutrient characterization for eight sites in North Carolina, USA. *J. Hydrol. Eng.* 2009. Vol. 14. P. 352–361.

47. Makepeace, D.K.; Smith, D.W.; Stanley, S.J. Urban stormwater quality. Summary of contaminant data. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 1995. Vol. 25. P. 93–139.

48. US Environmental Protection Agency. Results of the Nationwide Urban Runoff Program. *U.S. Environmental Protection Agency, Water Planning Division: Washington, DC, USA, 1983. Vol. 1.*

49. Pitt, R. The National Stormwater Quality Database (NSQD). URL: <http://rpitt.eng.ua.edu/Research/ms4/Paper/Mainms4paper.html> (дата звернення: 28.07.2021).

50. DeBusk, K.; Hunt, W.; Line, D. Bioretention outflow: Does it mimic nonurban watershed shallow interflow? *J. Hydrol. Eng.* 2011. Vol.16. P. 274–279.

51. Davis, A.P. Field performance of bioretention: Hydrology impacts. *J. Hydrol. Eng.* 2008. Vol. 13. P. 90–95

52. Li, H.; Sharkey, L.; Hunt, W.; Davis, A. Mitigation of impervious surface hydrology using bioretention in North Carolina and Maryland. *J. Hydrol. Eng.* 2009. Vol. 14. P. 407–415.

53. Hunt, W.; Davis, A.; Traver, R. Meeting hydrologic and water quality goals through targeted bioretention design. *J. Environ. Eng.* 2012. Vol. 138. P. 698–707.

54. Brown, R.; Hunt, W. Bioretention Performance in the Upper Coastal Plain of North Carolina. In *Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection*; American Society of Civil Engineers, Reston: VA, USA, 2008. P. 1–10.

55. Kim, H.; Seagren, E.A.; Davis, A.P. Engineered Bioretention for removal of nitrate from stormwater runoff. *Water Environ. Res.* 2003. Vol. 75. P. 355–367.

56. Passeport, E.; Hunt, W.; Line, D.; Smith, R.; Brown, R. Field study of the ability of two grassed Bioretention cells to reduce storm-water runoff pollution. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2009. Vol. 135. P. 505–510.

57. Davis, A.P.; Hunt, W.; Traver, R.; Clar, M. Bioretention technology: Overview of current practice and future needs. *J. Environ. Eng.* 2009. Vol. 135. P. 109–117.

58. Reddy, K.R.; Patrick, W.H. Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments. *CRC Crit. Rev. Environ. Control.* 1984. Vol. 13. P. 273–309.

59. Hunt, W.; Jarrett, A.; Smith, J.; Sharkey, L. Evaluating Bioretention hydrology and nutrient removal at three field sites in North Carolina. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2006. Vol. 132. P. 600–608.

60. Hunt, W.F. Pollutant Removal Evaluation and Hydraulic Characterization for Bioretention Stormwater Treatment Devices. Ph.D. Thesis, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, 2003.

61. Blake, L.; Mercik, S.; Koerschens, M.; Moskal, S.; Poulton, P.R.; Goulding, K.W.T.; Weigel, A.; Powlson, D.S. Phosphorus content in soil, uptake by



plants and balance in three European long-term field experiments. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2000. Vol. 56. P. 263–275.

62. Goldberg, S. Equations and models describing adsorption processes in soils. *Soil Science Society of America Inc.*: Madison, WI, USA, 2005. Vol. 8. P.

489–517.

63. Roy-Poirier, A.; Champagne, P.; Fillion, Y. Bioretention processes for phosphorus pollution control. *Environ. Rev.* 2010. Vol. 18. P. 159–173.

64. Schachtman, D.P.; Reid, R.J.; Ayling, S.M. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant Physiol.* 1998. Vol. 116. P. 447–453.

65. Komlos, J.; Traver, R. Long-term orthophosphate removal in a field-scale storm-water bioinfiltration rain garden. *J. Environ. Eng.* 2012. Vol. 138. P. 991–998.

66. Jones, P.S.; Davis, A.P. Spatial accumulation and strength of affiliation of heavy metals in Bioretention media. *J. Environ. Eng.* 2013. Vol. 139. P. 479–487.

67. Li, H.; Davis, A.P. Heavy metal capture and accumulation in bioretention media. *Environ. Sci. Technol.* 2008. Vol. 42. P. 5247–5253.

68. Davis, A.P. Field performance of bioretention: Water quality. *Environ. Eng. Sci.* 2007. Vol. 24. P. 1048–1064.

69. Hunt, W.; Smith, J.; Jadlocki, S.; Hathaway, J.; Eubanks, P. Pollutant removal and peak flow mitigation by a bioretention cell in urban Charlotte, N.C. *J. Environ. Eng.* 2008. Vol. 134. P. 403–408.

70. Li, H.; Davis, A.P. Water quality improvement through reductions of pollutant loads using bioretention. *J. Environ. Eng.* 2009. Vol. 135. P. 567–576.

71. Xian, G.; Homer, C.; Dewitz, J.; Fry, J.; Hossain, N. and Wickham, J. Change of Impervious Surface Area Between 2001 and 2006 in the Conterminous United States. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 2011. Vol. 77. P. 762.

72. Gregory, Justin H et al. Effect of Urban Soil Compaction on Infiltration Rate. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2006. Vol. 61. P. 117-124

73. Billah, Mohammed. Combined Sewer Overflows. EPA.gov. EPA, 2013. Vol. 11.

74. Mayor Michael R. Bloomberg. Guide for a Greener, Greater New York. *PlaNYC*. 2007. P. 158. URL:

[http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/full\\_reper\\_2007.pdf](http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/full_reper_2007.pdf) (дата звернення: 25.10.2021).

75. National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES). “National

Menu of Stormwater Best Management Practices.” *EPA Environmental Protection Agency*: web-site. URL: <https://www.epa.gov/npdes/national-menu-best-management-practices-bmps-stormwater> (дата звернення: 18.10.2021).

76. Strickland, Carter. “NYC’s Sustainable Stormwater Management Plan.”

*EPA.gov. City of New York*. 2014. URL: <http://www.tetratetech.com/NewYork/pdfs/Strickland.pdf> (дата звернення: 18.10.2021).

77. Onondaga Lake. *Save the rain*: web-site. URL:

<http://savetherain.us/about/onondaga-lake/> (дата звернення: 18.07.2021).

78. Raingardens. *Melbourne Water*: web-site. URL: [melbournewater.com.au](http://melbournewater.com.au). (дата звернення: 18.07.2021).

79. Stormwater management (WSUD). *Melbourne Water*: web-site. URL: [wsud.melbournewater.com.au](http://wsud.melbournewater.com.au). (дата звернення: 18.07.2021).

80. WWT London. *London Wetland Centre*: web-site. URL: [www.wwt.org.uk](http://www.wwt.org.uk). (дата звернення: 18.07.2021).

81. Environmental Design Planning Guidance. *Islington Council*: web-site. URL: <https://www.islington.gov.uk/-/media/sharepoint-lists/public-records/planningandbuildingcontrol/publicity/publicconsultation/20192020/20190926environmentaldesignspdoctober2012.pdf?la=en&hash=17F43F5F7052CC8CC5E3D1A9591DAD133BA5B16B>

(дата звернення: 18.07.2021).

82. Ashby Grove residential retrofit/rain garden, London. *Susdrain*: web-site. URL: [https://www.susdrain.org/case-studies/case\\_studies/ashby\\_grove\\_residential\\_retrofit\\_rain\\_garden\\_london.html](https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/ashby_grove_residential_retrofit_rain_garden_london.html) (дата звернення: 18.07.2021).

83. Nottingham Green Streets – Retrofit Rain Garden Project. *Susdrain*.: web-site URL: [https://web.archive.org/web/20131002214536/http://www.susdrain.org/case-studies/case\\_studies/nottingham\\_green\\_streets\\_retrofit\\_rain\\_garden\\_project.html](https://web.archive.org/web/20131002214536/http://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/nottingham_green_streets_retrofit_rain_garden_project.html) (дата звернення: 18.07.2021).

84. 12,000 Rain Gardens - in Puget Sound. *Rain Gardens*: web-site. URL: <https://www.12000raingardens.org/> (дата звернення: 18.07.2021).

85. Asla 2013 ho-nors: firm award for reed hilder-brand. *Topos*: web-site. URL: <https://www.toposmagazine.com/asla-2013-honors-firm-award-reed-hilderbrand/> (дата звернення: 18.07.2021).

86. Rain Gardens for the Rouge River. *Calameo*: web-site. URL: <https://en.calameo.com/books/000684152942836b23a00> (дата звернення: 18.07.2021).

87. What are rain gardens? *WMEAC*: web-site. URL: <https://wmeac.org/raingardens/> (дата звернення: 18.07.2021).

88. Rain Gardens for the Rouge River: A Citizen's Guide to Planning, Design, & Maintenance for Small Site Rain Gardens. *Calameo*: web-site. URL: <https://en.calameo.com/read/000684152942836b23a00> (дата звернення: 18.07.2021).

89. Rain Gardens. *Washtenaw County, Michigan*: web-site. URL: <https://www.washtenaw.org/raingardens> (дата звернення: 18.07.2021).

90. Master Rain Gardener Volunteer Program. *Washtenaw County, Michigan*: web-site. URL: [www.ewashtenaw.org](http://www.ewashtenaw.org). (дата звернення: 18.07.2021).

91. Clean River Rewards, Portland, Oregon. *City of Portland*. web-site. URL: <https://www.portlandoregon.gov/BES/41976> (дата звернення: 18.07.2021).

92. Rain Garden at the Oregon Convention Center. *American Society of Landscape Architects*: web-site. URL: <https://www.asla.org/portland/site.aspx?id=43983> (дата звернення: 18.07.2021).

93. University of Delaware Cooperative Extension. *Lawn and garden*: web-site. URL: <https://www.udel.edu/academics/colleges/canr/cooperative-extension/environmental-stewardship/lawn-and-garden/> (дата звернення: 18.07.2021).

94. Water Resources Program Rutgers. *The State University of New Jersey*. web-site. URL: [http://water.rutgers.edu/Rain\\_Gardens/RGWebsite/demoraingardens.html](http://water.rutgers.edu/Rain_Gardens/RGWebsite/demoraingardens.html) (дата звернення: 18.07.2021).

95. Allen P. Davis, Rebecca Stack, Patrick Kangas, J. Scott Angle. Water quality improvement using rain gardens. *University of Maryland studies*. 2003. P. 13. URL: <https://docplayer.net/14595070-Water-quality-improvement-using-rain-gardens-university-of-maryland-studies.html> (дата звернення: 18.07.2021).

96. Center for Young Children Rain Garden. *University of Maryland Office of Sustainability*: web-site. URL: [sustainability.umd.edu](http://sustainability.umd.edu). (дата звернення: 18.07.2021).

97. Fang, S., Luo, W., Jia, Z. et al. Evaluating Retention Capacity of Infiltration Rain Gardens and Their Potential Effect on Urban Stormwater Management in the Sub-Humid Loess Region of China. *Water Resour Manage*. 2016. Vol. 30. P. 983–1000. URL: <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1206-5> (дата звернення: 18.07.2021).



98. Sponge City: Solutions for China's Thirsty and Flooded Cities. *New Security Beat*: web-site. URL: <https://www.newsecuritybeat.org/2017/07/sponge-city-solutions-chinas-thirsty-flooded-cities/> (дата звернення: 18.07.2021).

99. Rain Gardens in Xuhui Runway Park. *Sasaki Associates*: web-site. URL: <https://www.sasaki.com/voices/rain-gardens-in-xuhui-runway-park/> (дата звернення: 18.07.2021).

100. Bioretention Areas and Dry Swale. *New Paltz*: web-site. URL: <https://www.newpaltz.edu/sustainability/bioretention-areas-and-dry-swale/> (дата звернення: 18.07.2021).

101. Rain Garden Design, Construction and Maintenance Manual / [K. Couling, P. Christensen, B. Norton rain.]. Christchurch, 2016. С. 66.

102. Nevue Ngan Associates Sherwood Design Engineers. San Mateo County Sustainable Green Streets and Parking Lots Design Guidebook . 2009. P. 174. URL: <https://www.flowstobay.org/documents/municipalities/sustainable%20streets/San%20Mateo%20Guidebook.pdf>. (дата звернення: 18.07.2021).

103. Hydrology for Small Watersheds. *Technical Release*. 1986. Vol. 55. P. 164. URL: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf) (дата звернення: 18.07.2021).

104. Bartens, Julia et al. "Can Urban Tree Roots Improve Infiltration Through Compacted Subsoils for Stormwater Management?" *Journal of Environmental Quality*. 2008. Vol. 37. №6. P. 2048-2057

105. State of California. Department of Transportation. Roadside Erosion Control and Management Studies. Department of Transportation. N.p., 2008. Print.

106. Echols, Stuart, and Eliza Pennypacker. From Stormwater Management to Artful Rainwater Design. *Landscape Journal*. 2008. Vol. 27. №2. P. 268-290.

107. Wise, S. et al. Integrating Valuation Methods to Recognize Green Infrastructure's Multiple Benefits. Center for Neighborhood Technology. 2010. P. 21.

108. Morash J, Wright A, LeBleu C, Meder A, Kessler R, Brantley E, Howe J. Increasing Sustainability of Residential Areas Using Rain Gardens to Improve Pollutant Capture, Biodiversity and Ecosystem Resilience. *Sustainability*. 2019. Vol 11. №12. P. 3269. URL: <https://doi.org/10.3390/su11123269> (дата звернення: 18.07.2021).

109. Радомишльський район. *Вікіпедія*: веб-сайт. URL:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%88%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BB%D0%B8%D0%B9\\_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%B](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%88%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BB%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%B)  
В (дата звернення: 18.07.2021).

110. Желтый дилейник: фото, сорта, посадка и уход. *Сад и огород*: веб-сайт. URL:

<https://fermilon.ru/tsvety/mnogoletniki/zheltyy-dileynik-foto-sorta-posadka-i-uhod.html> (дата звернення: 18.08.2021).

111. Осока зближена. *Вікіпедія*: веб-сайт. URL:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%B0\\_%D0%B7%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%B0_%D0%B7%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B0) (дата звернення: 18.07.2021).

112. Монарда Pardon My Purple. *Chelsea Garden*: веб-сайт. URL:

<https://chelsea-garden-shop.com.ua/shop/mnogoletniki/monarda-pardon-my-purple/> (дата звернення: 28.07.2021).

113. Півники сибірські *Iris sibirica* L. *Червона книга України*: веб-сайт.

URL: <https://redbook-ua.org/item/iris-sibirica-l/> (дата звернення: 18.09.2021).

114. Просо прутьевидное. *Вікіпедія*: веб-сайт. URL:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BE\\_%D0%BF%D1%80%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BE_%D0%BF%D1%80%D1%83%D1%82%D1%8C%D0%B5%D0%B)

НУБІЛ ПІДКРАЇНИ

НУБІЛ ПІДКРАЇНИ

НУБІЛ ПІДКРАЇНИ

НУБІЛ ПІДКРАЇНИ

НУБІЛ ПІДКРАЇНИ

НУБІЛ ПІДКРАЇНИ

НУБІЛ ПІДКРАЇНИ

2%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5 (Літа звернення: 18.09.2021).

# НУБІП України

ДОДАТКИ

Додаток А.1

# НУБІП України

Підсумок польових досліджень біоретенції, гідрологічні показники

Джерело розташування	Опис	Характеристики біоретенції				Характеристики вододілу		Гідрологічна продуктивність				
		Склад	Глибина носія (см)	Площа біоретенційної поверхні (м <sup>2</sup> )	Глибина водоїми (см)	Глибина IWS (см)	Непроникий %	Площа дренажу	Площа поверхні (га)	Затримка T p(out) / T p(in)	Зниження пікового потоку %	Зменшення обсягу стоку %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Браун і Хант [54]	Рокі-Маунт, Північна Кароліна	Рівна рослинність	98% піску, 2% глини	90	140	**	30	76	0,22	**	**	90 <sup>2</sup>
	Нашвілл, Північна Кароліна		87% піску, 13% глини	60	425	23	79	0,65	**	**	75 <sup>3</sup>	
	Зміна глибини IWS	90	300	**	94	0,43	**	**	50 <sup>3</sup>			
		110	146	16	88	76	0,22	**	**	89		
Браун і Хант [55]	Рокі-Маунт, Північна Кароліна	Зміна глибини IWS	96% піску, 4% глини	96	142	13	58	72	0,25	**	**	93
			42	72	72	**	**	98				
			42	42	42	**	**	100				





# НУБІП України

Продовження дод. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Хант [69]	Шарлотта, Північна Кароліна		Суглинок 6%	120	229	**		>99	0,37	**	97	**
	Коледж Парк, доктор медицини		Суглинок 12%	80-80	156	10-34		**	0,26	22	14 <sup>1</sup>	60 <sup>1</sup>
	Сільвер Спринг, доктор медицини		Суглинок піщаний, 5,7%	90	90	30		**	0,45	200	2 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>
Лі [70]	Грінсборг, Північна Кароліна		Суглинок і пісок, 3%	120	250	23	60	**	0,5	200	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>
	Луїсбург, Північна Кароліна		Суглинок, 5%	120	240	23		**	0,48	13	0 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>
				50-60	162	15		**	0,36	4	4 <sup>1</sup>	36 <sup>1</sup>
				50-60	99	15		**	0,22	3	10 <sup>1</sup>	60 <sup>1</sup>
Девіс [66]	Сільвер Спринг, доктор медицини		54% піску 46% глини	80	102	**		**	0,37	**	83	79

Примітки: \*\* Недоступно; <sup>1</sup> Виражається як частка, тобто,  $Q_{p,out} / Q_{p,in}$ , а не у відсотках зменшення. Значення в %; <sup>2</sup>

Вимірюється, коли був відтік; <sup>3</sup> Значення при 50% ймовірності перевищення.

# НУБІП України

# НУБІП України

Підсумок польових досліджень біоретенції, показники якості води

Джерело		Опис	Характеристики біоретенції					Характеристики вододілу		Показники якості води							
1	2		Композиція ЗМІ	Глибина носія (см)	Площа біоретенційної	Глибина водойми (см)	Глибина IWS (см)	Непроникний %	Площа дренажу	Площа поверхні (га)	TSS %	TN %	TP %	Coliform %	Zn %	Cu %	Pb %
Брауні Хант [54]	Рокі-Маунт, Північна Кароліна		98% піску, 2% глини	90	146	**	30-60	76	0,22		92	80	72	**	**	**	**
Брауні Хант [53]	Рокі-Маунт, Північна Кароліна	Зміна глибини IWS	Суглинок піщаний, 96% пісок, 4%	110	146	16	88	72	0,22		58	58	-10	**	**	**	**

# НУБІП України

Продовження дод. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Попередній ремонт		60	290	13		83	0,68	71	12	5.3	**	**	**	**
Браун і Хант [53]	Нашвілл, Північна Кароліна	Пост	87% піску, 13% глини		322	20				79	35	12	**	**	**	**
		Попередній ремонт			206	15				84	13	44	**	**	**	**
		Пост		90	226	27		97	0,43	89	32	19	**	**	**	**
Цен [29]	Ленекса, К.С.		Пісок з мульчею листяних порід супісковим ґрунтом, 20% ОВ	71	200	23		40	0,25	**	56	**	**	**	**	**

# НУБІП України



# НУБІП України

Продовження дод. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Дебаск і Вінн [50]	Блексбург, Вірджинія		Пісок промийтий з дрібним і листовим компостом, 88% піску, 8% глини, 4%	180	35	10	150	96	0,17	99	99	99	**	**	**	**
Хант, [54]	Вілмінгтон, Північна Кароліна	Різна глибина грунту	грунт, 87%– 88% пісок, 12%–13% глини	60	55	28	20	100	0.1	100	**	**	70	**	**	**
	Грінсборо, Північна Кароліна	IWS додав	Органічний пісок	120	10	**	75	**	0.2	**	68	**	**	>98	>98	>80
Хант [59]		Високий індекс P		**	10	**	0	**	0.2	-170	40	-240	**	**	**	**
	Чапел- Хілл, Північна Кароліна	Низький індекс P	Пісок	**	9	**	0	**	0,06	**	40	65	**	**	**	**
Хант [69]	Шарлотта, Північна Кароліна		Суглинок, 6% мульчі	120	229	**	0	98	0,37	60	32	31	71	60	77	32

# НУБІП України

Продовження дод. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Літа Девіс [67]	Вашингтон, округ Колумбія		50% піску, 30% верхнього шару ґрунту, 20% мульчі	110	17	**		100	0,077	55-99	**	**	**	**	**	**
	Коледж Парк, доктор медицини		Суглинок, 80% пісок, 20% глина, 6%	50-80	181	15		90	0,28	96	-3	-36	95	92	65	83
Літа Девіс [70]	Сільвер Спринг, доктор медицини		Суглинок піщаний, 54% пісок, 46% глини, 12%	90	192	30		90	0,45	99	97	100	100	99	96	100
Passerport and Hunt [56]	Грем, Північна Кароліна	Північна камера	Керамзитовий сланець, 15% піску, 80% глини, 5%	60	192	23	45	40	0,69	**	54	63	95	**	**	**
		Південна камера		90			75	**		**	54	58	85	**	**	

Примітка: \*\* Недоступно.

# НУБІП України

Асортимент соolestійких рослин для дощового саду в умовах

Українського Полісся

Фото	Назва виду	Розмір дорослої рослини, м	Період квітування	Зволоження	Примітки
	<i>Symplocos japonica</i> (L.) Schott	30	липень-серпень	посухостійка	азотфіксуючі, газостійка
	<i>Amelanchier canadensis</i> L.	8	травень	посухостійка	стійкий до міських умов
	<i>Dasiphora fruticosa</i> (L.) Rydb	1,5	липень-серпень	середня	стійка до міських умов
	<i>Hemerocallis hybrid</i> L.	1	червень-серпень	посухостійка	стійкий до міських умов
	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng	1	серпень-вересень	середня	Потребує дренажу

# НУБІП України

Асортимент тіневитривалих рослин для дощового саду в умовах

Українського Полісся

Фото	Назва виду	Розмір дорослої рослини, м	Період квітвання	Зволоження	Примітки
1	2	3	4	5	6
	<i>Viola striata</i> Aiton	0,2	квітень- травень	середня	
	<i>Dryopteris marginalis</i> (L.) A.Gray	0,5		середня	
	<i>Geranium maculatum</i> L.	0,6	травень	середня	
	<i>Chelone obliqua</i> L.		липень- серпень	середня	
	<i>Tradescantia virginiana</i> L.	0,4	червень- вересень	середня	



1	2	3	4	5	6
	<i>Myosotis laxa</i> Lehm.	0,3	червень- вересень	середня	Переносит ь перезволож ення
	<i>Asarum europaeum</i> L.	0,1	березень- травень	середня	
	<i>Pulmonaria longifolia</i> (Bastard) Boreau	0,4	березень- травень	середня	
	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	0,1	червень- липень	середня	
	<i>Heuchera</i> L.	0,3	липень	середня	
	<i>Polemonium reptans</i> L.	0,2	червень- липень	середня	

# НУБІП України

87



Додаток Б.3

Асортимент світлолюбних рослин для дощового саду в умовах

Українського Полісся

Фсто	Назва виду	Розмір дорослі рослини, м	Період квітнення	Зволоження	Примітки
1	2	3	4	5	6
	<i>Monarda didyma</i> L.	1,5	липень- вересень	середня	Потребує дренажу
	<i>Eupatorium perfoliatum</i> L.	1	липень- вересень	середня	Потребує постійної вологли
	<i>Rudbeckia laciniata</i> L.	1	червень- вересень	середня	Витримує затоплення
	<i>Asclepias incarnata</i> L.	1	серпень- вересень	вологолюбний	Не втримує тінь
	<i>Symphotrichum punctatum</i> (L.) Á.Löve & D.Löve	1	серпень- жовтень	середня	
	<i>Liatris spicata</i> (L.) Willd.	0,6	червень- липень	середня	



1	2	3	4	5	6
	<i>Sambucus nigra</i> L.	5	травень- червень	середня	
	<i>Panicum virgatum</i> L.	1	серпень	посуhostійкий	
	<i>Festuca rubra</i> L.	0,8	серпень	середня	
	<i>Lobelia erinus</i> L.	0,2	травень- червень	середня	
	<i>Iris sibirica</i> L.	0,5	травень- червень	середня	
	<i>Carex appropinquata</i> Schumach	0,3	липень	середня	Переносить заболоченн я
	<i>Carex comans</i> 'Amazon Mist'	0,3	липень	середня	