

*Літвінчук О.В.,
здобувач вищої освіти ступеня «бакалавр»
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології»
Науковий керівник: Козішкурт С.М., к.т.н., доцент,
доцент кафедри водної інженерії та водних технологій,
Національний університет водного господарства та природокористування
s.m.kozishkurt@nuwm.edu.ua*

АДАПТАЦІЯ СИСТЕМ ЛАНДШАФТНОГО ЗРОШЕННЯ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Зміни клімату, що супроводжуються підвищенням температури, нерівномірністю опадів, зростанням частоти екстремальних погодних явищ і тривалих посушливих періодів, створюють нові виклики для підтримки природних і урбанізованих ландшафтів. Через ці фактори відбувається скорочення доступних водних ресурсів, що ускладнює підтримання ландшафтів у міських зонах і рекреаційних територіях, де зелена інфраструктура залежить від зрошення. Часті сильні вітри на фоні високої температури також інтенсифікують випаровування, особливо на відкритих і незахищених ландшафтах. Це знижує ефективність зрошення і збільшує потребу у воді для підтримання необхідної вологості ґрунту.

Вирішальну роль у збереженні якості зелених зон у містах, на присадибних ділянках та спортивних об'єктах відіграє ландшафтне зрошення. В умовах зростаючого водного дефіциту важливо впроваджувати технології та методи, які мінімізують витрати води, знижують випаровування та забезпечують раціональне використання водних ресурсів.

Метою роботи є аналіз сучасних підходів та інновацій, що сприяють підвищенню ефективності систем ландшафтного зрошення у змінних кліматичних умовах.

Важливим напрямом адаптації систем ландшафтного зрошення до змін клімату є впровадження інноваційних технологій, що дозволяють автоматизувати процес поливу та забезпечити оптимальні умови для росту рослин. Завдяки використанню сучасних контролерів, сенсорів та алгоритмів, ці системи здатні налаштуватися до змінних погодних умов та потреб рослин.

Такий підхід дозволяє суттєво підвищити ефективність використання водних ресурсів, зменшуючи витрати на їхнє споживання та мінімізуючи втрати через випаровування. Використання сенсорів для моніторингу рівня вологості ґрунту, освітлення, температури та інших екологічних параметрів забезпечує своєчасне і точне визначення потреб у поливі, а інтеграція з прогнозами погоди дозволяє коригувати графіки зрошення відповідно до реальних умов. Завдяки можливості автоматичного регулювання подачі води, такі системи забезпечують зрошення лише в необхідний час та в потрібній кількості, що допомагає підтримувати оптимальну вологість ґрунту та сприятливі умови для розвитку рослин. Наприклад, у випадку очікуваних опадів система може самостійно зменшити або відкласти полив. А коли швидкість вітру перевищує задане порогове значення, система автоматичного поливу, оснащена датчиком вітру, може призупинити роботу дощувачів.

Перевагою таких систем є можливість віддаленого контролю через мобільні додатки або інші пристрої. Завдяки цьому досягається значне зниження витрат води, зменшення негативного впливу на довкілля та оптимізація використання водних ресурсів.

Системи мікродощування і крапельного зрошення (надземного та підземного) сприяють досягненню рівномірного розподілу води в межах ландшафтних насаджень і мінімізують втрати. Вода подається через крапельниці або мікродощувачі (наприклад, баблери), що зменшує випаровування і робить дану технологію ефективною для тривалого зволоження рослин у сухі періоди. Такий метод нормованого поливу забезпечує контроль над обсягом й інтенсивністю поливу, що важливо в умовах нестачі води.

З огляду на зростаючий дефіцит водних ресурсів у багатьох регіонах, ландшафтне зрошення все частіше базується на використанні альтернативних джерел води. Використання очищеної стічної води стає однією з важливих практик, що дозволяє знизити залежність від прісноводних ресурсів. У сучасних системах ландшафтного зрошення стічна вода, пройшовши належну очистку, може безпечно застосовуватися для підтримки зелених насаджень, не завдаючи шкоди рослинності або навколишньому середовищу. Збір дощової води також набуває все більшого поширення в умовах водної кризи. Дощова вода накопичується у спеціально побудованих резервуарах або цистернах, з яких її можна використовувати для зрошення в посушливі періоди. Цей метод є особливо ефективним у міських умовах, де злива вода часто втрачається через систему каналізації. Окрім цього, рециркуляція та повторне використання води дозволяють зменшити обсяги споживання та оптимізувати водний баланс ландшафтних зон, що особливо важливо для регіонів з обмеженим водопостачанням.

Зменшення втрат води через випаровування є важливою складовою раціонального використання ресурсів у ландшафтному зрошенні. Ефективним методом є використання мульчування – покриття поверхні ґрунту органічними або неорганічними матеріалами, такими як кора дерев, гравій або спеціальні синтетичні покриття. Мульчування зменшує випаровування, захищає коріння від перегріву та допомагає підтримувати стабільну вологість ґрунту.

Використання тіньових конструкцій є ще однією технікою, що дозволяє зменшити пряме сонячне випромінювання та знизити випаровування води. Спеціальні тіньові сітки або конструкції можуть бути розміщені над рослинними зонами, що дозволяє зберегти вологість ґрунту впродовж триваліших періодів. Ефективне використання води в ландшафтному зрошенні значною мірою залежить від правильного планування графіку поливу. Оптимізація розкладу поливу включає вибір часу, коли випаровування мінімальне – зазвичай це ранкові, вечірні та

нічні години, коли температура повітря є найнижчою. Полив у ці періоди дозволяє значно знизити втрати води та підвищити ефективність її поглинання корінням рослин.

Використання альтернативних джерел, технологій зниження випаровування та оптимізації поливу дає змогу значно скоротити споживання води та знизити навантаження на природні ресурси. Ці підходи не тільки підвищують ефективність зрошення, але й сприяють розвитку екологічної стійкості, що є особливо актуальним у контексті кліматичних змін та обмеженості водних ресурсів (табл. 1).

Таблиця 1

Заходи адаптації систем ландшафтного зрошення до кліматичних змін

Кліматичний фактор/проблема	Заходи адаптації	Технології	Очікувані результати
Зменшення кількості опадів	Використання альтернативних джерел води	Збір дощової води, очищена стічна вода	Зменшення залежності від природних опадів
Підвищення температур	Оптимізація розкладу поливу	Автоматизовані системи, смарт-технології	Зниження випаровування та економія води
Зростання частоти посух	Використання точкового зрошення	Крапельне зрошення, мікрозрошення	Підвищення ефективності водокористування
Зниження вологості повітря	Використання технік для зменшення випаровування	Мульчування, тіньові сітки	Підтримка стабільної вологості ґрунту
Зміна біорізноманіття	Вибір стійких до посух рослин	Моделювання потреб рослин, селекція видів	Збереження міської та природної рослинності
Інтенсивні опади	Поліпшення водовідведення та дренажу	Дренажні системи, фільтри, збірники, резервуари	Запобігання підтопленню, зменшення ерозії ґрунту, накопичення води

В умовах мінливого клімату ефективне планування ландшафтного зрошення потребує надійних методів прогнозування водного попиту. Використання моделей, що враховують кліматичні показники, такі як температура, рівень опадів, вологість повітря та інтенсивність сонячного випромінювання, дозволяє передбачити потреби у воді для ландшафтів у різних сезонних умовах. Такі моделі можуть застосовувати варіанти адаптації для різних кліматичних прогнозів, що особливо важливо для регіонів, де очікуються значні зміни погодних умов.

Методи прогнозування водного попиту включають як традиційні емпіричні моделі, так і більш складні динамічні моделі, які враховують різноманітні фактори та здатні враховувати зміни у водному балансі внаслідок екстремальних погодних явищ. Прогнозування на основі таких моделей допомагає підвищити точність планування водних ресурсів, зменшити надлишкове використання води та оптимізувати роботу систем зрошення в умовах обмежених ресурсів.

У роботі розроблено алгоритм, призначений для прогнозування потреби у воді в системах ландшафтного зрошення. Алгоритм використовує комплексний підхід, що включає аналіз метеорологічних даних (температура, опади, вологість, вітер), характеристик ґрунту (тип, вологість), типу рослинності та фази її вегетації. Завдяки інтеграції цих даних, алгоритм дозволяє оптимізувати режим поливу, мінімізуючи витрати води та втрати на випаровування. На основі отриманих даних, алгоритм обчислює необхідний об'єм води для кожної зони зрошення, вибирає оптимальний метод поливу (крапельне, дощування тощо) та визначає найбільш сприятливий час для поливу, враховуючи такі фактори, як випаровування та температура повітря. Це дозволяє створити індивідуальний графік поливу для кожної зони.

Для забезпечення стійкості ландшафтів в умовах зміни клімату необхідно впроваджувати інтелектуальні системи зрошення. Використання альтернативних джерел води, таких як очищена стічна та дощова вода, знижує залежність від прісноводних ресурсів. Таким чином, інтеграція інноваційних технологій та прогнозних моделей є важливим кроком для підвищення стійкості зелених зон в умовах кліматичних змін.