

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

РОЛЬ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ФОРМУВАННІ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ НА ПРИКЛАДІ ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ

Виконав: студентка 4 курсу, групи ДЕ-41
спеціальності: 101 «Екологія»
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ /Маргарита БУГАКОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ /Надія МАКСИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / Надія
МАКСИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ /Юлія МІРОШНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ /Раїса САВІЦЬКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Надія МАКСИМЕНКО
підпис ім'я та прізвище

“26” травня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____ Маргариті БУГАКОВІЙ
(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Роль зеленої інфраструктури в формуванні поверхневого стоку на прикладі зелених дахів

керівник роботи Надія Максименко, доктор географічних наук, професор
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “15” березня 2021 року №0210-05/467

2. Строк подання студентом роботи 27квітня 2021 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Опис та огляд наукових публікацій за темою: «Роль зеленої інфраструктури у формуванні поверхневого стоку» та в цілому вплив зеленої інфраструктури на блакитну.
2. Проведення власного експерименту, що включає: пошук зелених дахів на території міста Харків, відбір стічних (поверхневих) вод, лабораторний

- аналіз зразків поверхневої та просоченої води через зелений дах, порівняльна характеристика отриманих показників у двох різних місцях.
3. Підведення підсумків.
 4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ НА ТЕМУ: «РОЛЬ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ФОРМУВАННІ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ» ТА В ЦІЛОМУ «ВПЛИВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА БЛАКИТНУ»
2	РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ
3	РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ 3.1 Постановка експерименту та опис ділянок 3.2 Порівняльний аналіз зразків

5. Дата видачі завдання _____ 20.05.2020 р. _____

Студент _____
підпис

Маргарита БУГАКОВА
ім'я і прізвище

Керівник роботи _____
підпис

проф. Надія МАКСИМЕНКО
посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

РОЛЬ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ФОРМУВАННІ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ НА ПРИКЛАДІ ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ

Маргарита БУГАКОВА

Кваліфікаційна робота «Роль зеленої інфраструктури в формуванні поверхневого стоку на прикладі зелених дахів» містить 31 сторінок, 3 розділи, 2 підрозділи, 2 таблиці, 5 рисунків, 6 використаних джерел.

Мета роботи: визначити роль зеленої інфраструктури міста у формуванні поверхневого стоку на прикладі зелених дахів у м. Харків.

Актуальність теми. На сьогодні розвиток зеленої інфраструктури в містах є дуже популярним напрямком, особливо за кордоном, де існує безліч варіацій його впровадження. В Україні ж зелена інфраструктура тільки набирає обертів у роботах спрямованих на поліпшення урбанного мікроклімату. А такий об'єкт зеленої інфраструктури міста як «зелений дах» має вирішальну роль у формуванні поверхневого стоку. Адже через його рослинний та/або ґрунтовий покрив просочуються опади і таким чином формується рівень концентрації хімічних речовин у стічних водах та привласнюються фізичні та гранулометричні характеристики. Тому роль «зелених дахів» у формуванні поверхневого стоку, а саме – вірогідна фільтрація та очищення дощової води ще до того як вона потрапить до місцевих очисних споруд, може допомогти у зменшенні матеріальних, технічних та енергетичних витрат на очищення стічних вод очисними станціями.

Завдання. Експеримент передбачав відбір проб поверхневої та просоченої води через зелений дах у двох точках міста Харків, з подальшим порівняльним аналізом концентрацій фізико-хімічних показників води.

Методи. Для відбору проб був використаний польовий метод. Визначення фізико-хімічного складу зразків води було виконано у лабораторії еколого-аналітичних досліджень з використанням методичних матеріалів та способу

атомно-абсорбційної спектрометрії. Експеримент включає і теоретичні, і практичні методи.

Результати. Для дослідження були відібрані проби талого снігу у двох точках м. Харків. Визначено концентрації та значення фізико-хімічних показників та виявлено що більша частина речовин, а саме: рН, хлориди, жорсткість, лужність, хром, місцево – нітрити, залізо, марганець, цинк та аміак зменшились у воді після просочування через поверхню зеленого даху. Це означає що зелена інфраструктура відіграє роль певного бар'єра (фільтра), який зменшує та/або збільшує вміст речовини у стічних водах. Порівнявши отримані показники з ГДЗ та ГДК було виявлено, що «до» та «після» просочування води через зелені дахи вміст речовин відповідав нормативним значенням.

АТОМНО-АБСОРБЦІЙНА СПЕКТРОМЕТРІЯ, ВАЖКІ МЕТАЛИ,
ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА, УРБАННИЙ МІКРОКЛІМАТ, БЛАКИТНА
ІНФРАСТРУКТУРА

ANNOTATION

THE ROLE OF GREEN INFRASTRUCTURE IN THE FORMATION OF SURFACE RESTRAINT ON THE EXAMPLE OF GREEN ROOFS

Margarita BUGAKOVA

The qualification work "The role of green infrastructure in the formation of surface runoff on the example of green roofs" contains 31 pages, 3 sections, 2 subsections, 2 tables, 5 figures, 6 sources used.

Purpose: to determine the role of green infrastructure of the city in the formation of surface runoff on the example of green roofs in Kharkiv.

The relevance. Today, the development of green infrastructure in cities is a very popular area, especially abroad, where there are many variations of its implementation. In Ukraine, however, green infrastructure is only gaining momentum in the work aimed at improving the urban microclimate. And such an object of green infrastructure of the city as the "green roof" has a crucial role in the formation of surface runoff. After all, precipitation seeps through its vegetation and / or soil cover and thus the level of concentration of chemicals in wastewater is formed and physical and granulometric characteristics are assigned. Therefore, the role of "green roofs" in the formation of surface runoff, namely the probable filtration and treatment of rainwater before it reaches local treatment plants, can help reduce material, technical and energy costs for wastewater treatment by treatment plants.

Task. The experiment involved sampling surface and impregnated water through a green roof at two points in the city of Kharkiv, followed by a comparative analysis of the concentrations of physico-chemical parameters of water.

Methods. The field method was used for sampling. Determination of the physicochemical composition of water samples was performed in the laboratory of ecological and analytical research using methodological materials and the method of atomic absorption spectrometry. The experiment includes both theoretical and practical methods.

Results. Samples of melted snow at two points in Kharkiv were taken for the study. The concentrations and values of physicochemical parameters were determined and it was found that most of the substances, namely: pH, chlorides, hardness, alkalinity, chromium, local nitrites, iron, manganese, zinc and ammonia decreased in water after seepage through the green roof surface. This means that the green infrastructure acts as a barrier (filter) that reduces and / or increases the content of the substance in the wastewater. Comparing the obtained indicators with the MPC and MPC, it was found that "before" and "after" the infiltration of water through the green roofs, the content of substances corresponded to the normative values.

ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY, HEAVY METALS, GREEN INFRASTRUCTURE, URBAN MICROCLIMATE, BLUE INFRASTRUCTURE

АННОТАЦИЯ

РОЛЬ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ

Маргарита БУГАКОВА

Квалификационная работа «Роль зеленой инфраструктуры в формировании поверхностного стока на примере зеленых крыш» содержит 31 страниц, 3 главы, 2 подразделения, 2 таблицы, 5 рисунков, 6 использованных источников.

Цель работы: определить роль зеленой инфраструктуры города в формировании поверхностного стока на примере зеленых крыш в г. Харьков.

Актуальность темы. На сегодня развитие зеленой инфраструктуры в городах является очень популярным направлением, особенно за рубежом, где существует множество вариаций его внедрения. В Украине же зеленая инфраструктура только набирает обороты в работах направленных на улучшение урбанистической микроклимата. А такой объект зеленой инфраструктуры города, как «зеленая крыша» имеет решающую роль в формировании поверхностного стока. Ведь из-за его растительный и / или почвенный покров просачиваются осадки и таким образом формируется уровень концентрации химических веществ в сточных водах и присваиваются физические и гранулометрические характеристики. Поэтому роль «зеленых крыш» в формировании поверхностного стока, а именно - вероятно фильтрация и очистка дождевой воды еще до того как она попадет в местные очистные сооружения, может помочь в уменьшении материальных, технических и энергетических затрат на очистку сточных вод очистными станциями.

Задания. Эксперимент предусматривал отбор проб поверхностной и пропитанной воды через зеленую крышу в двух точках города Харьков, с последующим сравнительным анализом концентраций физико-химических показателей воды.

Методы. Для отбора проб был использован полевой метод. Определение физико-химического состава образцов воды были выполнены в лаборатории эколого-аналитических исследований с использованием методических материалов и способа атомно-абсорбционной спектрометрии. Эксперимент включает и теоретические, и практические методы.

Результаты. Для исследования были отобраны пробы талого снега в двух точках г. Харьков. Определены концентрации и значение физико-химических показателей и выявлены что большая часть веществ, а именно: рН, хлориды, жесткость, щелочность, хром, местно - нитриты, железо, марганец, цинк и аммиак уменьшились в воде после утечки через поверхность зеленой крыши. Это означает, что зеленая инфраструктура играет роль определенного барьера (фильтра), который уменьшает и / или увеличивает содержание вещества в сточных водах. Сравнив полученные показатели с ГДЗ и ПДК было выявлено, что «до» и «после» просачивания воды через зеленые крыши содержание веществ отвечал нормативным значением.

АТОМНО-АБСОРБЦИОННАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ЗЕЛЕНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, УРБАНИСТИЧЕСКОЙ МИКРОКЛИМАТ, ГОЛУБАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

ЗМІСТ

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ «РОЛЬ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ФОРМУВАННІ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ» ТА В ЦІЛОМУ «ВПЛИВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА БЛАКИТНУ»	13
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	18
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
3.1 Постановка експеримента та опис ділянок	21
3.2 Порівняльний аналіз зразків	25
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні розвиток зеленої інфраструктури в містах є дуже популярним напрямком, особливо за кордоном, де існує безліч варіацій його впровадження. В Україні ж зелена інфраструктура тільки набирає обертів у роботах спрямованих на поліпшення урбанного мікроклімату. А такий об'єкт зеленої інфраструктури міста як «зелений дах» має вирішальну роль у формуванні поверхневого стоку. Через його рослинний та/або ґрунтовий покрив просочуються опади і таким чином формується рівень концентрації хімічних речовин у стічних водах та привласнюються фізичні та гранулометричні характеристики. Тому роль «зелених дахів» у формуванні поверхневого стоку, а саме – вірогідна фільтрація та очищення дощової води ще до того як вона потрапить до місцевих очисних споруд, може допомогти у зменшенні матеріальних, технічних та енергетичних витрат на очищення стічних вод очисними станціями.

Тема кваліфікаційної роботи – роль зеленої інфраструктури в формуванні поверхневого стоку на прикладі зелених дахів.

Мета роботи: визначити роль зеленої інфраструктури міста у формуванні поверхневого стоку на прикладі зелених дахів у м. Харків.

Завдання:

1. опис та огляд наукових публікацій за темою: «Роль зеленої інфраструктури у формуванні поверхневого стоку» та в цілому вплив зеленої інфраструктури на блакитну;

2. проведення власного експерименту, що включає: пошук зелених дахів на території міста Харків, відбір стічних (поверхневих) вод, лабораторний аналіз зразків поверхневої та просоченої води через зелений дах, порівняльна характеристика отриманих показників у двох різних місцях. Підведення підсумків.

Об'єкт дослідження – зелені дахи; поверхневий стік.

Предмет дослідження – роль зеленої інфраструктури у формуванні поверхневого стоку.

Методи дослідження. Для відбору проб був використаний польовий метод. Визначення фізико-хімічного складу зразків води було виконано у лабораторії еколого-аналітичних досліджень з використанням методичних матеріалів та способу атомно-абсорбційної спектрометрії. Експеримент включає і теоретичні, і практичні методи.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ «РОЛЬ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ФОРМУВАННІ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ» ТА В ЦІЛОМУ «ВПЛИВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА БЛАКИТНУ»

Зелена інфраструктура - це термін, який описує велику кількість об'єктів та розподіл природних особливостей у ландшафті. Такими об'єктами можуть бути: ліси, заболочені території, струмки, сади, зелені дахи та всі інші створені людиною природні екосистеми [1].

Побудова зеленої інфраструктури така ж важлива, як створення соціально-побутової інфраструктури (наприклад, будування житлових будинків, прокладання дороги, створення комунальних послуг), бо вона також виконує так звані послуги, які однаково необхідні для нашого добробуту [2].

Наприклад, у штаті Меріленд, що знаходиться на сході США, проводилось дослідження щодо ролі зеленої інфраструктури та її впливу на системи навколишнього середовища. Виявилось, що ЗІ штату надає основну частину природного забезпечення штату, а саме функції:

- очищення повітря;
- фільтрацію та охолодження води;
- зберігання та кругообіг поживних речовин;
- збереження та утворення ґрунтів;
- запилення сільськогосподарських культур та інших рослин;
- регулювання клімату;
- скорочення вуглекислого газу;
- захист територій від штормів;
- підтримку гідрологічних режимів на території [1].

Всі вищеописані функції в Меріленді виконуються існуючими просторами лісів, заболоченими землями, зеленими угіддями, парками та іншими об'єктами ЗІ.

Важливим фактором є те, що «поломка» екосистеми спричиняє збитки, які важко та дорого відновлюються. І в умовах величезного зростання чисельності світового населення, через що зростає споживання землі та природних ресурсів для людських потреб, потрібно усвідомити, що стан природних екосистем потребує більше уваги та збереженню.

В містах зеленою інфраструктурою вважаються ще «зелені дахи».

Термін «зелений дах» – це умовна назва всіх штучно засаджених територій в містах. Такі ділянки землі напряму не взаємодіють з денною поверхнею і можуть складатися з різноманітних типів ґрунтової підстилки та типу рослинності. Вони відіграють важливу роль у:

- формуванні поверхневого стоку;
- житті та розвитку міської флори та фауни;
- температурному режимі будинків;
- шумоізоляційному аспекті будинків;
- формують комфортний мікроклімат на території [2].

На даний час у світі створено багато наукових програм, які спрямовані на розвиток зеленої інфраструктури. Наприклад, Європейський банк реконструкції та розвитку (Євробанк, ЄБРР) створив план розвитку «Зелених міст». Організація займається екологічними питаннями спрямованими на : міський транспорт, тверді відходи, води, стічні води, енергетику, будівлі, планування земель, зелені насадження, біорізноманіття. Проєкт «Зелені міста» має системний підхід та спрямований на:

- забезпечення стійкого майбутнього для міст;
- збереження та покращення якості екологічних активів (повітря, води, землі, ґрунту та біорізноманіття);

- раціональне використання природних ресурсів;
- соціальний та економічний добробут країни [3].

Основними компонентами політики ЄБРР є:

1. план дій «Зелене місто» (ЄБРР) включає оцінку та визначення пріоритетів екологічних проблем та міських питань вразливості. На основі конкретних показників складається план дій щодо вирішення проблем, виконуються політичні врівноваження та здійснюється пошук стійких інвестицій в інфраструктуру;

2. інвестиції в зелену інфраструктуру включають сприяння та стимулювання державних і приватних інвесторів в міські системи, такі як: вода та стічні води, міський транспорт, енергетика районів, енергоефективність, будівлі, ВДЕ, ТПВ, стійкість до клімату, відновлення міст, освіта, охорона здоров'я, догляд, природний капітал, соціальна допомога та системи харчування;

3. розбудова спроможності включає надання технічної підтримки міським адміністраторам та відповідальним організаціям заходів для забезпечення ефективного здійснення інвестицій у зелену інфраструктуру.

Плани дій щодо створення «Зеленого міста» були впроваджені в Батумі, Улан-Баторі, Єревані, Сараєво, Тбілісі, Кишиніві, Ізмірі та інших.

Реалізовані проєкти в Грузії, Вірменії, Албанії, Молдові, США значною мірою вплинули на сталий розвиток. Так в столиці Албанії, м. Тирани (Тірана) було почато проєкт з нового орбітального лісу на 20 млн. дерев з метою, зменшення розростання міст та збільшенні відкритої зеленої площі, за співвідношенням на душу населення. До уваги приймався той факт, що ріки забруднювались великою кількістю стічних вод через зростання густоти населення і тому на допомогу екосистемі було необхідне розширення об'єктів ЗІ, адже вони напряду впливають на блакитну інфраструктуру [3].

Періодом впровадження плану Зеленого міста є 12–36 місяців, протягом яких здійснюються всі плани реалізації щодо: поглинання та зменшення вуглецю, зменшення глобального тепла в містах, покращення якості повітря, зменшення попиту на енергію та забезпечення комфортного середовища існування.

Для аналізу та збору даних в Тірані були використані інструменти для кількісної оцінки:

- послуг екосистем для інформування політичних рішень;
- зеленої інфраструктури;
- переваг дерев у міських районах;
- реєстрації різноманітності видів птахів і т. д. [3].

Окрім того, що зелена інфраструктура допомагає самій екосистемі міста, то її вплив дуже важливий у людській діяльності та житті, тому як завдяки об'єктам ЗІ, наприклад, створена рекреаційна зона для відпочинку забезпечує розваги та відпочинок на свіжому повітрі. Відбувається поліпшення здоров'я та самопочуття внаслідок додаткових фізичних навантажень від їзди на велосипеді та прогулянка стежками в зелених коридорах. Управління та використання зелених насаджень також покращує імідж міста, через привабливість відкритих просторів до нього прямують туристи та підтримують економічний стан країни [3].

Прикладом дослідження ролі зеленої інфраструктури в містах також є експеримент у Единбурзі (Шотландія). Ставки для утримання дощових вод в місті є важливою частиною синьо-зеленої інфраструктури, забезпечуючи безліч переваг, пов'язаних із стійкістю до повені, покращенням якості води, створенням середовища існування дикої природи та збільшенням цінності зручності та біорізноманіття. Тут науковці порівнюють два ставки в Оксганс та Ялівець Грін. Вони обидва були створені 10–15 років тому під час будівництва житлових масивів та мають відстань 3,5 км. Обсяги ставків були розраховані з використанням детальних гідрографічних даних (отриманих в рамках цього

дослідження). Наявність ставків не тільки затримує піковий розряд після екстремальних опадів, але і значно зменшує його. Отримані дані про хімію води, чисельність планктонних організмів та макробезхребетних дозволяють припустити, що збільшення рівня забруднюючих речовин впливає на біологічну якість води та структуру екосистеми. Ставок Оксангс має набагато вищу електропровідність, що відповідає вищим концентраціям певних елементів і нижчим показникам макробезхребетних, ніж Ялівець Грін. Однак вода в Ялівець Грін збагачується плюмбумом та низкою РЗЕ, що може бути пов'язано з утилізованою електронікою. На додаток стійкості до поєнї та переваг якості води, обидва ставки забезпечують значну користь та цінність біорізноманїття. На сьогоднішній день в Оксангсі та Ялівцю Грінї зарєєстровано 103 та 22 види судинних рослин, 20 і 16 видів мохоподібних, 5 та 2 види нелїхенованих грибів та 11 та 4 види епїфітних лишайників. Представлені тут результати мають наслідки для подальших досліджень та практики проектування та управління дощовими водоймами [4].

Через те, що блакитна та зелена інфраструктура в містах дуже взаємопов'язана всі дослідження такого типу відіграють дуже важливу роль у формуванні цілісного існування екосистеми та її подальшого розвитку і збереження для майбутніх поколінь. Тож досліджуючи зелені дахи та компоненти ЗІ, за перспективами Європейського банку реконструкції та розвитку, можна досягти цілей:

- сталого розвитку;
- екосистемної рівноваги;
- економічної стабільності;
- суспільного добробуту;
- раціонального використання природних ресурсів;
- екологічної обізнаності [3].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Відбір проб проводився 2 та 4 березня 2021 року у місті Харків. На той час поверхнева вода мала стан талого замерзлого снігу, який лежав на поверхні ділянки зелених дахів. В обрізані пластикові пляшки було зібрано чотири зразки, по два з двох точок міста.

Перші зразки проби – це талий сніг з поверхні зеленого даху, другі зразки – це талий сніг зі стоку, тобто просочена вода через поверхню. Зразки були віднесені для фізико-хімічного аналізу в лабораторію еколого-аналітичних досліджень ННІ екології, Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна.

В лабораторних умовах визначалися такі показники як: рН, нітрити, нітрати, прозорість, запах, каламутність, хлориди, жорсткість загальна, лужність загальна, аміак, цинк, мідь, марганець, кадмій, залізо загальне, хром [5].

Водневий показник визначався за допомогою рН-метра в лабораторних умовах. Такий метод на відміну від паперу або спеціальних смужок дозволяє встановити значення кислотності та/або лужності рідини з точністю до сотих часток. Для проведення вимірювання були виконані наступні дії:

- ввімкнуто прилад;
- перевірена відповідність температури електрода та рідини, щоб не відбулося різкого перепаду;
- в меню обрано буферну рідину «вода»;
- занурено електрод у воду, зафіксовано;
- відтворити кроки з кратністю «8» задля точного визначення;
- після кожного окремого зразка електрод рН-метра було промито в дистильованій воді;
- вимкнуто пристрій.

Каламутність води визначалась за допомогою фільтра. Спочатку фільтр було попередньо зважено, потім крізь нього профільтровано відібрану воду окремо з кожного зразка. Після висихання фільтра його було зважено та виведено різницю мас. Числове значення різниці вказувало на частку завислих речовин у воді, тобто каламутність [5].

Прозорість води визначалась за методом Снеллена, тобто за допомогою скляного циліндра з плоским дном висотою 30 см. Воду перемішали та налили у циліндр на всю висоту. Під дно циліндра поклали папір зі стандартним шрифтом. Після цього дивлячись через циліндр на напис злили воду з нього доти, доки шрифт не став чітким. Висота води виражена в сантиметрах вказувала на прозорість

Для визначення запаху при кімнатній температурі + 20 °С зпочатку добре збовтали воду в пробірці, закривши її склом, а після зняли скло та носом вдихнули аромат. Кожний відтінок аромату мав свій бал.

Лужність визначалася за допомогою кислотно-основного титрування протягом 24 годин після відбору проб. Попередньо за допомогою рН-метра було виміряно кислотність. Далі проби води титрувалися розчином HCl з індикатором метилоранжу. Індикатор зміни забарвлення метилоранжу вказав на загальну лужність [5].

Загальна жорсткість, або твердість води визначалася методом титрування розчином двонатрієвої солі (трилон Б та комплексом III) в лужному середовищі за допомогою індикатора хромоген чорний.

Важкі метали, а саме – цинк (Zn), залізо (Fe), марганець (Mn), мідь (Cu), кадмій (Cd), хром (Cr) визначалися за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії та оптичної емісійної спектроскопії. Даний метод заснований на поглинанні випромінювання, (ультрафіолетова і видима спектральні області) не збудженими атомами в газоподібному стані. Для того щоб зробити аналіз потрібно:

- пробу води налити в склянку до 20 мл та помістити в спектрометр;
- автоматизований прилад опускає кінець капіляра та видає калібрувальний графік кількості поглинання випромінювання.

Аміак, або амонійний азот визначався за допомогою приладу фотоелектроколориметр у лабораторних умовах. Даний прилад автоматично визначає інтенсивність зображення порівнюючи відібрану проб води та стандартний розчин з відомою концентрацією розчину

Нітриту у воді визначалися за методом Гріса в лабораторних умовах: в одну пробірку наливаємо 20 мл стандартного розчину з відомими концентраціями, а в другу відібрану пробу води. Після в обидва розчини додати по 1 мл реактиву Гріса та перемішати. Далі пробірки поміщаються в водяну баню за температури 50–60 °С на 10 хв. Коли визначений час пройшов за допомогою фотоелектроколориметра визначаємо інтенсивність забарвлення в обох пробірках у кюветі та порівнюємо [5].

Нітрати визначалися в лабораторних умовах за допомогою приладу фотоелектроколориметр.

Концентрація хлоридів у воді визначалася в лабораторних умовах титрометричним методом, а саме: у воду об'ємом в 100 мл додати 1 мл 5-ти відсоткового розчину хромату калію (K_2CrO_4). Далі титрувати розчином азотнокислого срібла до переходу з лимонно-жовтого забарвлення до легкого помаранчевого

Всі методики були використані відповідно до державного стандарту України (ДСТУ).

Для визначення ГДЗ (гранично допустимих значень) та ГДК (гранично допустимих концентрацій) були використані додаток 3, 4 та 5, від 01.12.2017 з наказу № 316 відповідно «Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України» про затвердження «Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення» [6].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Постановка експерименту та опис ділянок

У місті Харків зелена інфраструктура, а саме зелені дахи представлені найчастіше двома типами: дахами паркінгу і дахами льохів. Саме тому для визначення ролі зеленої інфраструктури у формуванні поверхневого стоку були обрані саме ці два типи зелених дахів.

Першою точкою стала паркінгова ділянка на вул. Бакуліна, 33 біля житлового комплексу (рис. 3.1). Ділянка знаходиться у дворі приватного сектора та відіграє роль даху парковки для автомобілів. Площа дорівнює 10 м² з кутом нахилу 25°. Найнижча точка даху знаходиться на відстані 40 см від денної поверхні, найвища досягає близько 4 метрів. Рослинність вирощена на ділянці штучно на спеціально підібраному субстраті (грунтосуміші), сама екосистема сягає віком до 3-х років. Товщина поверхневого шару складає до 10 см грунтосуміші.

Антропогенне навантаження на ділянку включає:

- автомобільну парковку;
- проїжджу частину;
- дитячий майданчик;
- жителі/пішоходи;
- житловий будинок;
- вигул домашніх тварини.

Прибирання на території проводиться своєчасно та регулярно, за це відповідає керуюча компанія житлового комплексу.



Рис. 3.1– Зелений дах-паркінг на вул. Бакуліна

Таблиця 3.1

Коротка характеристика ділянки першого зразка

Параметри	Опис
Адреса	м. Харків, вул. Бакуліна, 33
Площа ділянки	10 м ²
Рослинність	Штучно створена
Тип ґрунту	ґрунтосуміш/субстрат
Джерела забруднення	Внутрішньобудинковий проїзд, паркінг
Товщина шару	До 10 см
Висота над денною поверхнею	Від 40 см до 4 м
Вік екосистеми	3 роки
Тип ділянки	Дах стоянки

Продовження таблиці 3.1

Прибирання	Регулярне та своєчасне
Кут нахилу ділянки	25
Антропогенне навантаження	автомобільна парковка, проїзджа частина, дитячий майданчик, жителі/пішоходи, житловий будинок, вигул домашніх тварини.

Другою точкою для відбору проб стала ділянка поверхні погрібу (льоуху) на вул. Героїв Праці (рис. 3.2). Ділянка знаходиться поблизу гаражів у внутрішньому дворі житлових будинків. Зелений дах має площу близько 50 м², з кутом нахилу 0–3°. Висота над денною поверхнею в середньому складає 1 метр. Дах складає типовий ґрунт міського урбозему, на якому зростає рудеральна рослинність. Вік даної екосистеми близько 20-ти років.

Антропогенне навантаження на ділянку включає в себе:

- витоптування;
- викошування;
- вигул домашніх тварин;
- проїзджу частину автотранспорту.

Прибирання території не регулярне та проводиться місцевими жителями.



Рис. 3.2 – Зелений дах на вул. Героїв Праці

Таблиця 3.2

Коротка характеристика ділянки другого зразка

Параметри	Опис
Адреса	м. Харків, вул Героїв праці
Площа ділянки	50 м ²
Рослинність	Рудеральна
Тип ґрунту	Урбанозем
Джерела забруднення	Проїжджа частина вул. Героїв праці та гаражі
Товщина шару ґрунту	75–80 см
Висота над денною поверхнею	1 м
Вік екосистеми	20 років
Тип ділянки	Поверхня погрібу

Продовження таблиці 3.2

Прибирання	Не регулярне
Кут нахилу ділянки	0–3
Антропогенне навантаження	Витоптування. Викошування. Вигул домашніх тварин. Проїжджа частина автотранспорту.

3.2 Порівняльний аналіз зразків

Для початку порівнюємо зразки поверхневої та просоченої води з ділянки на вул. Бакуліна (рис. 3.3). Всі показники не перевищують норму гранично допустимих концентрацій, але відсоток вмісту хімічних речовин змінюється при проходженні через ґрунтосуміш зеленого даху. Тому можна спостерігати наступні зміни:

- рН поверхневої води після просочування зменшився на 5,3 %, нітрити на 50 %, хлориди на 6,2 %, загальна жорсткість впала на 39,5 %, загальна лужність зменшилась на 21,30 %, аміак на 75 %, цинк зменшився на 13,6 %, марганець на 69,3 % та хром на 100 %.

Такі результати говорять нам про те, що рослинність та субстрат зеленого даху, дійсно затримують більшість часток хімічних елементів та очищають поверхневий стік. Але натомість існують показники відсоток концентрації яких збільшився:

- запах просоченої води посилюється на 100 % порівняно з поверхневою та мав деревний відтінок. Причиною цього стали залишки листя у місці стоку;
- важкі метали – кадмій та залізо збільшилися на 10 та 19 відсотків відповідно. Причиною цього стало накопичування у ґрунті даних хімічних

часток через постійне надходження на ділянку поверхневих вод.

Крім змінних показників також існують ті, які залишились при початковій концентрації після просочування води через поверхню зеленого даху: це мідь ($0,003 \text{ мг/дм}^3$), нітрати (0 мг/дм^3), каламутність (1,5) та прозорість (25 за шкалою Снеллена).

Підсумовуючи аналіз перших зразків та їх зміни, можна стверджувати що зелений дах на вул. Бакуліна відіграє поліпшуючу роль у якості поверхневого стоку. Зважаючи на те, що поверхнева вода за концентраціями хімічних речовин знаходиться початково в межах норми, то навіть невеликий відсоток збільшення важких металів невідчутно справджується на якості просоченої води. Показники які залишились при статичному ГДЗ також залишились в нормі.

Показник		ГДК/допустиме значення показника в пробі стічних вод	Галій сніг з поверхні	Галій сніг зі стоку	Зміна концентрації речовини	
рН, водне		6,5-9,0	8,266	7,83	↘	5,30%
нітрати, мг/дм ³	NO ₃	45	0	0	—	0
нітри, мг/дм ³	NO ₂	3,3	0,004	0,002	↘	50%
прозорість, см		30	25	25	—	0
запах, бал		3	0	1	↗	100
каламутність		<300	1,5	1,5	—	0
хлориди, мг/дм ³	Cl	< 350	196	184	↘	6,20%
жорсткість загальна, ммоль/дм ³		< 7	1,3	0,8	↘	39,50%
лужність загальна, мг/дм ³		< 10	1,65	1,3	↘	21,30%
аміак, мг/дм ³	NH ₃	30	0,08	0,2	↘	75%
цинк, мг/дм ³	Zn	1	0,0432	0,0373	↘	13,60%
мідь, мг/дм ³	Cu	0,5	0,0003	0,0003	—	0
марганець, мг/дм ³	Mn	30	0,00065	0,0002	↘	69,30%
кадмій, мг/дм ³	Cd	0,01	0,00045	0,0005	↗	10%
залізо загальне, мг/дм ³	Fe	2,5	0,01935	0,0217	↗	19,00%
хром, мг/дм ³	Cr	2,5	0,0003	0	↘	100%

Рис. 3. 3. - Порівняльна характеристика проби № 1

Досліджувана ділянка на вул. Героїв Праці мала наступні результати (рис. 3.4):

- зменшилась концентрація просоченої води порівняно з поверхневою у показників на наступні відсоткові значення: рН на 8,5 %, хлориди \simeq 4,2 %, загальна жорсткість \simeq 87,8 %, загальна лужність \simeq 81,5 %, залізо \simeq 1,6 %, хром \simeq 100 %;
- концентрація збільшилась після просочення води через зелений дах у показників: запаху на 100 %, каламутності на 15 %, у тяжких металів – цинк (79 %), мідь (75 %), марганець (77 %), кадмій (50 %).

Збільшення вмісту важких металів після просочення води через поверхню, відбулося внаслідок їх накопичення в урбоземі. Особливо якщо брати до уваги той факт, що екосистема існує близько 20 років за постійного антропогенного втручання (наприклад, проїжджа частина для автотранспорту або витоптування). Але якщо порівнювати цифрові значення, то навіть збільшення показників тяжких металів відповідає ГДК та ГДЗ.

Концентрація залишилася незмінною після просочування: нітрати (0 мг/дм³), нітрити (0,001 мг/дм³), прозорість (25 за шкалою Снеллена), аміак (0,08 мг/дм³).

Підводячи підсумок за зразком поверхневої та просоченої води на вул. Героїв Праці, можна стверджувати, що зелений дах в більшій мірі відіграє роль бар'єру для порівняно легких хімічних елементів. Через довгий вік та не регулярне очищення території екосистема не може швидко оновитися.

Показник		ГДК/допустиме значення показника в пробі стічних вод	Талій сніг з поверхні	Талій сніг зі стоку	Зміна концентрації речовини	
рН		6,5-9,0	7,929	7,252	↘	8,50%
нітрати, мг/дм ³	NO ₃	45	0	0	—	0
нітрити, мг/дм ³	NO ₂	3,3	0,001	0,001	—	0
прозорість, см		30	25	25	—	0
запах, бал		3	0	2	↗	100%
каламутність		<300	1,5	2	↗	15%
хлориди, мг/дм ³	Cl	< 350	192	184	↘	4,20%
жорсткість загальна, ммоль/дм ³		< 7	1,8	0,4	↘	87,80%
лужність загальна, мг/дм ³		< 10	2,8	0,8	↘	81,50%
аміак, мг/дм ³	NH ₃	30	0,08	0,08	—	0
цинк, мг/дм ³	Zn	1	0,0417	0,0458	↗	9%
мідь, мг/дм ³	Cu	0,5	0,0001	0,0004	↗	75%
марганець, мг/дм ³	Mn	30	0,0001	0,0003	↗	77%
кадмій, мг/дм ³	Cd	0,01	0,0002	0,0004	↗	50%
залізо загальне, мг/дм ³	Fe	2,5	0,0066	0,0065	↘	1,60%
хром, мг/дм ³	Cr	2,5	0,0001	0	↘	100%

Рис. 3.4 - Порівняльна характеристика проби № 2

Порівнюючи роль зеленого даху на двох ділянках були знайдені спільні характерні риси та відмінні (рис. 3.5), а саме:

- кадмій та запах в обох зразках збільшилися у складі води після просочування через поверхню;
- концентрація показників: рН, хлориди, загальна лужність, загальна жорсткість, хром зменшилися після просочування в обох зразках;
- значення нітратів та прозорості в обох випадках залишилось незмінними після проходження через шар ґрунту;
- протилежними за результатами виявилися залізо, марганець та цинк. Якщо у 1 пробі (вул. Бакуліна) концентрація цинка та марганцю зменшилась, то в другій (вул. Героїв Праці) навпаки збільшилась після просочування; залізо у першому зразку збільшилось у другому зменшилось;
- нітрити та мідь у першому зразку зменшувались, у другому залишались незмінними;

- мідь та каламутність у другому зразку збільшували свою концентрацію після просочування, в першому були статичні.

Показник		ГДК/допустиме значення показника в пробі стічних вод	1-й зразок Талий сніг з поверхні	2-й зразок Талий сніг з поверхні	1-й зразок Талий сніг зі стоку	2-й зразок Талий сніг зі стоку	Зміна концентрації речовини 1-го зразка		Зміна концентрації речовини 2-го зразка	
рН, водне		6,5-9,0	8,266	7,929	7,83	7,252	↘	5,30%	↘	8,50%
нітрати, мг/дм ³	NO ₃	45	0	0	0	0	—	0	—	0
нітриги, мг/дм ³	NO ₂	3,3	0,004	0,001	0,002	0,001	↘	50%	—	0
прозорість, см		30	25	25	25	25	—	0	—	0
запах, бал		3	0	0	1	2	↗	100	↗	100%
каламутність		<300	1,5	1,5	1,5	2	—	0	↗	15%
хлориди, мг/дм ³	Cl	< 350	196	192	184	184	↘	6,20%	↘	4,20%
жорсткість загальна, ммоль/дм ³		< 7	1,3	1,8	0,8	0,4	↘	39,50%	↘	87,80%
лужність загальна, мг/дм ³		< 10	1,65	2,8	1,3	0,8	↘	21,30%	↘	81,50%
аміак, мг/дм ³	NH ₃	30	0,08	0,08	0,2	0,08	↘	75%	—	0
цинк, мг/дм ³	Zn	1	0,0432	0,0417	0,0373	0,0458	↘	13,60%	↗	9%
мідь, мг/дм ³	Cu	0,5	0,0003	0,0001	0,0003	0,0004	—	0	↗	75%
марганець, мг/дм ³	Mn	30	0,00065	0,0001	0,0002	0,0003	↘	69,30%	↗	77%
кадмій, мг/дм ³	Cd	0,01	0,00045	0,0002	0,0005	0,0004	↗	10%	↗	50%
залізо загальне, мг/дм ³	Fe	2,5	0,01935	0,0066	0,0217	0,0065	↗	19,00%	↘	1,60%
хром, мг/дм ³	Cr	2,5	0,0003	0,0001	0	0	↘	100%	↘	100%

Рис. 3.5 – Порівняльна характеристика 1 та 2 зразків

ВИСНОВКИ

Зробивши власний експеримент щодо визначення ролі зеленої інфраструктури у формуванні поверхневого стоку на прикладі зелених дахів у м. Харків можна зробити наступні висновки:

1. Зменшення концентрацій речовин у воді після проходження через поверхню зеленого даху, а саме показників: рН, хлориди, жорсткість, лужність, хром, місцево – нітрити, залізо, марганець, цинк та аміак, вказує на поліпшуючу роль Зелених Дахів у формуванні поверхневого стоку.

2. Місцеве збільшення концентрацій важких металів не завдає шкоди блакитній інфраструктурі адже не перевищує ГДК у воді жодного з них, так само як значення органолептичних показників.

3. Показники, які залишилися без змін лежать в діапазоні ГДК і також не заподіюють негативного впливу на зелено-блакитну інфраструктуру.

Це означає що зелена інфраструктура відіграє роль певного бар'єра (фільтра), який зменшує та/або збільшує вміст речовини у стічних водах. Порівнявши отримані показники з ГДЗ та ГДК було виявлено, що навіть «до» та особливо «після» просочування води через зелені дахи вміст речовин відповідав нормативним значенням. Тому розвиток зеленої інфраструктури дійсно може допомогти у досягненні сталого розвитку екосистеми та інфраструктури міста в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. T. Weber, A. Sloan, J. Wolf. Maryland's Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation. *Landscape and Urban Planning*. 2016, Vol. 77, p. 94–110.
2. Rieke Hansena, Anton Stahl Olafssonb, Alexander P. N. van der Jagtc, Emily Ralla, Stephan Pauleita. Planning multifunctional green infrastructure for compact cities: What is the state of practice? *Ecological Indicators*. 2017, Vol. 96. P. 96–110.
3. Green city action plan methodology URL: https://ebrdgreencities.com/assets/Uploads/PDF/b89d8bdc43/GCAP_21_Methodology_V1_1.pdf. (дата звернення 01.03.2021).
4. Vladimir Krivtsov, Steve Birkinshaw, and other. Hydrology, ecology and water chemistry of two suds ponds: detailed analysis of ecosystem services provided by blue-green infrastructure. *Sustainable Water Resources Management 2021: materials of conference (19-20 may, 2021)*. P. 167–178.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.140-98 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы и хрома в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии с электротермической атомизацией. [Действующий от 2013-09-01]. Аналитический центр РОСА. 27 с.
6. Про затвердження Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та Порядку визначення розміру плати, що справляється за понаднорматив: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.12.2017 р. № 316. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18#Text>. (дата звернення 01.03.2021).