

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ДЕГРАДАЦІЯ ГАЗОННИХ ПОСАДЖЕНЬ В УРБОЕКОСИСТЕМАХ МІСТА ХАРКІВ

Виконала: студентка 4 курсу, групи ДЕ-42

Спеціальності: 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ /Угрєн Д. Д./

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ /проф. Ачасов А. Б./

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ /доц. Бузіна І. М./

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«До захисту допущено»

В. о. зав. кафедри _____ /проф. Медведєв В. В./

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтролер _____ /інж.І кат. Шаповалова В. О./

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Секретар ЕК _____ /ст. лаб. Савіцька Р. О. /

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Харків – 2020 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра – екології та неоекології
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальності: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

проф. В. В. Медведєв
(підпис) (ініціали, прізвище)

«28» травня 2019 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Уgren Діани Дмитрівної
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи: Деградація газонних посаджень в урбоекосистемах міста Харків

керівник роботи д-р. с.-г. наук, проф., Ачасов Андрій Борисович.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «01» квітня 2020 року №0210-05/489

2. Строк подання студентом роботи: «27» травня 2020 року _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити.

- 1) Проаналізувати наявну інформацію щодо проблем деградації газонних посаджень в урбанізованій екосистемі міста Харків.
- 2) Визначити основні чинники, що призводять до руйнування газонів міста.
- 3) Спланувати та провести польові експериментальні дослідження на визначених точках спостереження для оцінки стану газонного покриття та ґрунтового покриву.
- 4) Протестувати можливості космічної зйомки для оцінки площ газонів міста.

4. План роботи.

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд літературних джерел щодо функцій газону в урбоекосистемі міста та його деградація.
2	Методика та обґрунтування методів польових досліджень.
3	Здійснення польового та камерального етапів дослідження.
4	Обробка та аналіз результатів дослідження газонів в урбоекосистемі міста .
5	Проведення дистанційного зондування газонів на прикладі одного з районів міста.
6	Розробка рекомендацій щодо охорони та попередження створення нових стихійних троп та деградації газонних насаджень.
7	Формування загальних висновків кваліфікаційної роботи.
8	Оформлення списку літературних джерел згідно встановлених вимог.

5. Дата видачі завдання «28» травня 2019 року

Студентка

_____ (підпис)

Д. Д. Угрєн .

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

проф. А. Б. Ачасов

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

ДЕГРАДАЦІЯ ГАЗОННИХ ПОСАДЖЕНЬ В УРБОЕКОСИСТЕМАХ МІСТА ХАРКІВ

Угрен Д. Д.

Мета кваліфікаційної роботи – дати комплексну оцінку ролі міських газонів в урбанізованій екосистемі міста Харків.

Актуальність – у сучасних умовах, коли проблема збереження біорізноманіття набула глобальних масштабів в світі та лише набирає обертів, вкрай важливо збереження кожного елемента екосистеми. Газон – структурний елемент урбоекосистеми, який займає високу позицію в ієрархії міської рослинності та в формуванні якісного міського простору.

Завдання дослідження:

- 1) проаналізувати наявну інформацію щодо проблем деградації газонних посаджень в урбанізованій екосистемі міста Харків;
- 2) визначити основні чинники, що призводять до руйнування газонів міста;
- 3) спланувати та провести польові експериментальні дослідження на визначених точках спостереження для оцінки стану газонного покриття та ґрунтового покриву;
- 4) протестувати можливості космічної зйомки для оцінки площ газонів міста.

Висновки – в ході польових експериментальних досліджень встановлена залежність між твердістю ґрунту і розвитком рослин. Показана принципіальна можливість використання даних дистанційного зондування для моніторингу стану газонів міста Харків.

ГАЗОН, ЕРОЗІЯ, ТВЕРДІСТЬ ГРУНТУ, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ, РЕКУЛЬТИВАЦІЯ.

ANNOTATION
DEGRADATION OF LAWNS IN KHARKIV`S URBAN ECOSYSTEM

Uhren D. D.

The purpose of the qualification work is to give a comprehensive assessment of the role of urban lawns in the urban ecosystem of the city of Kharkov.

Relevance – in modern conditions, when the problem of biodiversity conservation has become global in the world and is only gaining momentum, it is extremely important to preserve each element of the ecosystem. The lawn is a structural element of the urban ecosystem, which occupies a high position in the hierarchy of urban vegetation and in the formation of high-quality urban space.

Research objectives:

1) analyze the available information about the problems of lawn degradation in the urbanized ecosystem of the city of Kharkov;

2) identify the main factors that lead to the city lawn degradation;

3) plan and conduct field experimental studies at established observation points to assess the condition of the lawn and soil cover;

4) to test the capabilities of satellite imagery to assess the area of lawns of the city.

Conclusions – in the course of field experimental studies, a relationship was established between soil hardness and plant development. The fundamental possibility of using remote sensing data to monitor the condition of the lawns of the city of Kharkov is shown.

LAWN, EROSION, SOIL HARDNESS, REMOTE SENSING, RECLAMATION.

АНОТАЦИЯ

ДЕГРАДАЦИЯ ГАЗОННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УРБООКОСИСТЕМАХ ГОРОДА ХАРЬКОВ

Угрен Д. Д.

Цель квалификационной работы – дать комплексную оценку роли городских газонов в урбанизированной экосистеме города Харьков.

Актуальность - в современных условиях, когда проблема сохранения биоразнообразия приобрела глобальные масштабы в мире и лишь набирает обороты, крайне важно сохранение каждого элемента экосистемы. Газон – структурный элемент урбоекосистемы, который занимает высокую позицию в иерархии городской растительности и в формировании качественного городского пространства.

Задачи исследования: 1) проанализировать имеющийся информацию насчет проблем деградации газона в урбанизированной экосистеме города Харьков; 2) определить основные факторы, что приводят к деградации газонов города; 3) спланировать и провести полевые экспериментальные исследования на установленных точках наблюдения для оценки состояния газона и почвенного покрытия; 4) протестировать возможности космической съемки для оценки площадей газонов города.

Выводы – в ходе полевых экспериментальных исследований установлена зависимость между твердостью почвы и развития растений. Показана принципиальная возможность использование данных дистанционного зондирования для мониторинга состояния газонов города Харьков.

ГАЗОН, ЭРОЗИЯ, ТВЕРДОСТЬ ПОЧВЫ, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ГАЗОН ТА ЙОГО РОЛЬ В УРБОЕКОСИСТЕМІ.....	10
1.1 Загальна характеристика функцій газонного покриття в урбоекосистемі.....	10
1.2 Нормативи та законодавча влада регулювання стану та догляду за газоном в місті	14
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ГАЗОНІВ МІСТА ХАРКІВ.....	16
2.1 Характеристика тестових ділянок Ботанічний сад та Перемога.....	16
2.2 Характеристика можливостей дистанційного зондування ...	20
2.3 Методика проведення дослідів твердості ґрунту.....	22
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	24
3.1 Результати проведення експериментальних досліджень....	24
3.2 Розрахунок втрати біоресурсів.....	31
3.3 Рекомендації щодо реконструкції та правильного розташування пішохідних доріжок.....	32
3.4. Оцінка площ газонів шляхом дистанційного зондування...	34
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

З 2007 року кількість міського населення світу перебільшило кількість сільського населення. Станом на 2018 рік міське населення становило 4,2 мільярд осіб, що складало 55 % від загальносвітової кількості. Урбанізаційні процеси будуть постійно посилюватись й надалі. Одним з наслідків є зміна клімату на регіональному і локальному рівні внаслідок теплового забруднення повітря, утворення та росту теплових островів. Виникає ситуація за якої все більша частина людства мешкатиме практично у повному відриві від природи. Спілкування с природою для містян вкрай обмежене й основному полягає у прогулянках по небагатьох зелених зонах міст. Місто – це середовище, яке ми сформували і на яке сильно вплинули, воно постійно змінюється, у той же час життєдіяльність міст повністю залежить від життєво важливих екосистемних функцій, таких як очищення води і повітря, а ці можливості в свою чергу засновані на оптимальному функціонуванню екосистем та біологічного різноманіття.

Газон є невід'ємною частиною в системі зелених насаджень міських територій. В даний час роль газону, в зв'язку з санітарно-гігієнічною, рекреаційною та естетичними функціями підвищується при відновленні біологічного різноманіття та підтримання якості навколишнього середовища.

Актуальність – більша частина населення планети проживає в місті, в замкнутій та ізольованій від природи системі. Спілкування з природою відбувається лише в окремо відведених, невеликих ділянках міста. При створенні архітектурного плану стежок перевагу надають правильним геометричним лініям, прямим кутам, що є неправильним з точки зору проектування території та призводить до поступової втрати елементів зеленої інфраструктури міста. Існує багато досліджень з цього питання, але остаточного вирішення не має, що підтверджується прогулянками вулицями міста.

Мета роботи – дати комплексну оцінку ролі міських газонів в урбанізованій екосистемі міста Харків.

Об'єктом дослідження є газони міста Харків.

Предмет дослідження – якісний і кількісний стан газонів міста Харків на прикладі Шевченківського району міста.

Гіпотеза дослідження – полягає у присутності деградованих ділянок газону та визначенні практичних моментів локалізації та ліквідації виявлених проблем.

Для досягнення поставленої мети необхідно мати наступні завдання:

1) проаналізувати наявну інформацію щодо проблем деградації газонних посаджень в урбанізованій екосистемі міста Харків

2) визначити основні чинники, що призводять до руйнування газонів міста

3) спланувати та провести польові експериментальні дослідження на визначених точках спостереження для оцінки стану газонного покриття та ґрунтового покриву

4) протестувати можливості космічної зйомки для оцінки площ газонів міста

Методи дослідження – статистичний аналіз, геоінформаційний метод (обробка просторових даних дистанційного зондування), критичний аналіз інформаційних джерел.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає у: 1) розвитку уявлень про залежність між твердістю ґрунту та розвитком рослин., 2) розвитку методичних підходів оцінки площ зелених насаджень шляхом дистанційного зондування.

Практичне значення отриманих результатів – визначається можливістю використання отриманих результатів для моніторингу та оцінки стану газонів міста Харків.

РОЗДІЛ 1

ГАЗОН ТА ЙОГО РОЛЬ В УРБОЕКОСИСТЕМІ

1.1. Загальна характеристика функцій газонного покриття в урбоєкосистемі.

Газон – спеціально облаштована, вирівняна ділянка, засіяна трав'янистою рослинністю утворюючи дернове покриття. Надземна та підземна частина газону утворюють дернове покриття, утворююче собою верхній шар ґрунту, густо зарослий травами та переплетеними коренями, взаємодіючими між собою та оточуючим середовищем [1]. В місті він виконує ряд функцій, які сприяють створенню оптимальних умов для роботи та відпочинку жителів міста, основною з яких є – очищення водного та повітряного басейну міста та покращення його мікроклімату зниження температури повітря за рахунок випаровування вологи [2]:

- зниження рівня шуму;
- поглинання вуглекислого газу та виділення кисню в процесі фотосинтезу;
- зниження рівня забруднення повітря пилом та газами;
- іонізація повітря;
- захист від вітру;
- позитивний вплив на нервову систему людини [3].

Перші спогади про газон були ще 3 тисяч років тому в Персії, але основоположником та провідниками цієї справи в Європі вважається Англія, саме англійські землевласники заклали основи створення та догляду за газоном, які б давали більший відсоток успіху. За часом життя розрізняють однолітні, дволітні та багатолітні види трав. Більшість видів газонних трав – багатолітні злаки. По висоті травостої представлені ярусами, в верхньому ярусі розташовані геліофіти, які потребують більшої кількості світла. Низові злаки в травостоях займають нижчий ярус та утворюють густу масу приземних стебел [4].

Майже всі трави можна використати для створення декоративних газонів (табл. 1.1). Для створення звичайного садово-паркового газону придатні низові

та деякі види верхових злакових. Головним критерієм звичайного газону має бути довговічність та стійкість до частого скошування та витоптування, достатня термостійкість, щоб витримати низькі температури під час зимового періоду [5].

Таблиця .1.1

Оцінка декоративності газонів [5]

Тип газону	Кількість пагонів шт./ м ²	Оцінка декоративності		
		Характеристика розміщення пагонів	Проективне покриття, %	Балл
Партерний	13000	зімкнено-мозаїчне	90	5
Звичайний	10000	мозаїчно-групове	70	4
Рулонний	15000	зімкнуто-дифузне	100	6

Газонні і дерново утворюючі злаки відрізняються значним впливом на відновлення та стабілізації ґрунту. До групи мезофітів відносять 38 % зразків різнотрав'я, ксерофіти – 19 %, ксеромезофіти та мезоксерофіти – 40 %, мезогідрофіти та галофіти – 3 % [5].

Основні газонні трави відносяться до першої групи, утворюють декоративні травостої та найбільш широко використовуються для створення партерних газонів (мятлик луговий, райграс, костриця). Рослини переважають в складі мезофітів, мають високий рівень пристосованості до умов оточуючого середовища, витримують короткочасний дефіцит вологи чи перегріву, мають збалансований водний режим.

Газони представляють собою культууроценози в комплексі озеленення урболандшафтів, їх часто використовують для створення систем озеленення доріг. В зв'язку з зростанням автотранспорту, антропогенного и техногенного забруднення, що є невід'ємною складовою урбанізації міста, стан довкілля потерпає від постійного навантаження та деградації атмосфери, гідросфери та

педосфери. Рослини хоч і піддаються комплексному хімічному, фізичному, біогенному впливу атмосфери, поверхневих ґрунтових вод, але залишаються основним фактором екологічної стабілізації міського середовища та перед усім, джерелом фотосинтезу та здатності до акумуляції забруднюючих речовин та важких металів.

Покриваючи значну частину території міста, газони скорочують пилоутворювальну и сильно нагріваючу поверхність, чим сприяє покращенню мікроклімату. Коренева система злакових, густо пронизуюча ґрунт, скріплює її і перетворює в структурну, грудковату, звязану систему. Окрім того, під густим травостоем газону поверхність ґрунту завжди більш зволожена, що заважає розповсюдженню зважених частинок пилу. Цьому сприяє підвищена вологість повітря як в траві, так і безпосередньо під нею. Травостій затримує вітер, знижуючи його швидкість на 10 % в приземному шарі [6]. Пил, який переноситься вітром, осідає на поверхні стебел та листя газонних трав, що насамперед перешкоджає рознесенню пилу та зменшує пилоутворюючу площу міського середовища.

Газонні угруповання займають важливу екологічну нішу в міській екосистемі, вони є осередком життя та розмноження мікроорганізмів, а саме метанотрофних бактерій. До однієї з найважливіших функцій газонних урбоекосистем відносять здатність регулювати склад атмосфери, поглинати парникові гази. Метан формується в переущільнених ґрунтах з анаеробними умовами. Парниковий ефект від цього газу в 21 раз сильніше ніж у молекул CO₂. Метан активно поглинається ґрунтами в результаті життєдіяльності метанотрофних бактерій, які використовують метан як єдине джерело вуглецю та енергії [6].

Газон є унікальним елементом, що здатний об'єднати зелені зони міста, такі як парки, сквери та смуги розмежування вздовж доріг. Однак, газон – це не тільки допоміжний прийом, а самостійний об'єкт озеленення, який може сприяти відновленню та підтримання оптимального стану міста для комфортного проживання в ньому. Шляхом спостережень було визначено, що

грунти засаджені злаковими травами мають високу стійкість до пересихання та вітрової ерозії. Поверхня газону має температуру нижчу на 4-5 градусів ніж асфальт чи гравій. Трава має властивість затримувати пилові частинки, таким чином очищаючи повітря набагато більше, ніж чагарники та листя дерев. З 1 гектару газону поглинається 6-7 тонн CO₂ в рік, а наявність щільного покриття в 3-17 разів зменшує надходження біогенних речовин у водойми, що знижує ефект евтрофікації водойм та стабілізує гідрологічний режим водозбірного басейну. Газон має властивість до регулювання мікроклімату, в середньому випаровуючи від 5 до 7 тис. м³ води з 1 га, що значно підвищує відносну вологість приземного шару повітря та створює прохолоду на території об'єкта [6].

Вплив газону на самопочуття людини можна описати з психологічного боку ситуації, зелений колір – колір спокою та миру, а отже чим більше в оточені людини зеленого кольору тим менше стресове та емоційне навантаження на психічний стан. Газон як місце для відпочинку та роботи має високі показники працездатності. Загалом газом створює загальний фон та атмосферу в місті, зменшує ефект «сірості» мегаполісу [7].

Газон в урбоекосистемі виконує ряд функцій для поліпшення екологічного стану міста, рекреації та відпочинку населення, декоративності та зовнішнього вигляду навколишнього середовища (Рис. 1.1)



Рис. 1. 1 – Функції газону

На нашу думку серед функцій газону найбільш важливим є екологічний вплив, який газони справляють на стан повітря – поглинання CO₂, іонізація повітря, зволоження та зниження температури повітря.

1.2. Нормативи та законодавча влада регулювання стану та догляду за газоном в місті.

З Закону України «Про зелені насадження міст та інших населених пунктів» зелені насадження населених пунктів, як елементи благоустрою використовуються відповідно до їх функціонального призначення для забезпечення сприятливих умов життєдіяльності людини на засадах їх раціонального використання та охорони з урахуванням вимог правил благоустрою території населених пунктів, інших вимог, передбачених законодавством:

1) зелені насадження загального користування розташовані на території загально міських і районних парків, спеціалізованих парків, парків культури та відпочинку; на територіях зоопарків, ботанічних садів, міських садів і садів житлових районів, міжквартальних або при групі житлових будинків; скверів,

бульварів, насаджень на схилах, набережних, лісопарків, лісопарків, гідропарків тощо, які мають вільний доступ для відпочинку;

2) зелені насадження обмеженого користування розташовані на територіях громадських і житлових будинків, дитячих дошкільних закладів, шкіл, середніх спеціальних та вищих навчальних закладів, закладів охорони здоров'я, промислових підприємств і складських зон, санаторіїв, культурно-освітніх і спортивних установ та інші;

3) зелені насадження спеціального призначення розташовані вздовж транспортних магістралей і вулиць; на ділянках санітарно-захисних зон навколо промислових підприємств і складських зон, виставок, кладовищ, крематоріїв, ліній електропередач високої напруги; лісомеліоративні, водоохоронні, вітрозахисні, протиерозійні, насадження розсадників, квітникарських господарств, пришляхові насадження в межах населених пунктів [8].

Площа озелених територій загального користування для міст повинна становити не менше 25 м²/люд., в сільських поселеннях – не менше 20 м²/люд. Рівень озеленення території житлової забудови повинен бути не менше 40 %, промислових підприємств – 30 %, ділянок шкіл і дитячих дошкільних закладів – 80 %, лікарень – не менше 60 % [8].

Отже, можна зробити висновок газон — структурний елемент в екосистемі міста, який впливає на стан та якість міського середовища. Вплив на компоненти навколишнього середовища, атмосферу, гідросферу та педосферу можна оцінити кількісними показниками та сформувавши план відновлення пошкоджених ділянок. Якісний та кількісний склад газону в місті регулюється законом та в районі житлових забудов має становити не менше 40 %.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ГАЗОНІВ МІСТА ХАРКІВ

2.1. Характеристика ділянок дослідження Ботанічний сад та Перемога.

Для проведення досліджень було обрано дві ділянки з високою пішохідною активністю біля станцій метро Ботанічний сад та Перемога. Візуально було визначено деградовані ділянки з порушеним газонним покривом. Площа ділянок: Ботанічний сад – 560 м², Перемога – 75 м². На рисунках 2.1-2.3 розташування тестових ділянок.

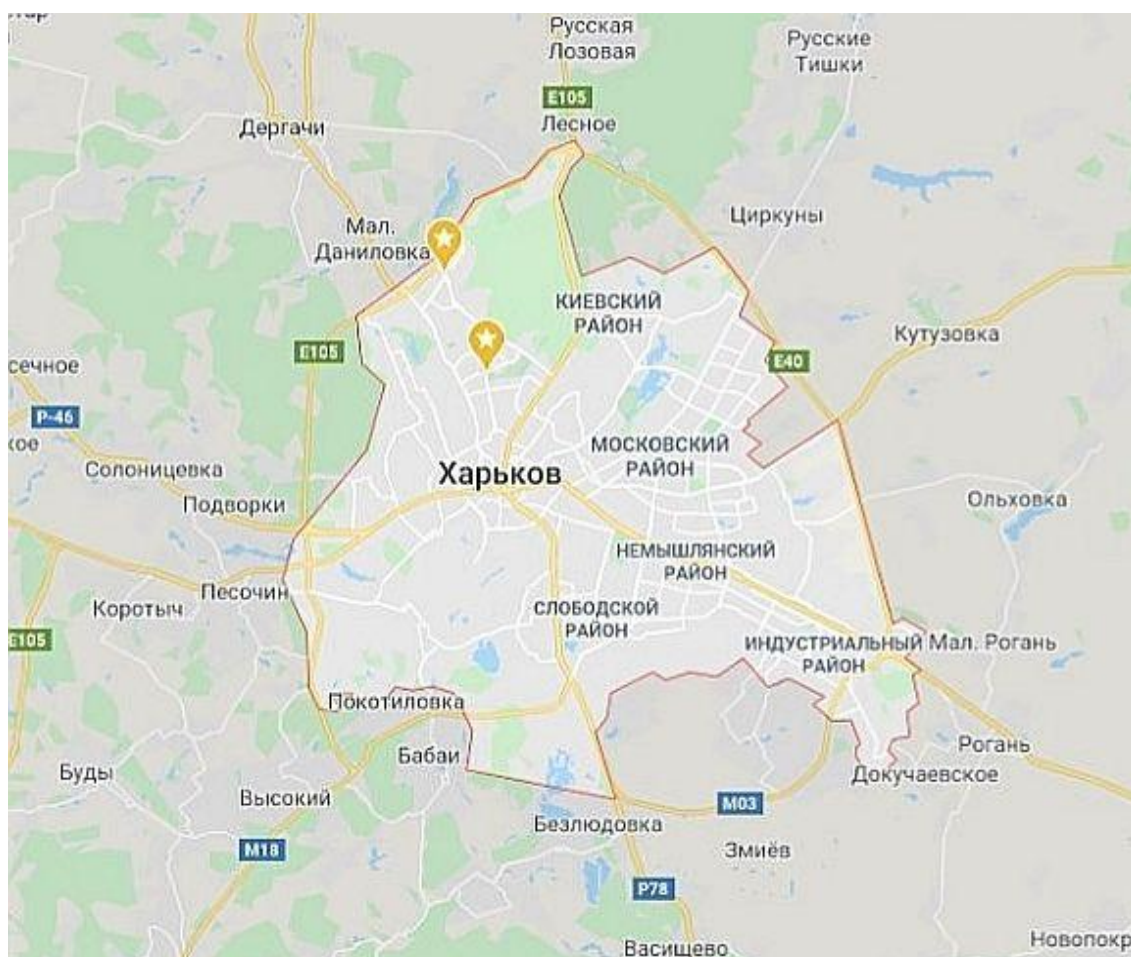


Рис. 2.1 – Схема розташування тестових ділянок біля станцій метро Ботанічний сад та Перемога



Рис. 2.2 – Тестова ділянка станція метро Перемога. (14 липня 2019 р.)

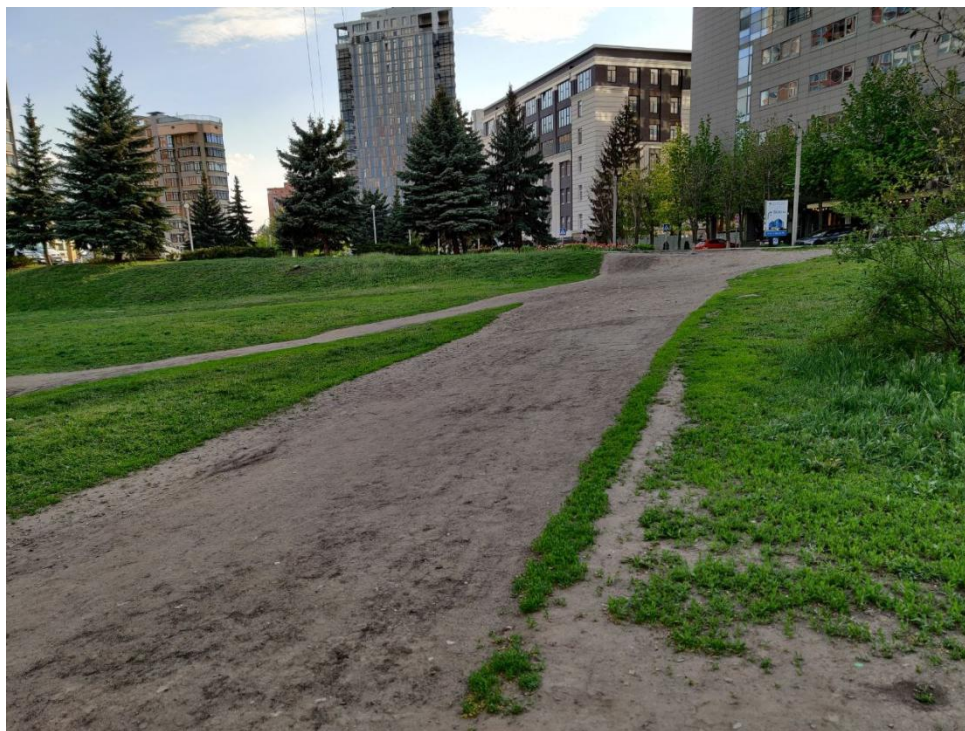


Рис. 2.3 – Тестова ділянка станція метро Ботанічний сад
(14 липня 2019 р.)

Стихійні тропи на газонах – поширена проблема благоустрою. З’являються вони тому, що пішохідні доріжки не з’єднують важливі для людей об’єкти чи згинаються під незручними кутами, перериваються клумбами та газонами. Результатом цього стає бруд, зіпсований благоустрій та некомфортне міське середовище [9].

Погодні умови в період дослідження були досить не притаманні для кожного місяця, недостатня кількість опадів та порушений температурний режим протягом тривалого періоду (табл. 2.1) [10].

Таблиця 2.1

Погодні умови міста Харків в період дослідження з червня 2019 року по квітень 2020 року

Місяць	Температурний режим			Кількість опадів		
	Середньомісячна норма	Фактична температура місяця	Відхилення від норми	Середньомісячна норма	Фактична кількість опадів	Відхилення від норми
1	2	3	4	5	6	7
Червень	19.2°	23.7°	+4.5°	61мм.	18мм.	-70 %
Липень	21.3°	20.8°	-0.5°	60мм.	64мм.	+7 %
Серпень	20.3°	21.1°	+0.8°	42мм.	8мм.	-71 %
Вересень	14.4°	16.2°	+1.8°	47мм.	30мм.	-27 %
Жовтень	7.9°	10.7°	+2.8°	45мм.	72мм.	+62 %
Листопад	0.9°	3.4°	+2.5°	41мм.	20мм.	-52 %
Грудень	-3.5°	1.6°	+5.1°	36мм.	28мм.	-22 %

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Січень	-4.6°	-0.1°	+4.5°	36мм.	27мм.	-26 %
Лютий	-4.5°	0.3°	+4.8°	33мм.	67мм.	+102 %
Березень	0.7°	6.5°	+5.8°	33мм.	18мм.	-46 %
Квітень	9.2°	7.8°	-1.4°	34мм.	8мм.	-78 %

З огляду архіву погодних умов можна зауважити недостатню кількість опадів та відхилення температурного режиму погоди на 2-5°.

Внаслідок постійного антропогенного навантаження на газон відбувається повна деградація рослинного покриву та значне переуцільнення ґрунтів. На території сформувалась ділянка з відкритим ґрунтом, який без захисту рав'янистою рослинністю зазнає вітрової ерозії (рис. 2.4). Ділянка спостереження біля станції метро Ботанічний сад (рис. 2.5) характеризується високою інтенсивністю, причиною якого є «студентське містечко», яке знаходиться неподалік метро.



Рис. 2.4 – Сполучення метро Перемога та супермаркет «Рост»



Рис. 2.5 – Сполучення пішохідних доріжок метро Ботанічний сад

2.2. Характеристика можливостей дистанційного зондування

Одним із завдань наших досліджень була оцінка площ газонів.

Традиційно для цього використовують геодезичні та картографічні методи інвентаризації. Однак вони досить затратні і вимагають значного часу. Крім того, вони не дозволяють оцінити якісну неоднорідність газонів. Для цього їх необхідно доповнювати Геоботанічної польовими дослідженнями. У разі ж проведення моніторингових спостережень для вивчення динаміки стану об'єктів «ціна питання» стає критичною[11].

Альтернативним методом може бути використання даних космічної зйомки. Плюсами цього методу є:

- 1) великий обхват території одним знімком;
- 2) оперативність надходження даних;
- 3) доступність безкоштовних знімків.

Одним з джерел безкоштовних знімків є програма «Коперник» («Copernicus»), що реалізується Європейським космічним агентством. В рамках програми запущені супутники Sentinel 1, Sentinel 2, Sentinel 3. Найбільший інтерес для нашого дослідження становлять супутники Sentinel 2A, Sentinel 2B, які були запущені в 2015 року та 2017 року (табл. 2.1) [12].

Таблиця 2.2

Характеристики апаратури супутника Сентинел 2А [12]

Спектральний аналіз	Діапазон довжини хвиль (мкм)	Розширення (м/піксель)
1	2	3
Sentsnel 2A		
Канал 1 – узбережжя та аерозолі	0,149-0,465	60
Канал 2 – синій	0,443-0,546	10
Канал 3 – зелений	0,536-0,583	10
Канал 4 – червоний	0,646-0,685	10
Канал 5 – рослинності крайній червоний	0,694-0,713	20
Канал 6 – рослинності крайній червоний	0,730-0,749	20
Канал 7 – рослинності крайній червоний	0,766-0,797	20
Канал 8 – ближній інфрачервоний	0,763-0,908	10
Канал 8А – ближній інфрачервоний	0,848-0,881	20
Канал 9 – водяна пара	0,930-0,958	60

Для оцінки площ зелених насаджень запропоновано використовувати нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI). NDVI є достовірним дистанційним показником стану рослинності в зв'язку з цим, він може бути використаний для проведення моніторингу стану рослинності агроландшафтів [13].

NDVI є одним з найбільш поширених показників кількості біомаси. Індексу розраховується за формулою 2.1:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (2.1)$$

де NIR – 760-900 нм. відбивальна інфрачервона область спектру;
Red – 630-690 нм. видима червона область спектру.

2.3. Методика проведення досліджень твердості ґрунту

Щільність та твердість ґрунту, один з основних критеріїв оцінки якості ґрунту та газону. В ході дослідження було використано експертний метод визначення твердості ґрунту, для подальшого аналізу та порівняння точок дослідження. Пристрій було змодельовано за прикладом АНТОК Д51А – щільномір динамічний (рис. 2.6 – 2.7). Метод динамічного зондування заснований на визначенні опору ґрунту зануренню зонда (штанги з конічним наконечником) під дією ударів вантажу постійної маси, що вільно падає з заданої висоти. Під час роботи прилад встановлюють вертикально, послідовно піднімають і відпускають груз у вільне падіння. За кількістю ударів і глибиною занурення в ґрунту, згідно з наведеним в інструкції графіком встановлюють щільність ґрунту [14].

Вимірювання щільності на кожній точці дослідження проводилось в трьох місцях деградованої ділянки з повторністю в 2 рази. Перший замір проводився безпосередньо в центрі ділянки, де навантаження відбувається найбільш регулярно та інтенсивно, що можна зауважити візуально по стану ґрунту. Другий замір проводився на 50 % ближче до краю ділянки. Третій замір проводився на межі деградованої ділянки та ділянки з рослинністю. Перехід між ділянками досить різкий та має чітку лінію розмежування.

Переуцільнення ґрунтів створює значну проблему для подальшого використання земельної ділянки. Для нормального функціонування розвитку більшості культур рослин щільність ґрунту має становити 1,0-1,2 г/см³. Під дією механічного впливу щільність підвищується на 0,1-0,32 г/см³ [15]. При цьому ґрунт втрачає пористість, зменшується аерація, водопроникність, інфільтраційна здатність в результаті чого різко знижується її продуктивність.



Рис. 2.6 – АНТОК Д51А – щільномір динамічний



Рис. 2.7 – Аналог пристрою динамічний щільномір

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Результати проведення експериментальних досліджень.

Дослідження стану газонів міста Харків відбувалось в 2 етапи польових робіт. Перший етап дослідження було проведено в червні 2019 року. Другий етап дослідження було проведено в квітні 2020 року.

В ході дослідження було визначено кількість людей, які проходили по стихійним тропам замість асфальтованої ділянки яка згинається під не зручним кутом.

Середньодобова кількість проходжень була визначена шляхом спостережень на досліджуваній ділянці. Протягом трьох днів, тричі на день по 15 хвилин проводився підрахунок кількості проходжень на кожній з ділянок. Найнижчі та найвищі показники на 2 ділянках спостережень помітно відрізняються. Пов'язати ці показники можна з розташуванням ділянок. Ділянка поруч з метро Ботанічний сад знаходиться в центрі студентського містечка, що є причиною високої активності в час спостереження о 12:00. В студентському містечку проживають студенти різних факультетів та університетів, що пояснює високу активність проходжень в ранковий та обідній час. Навчання відбувається в 2 зміни - ранкова і вечірня. Початок навчання ранкової зміни о 8:00, вечірньої о 12:00.

Показники ділянки біля метро Перемога мають найвищі показники у вечірній час. Гарячою точкою на ділянці є супермаркет «Рост». У вечірній час в метро настає «час пік», населення повертається з роботи. Результати наведені в таблиці 3.1.

Таблиця. 3.1

Інтенсивність проходжень по газону на тестовій ділянці Ботанічний сад та
Перемога

Дата Точка спостереження		12.06 (середа)	13.06 (четвер)	14.06 (п'ятниця)
Стихійні стежки поруч з метро «Ботанічний сад»	Час	Кількість проходжень за час спостережень		
	6:00-6:15	17	21	15
	12:00-12:15	142	118	87
	18:00-18:15	62	42	81
Стихійні стежки поруч з метро «Перемога»	6:30-6:45	18	14	20
	12:30-12:45	61	73	56
	18:30-18:45	86	81	49

Аналіз таблиці свідчить, що середня кількість проходжень за добу на ділянці Ботанічний сад становить 64, а на ділянки Перемога – 50 людей за 15 хвилин.

Найнижчі та найвищі показники на 2 ділянках спостережень помітно відрізняються. Пов'язати ці показники можна з розташуванням ділянок. Ділянка поруч з метро Ботанічний сад знаходиться в центрі студентського містечка, що є причиною високої активності в час спостереження о 12:00. В студентському містечку проживають студенти різних факультетів та університетів, що пояснює високу активність проходжень в ранковий та обідній час. Показники ділянки біля метро Перемога мають найвищі показники у вечірній час. Гарячою точкою на ділянці є супермаркет «Рост». У вечірній час в метро настає «час пік», населення повертається з роботи.

Переуцільнення ґрунтів створює значну проблему для подальшого використання земельної ділянки. Для нормального функціонування розвитку більшості культур рослин щільність ґрунту має становити 1,0-1,2 г/см³. Під дією механічного впливу щільність підвищується на 0,1-0,32 г/см³[15]. При цьому ґрунт втрачає пористість, зменшується аерація, водопроникність, інфільтраційна здатність в результаті чого різко знижується її продуктивність.

Під час проведеного дослідження було використано аналог пристрою динамічний щільномір. Заміри було виконано в 3 точках ділянки (рис. 3.1-3.2).

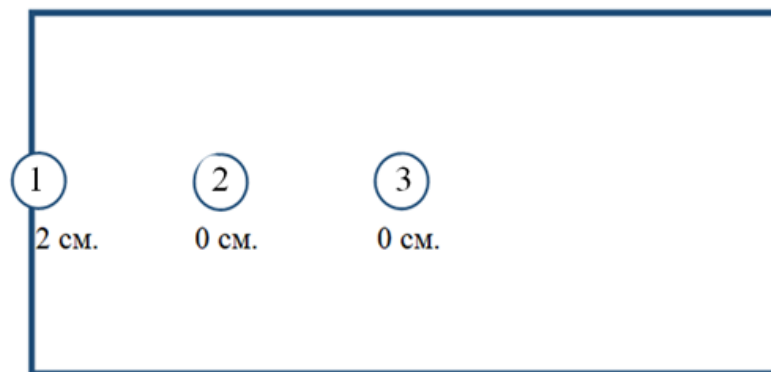


Рис. 3.1 – Твердість ґрунту на тестовій ділянці Ботанічний сад (червень 2019 р.)

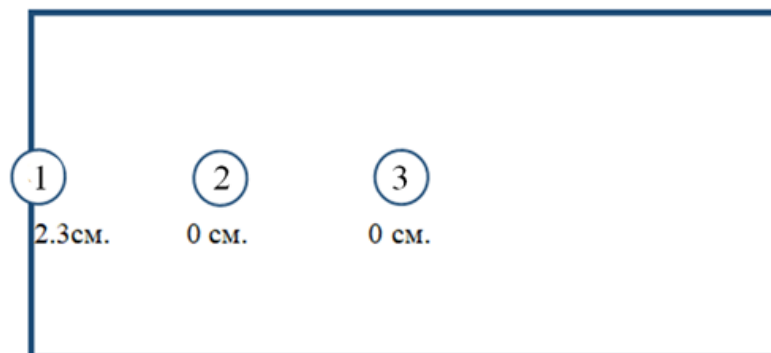


Рис. 3.2 – Твердість ґрунту на тестовій ділянці Перемога (червень 2019 р.)

Другий етап польових досліджень стану газонів міста Харків відбувався в обмежувачих умовах в зв'язку з світовою пандемією вірусу COVID-19 та впровадженим надзвичайним станом по всій території України. В умовах карантинного режиму навантаження на досліджувані ділянки вагомо зменшилась,

та середовище має час на самовідновлення. Результати інтенсивності проходження ділянки Ботанічний сад наведені в таблиці 3.2.

Дані по інтенсивності проходження на ділянці біля метро Перемога відсутні, так як в період між двома турами польових досліджень на ділянці біля метро Перемога відбулись відновлювальні роботи. Було встановлено захисну огорожу та проведена рекультивация. Згідно з Законом України Про охорону земель рекультивация підлягають землі, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та в гідрологічному режимі [16]. Рекультивация земельних ділянок здійснюється шляхом пошарового нанесення на малопродуктивні земельні ділянки або ділянки без ґрунтового покриву знятої ґрунтової маси, а в разі потреби і материнської породи в порядку, який забезпечує найбільшу продуктивність рекультивованих земель [16].

Таблиця 3.2

Інтенсивність проходжень по газону на тестовій ділянці «Ботанічний сад»

Дата Точка спостереження	6.04 (понеділок)		7.04 (вівторок)		8.04 (середа)	
	Час	Кількість проходжень за час спостережень				
Стихійні стежки поруч з метро «Ботанічний сад»	6:00-6:15	0	0	0	0	0
	12:00-12:15	2	0	1		
	18:00-18:15	7	1	4		

Приклад вирішення проблемної ділянки біля метро Перемога має досить позитивні результати (рис. 3.3). Інтенсивність проходження по ділянці нульова, а твердість ґрунту значно підвищила свої показники. На ділянці після рекультивацийних робіт висаджено газон та побудовано паркан навколо ділянки.

Так як прями́й шлях через ділянку з газоном до гарячої точки перекрито (супермаркет Рост) рух відбувається по асфальтованій доріжці.



Рис. 3.3 – Приклад рішення проблемної ситуації (ділянка біля м. Перемога, 14.06.2019 та 8.04.2020)

При ущільненні ґрунту змінюється просторове розташування кореневої системи. Зростання головного кореня сильно сповільнюється або припиняється зовсім. Зростання надземної частини рослини також пригнічується. Ефект ущільнення кореневої системи продовжується навіть після припинення механічного впливу ще протягом 72 годин. Згодом сила ефекту знижується під дією факторів вологи та аерації ґрунту [17].

Висока твердість – ознака негативних фізико-хімічних і агрофізичних властивостей ґрунтів. При високій твердості знижується проростання насіння, не можуть проникнення коренів у ґрунт і розвиток рослин внаслідок несприятливого водного, повітряного і теплового режимів [18].

Вимірювання твердості ґрунту на ділянках біля метро Ботанічний сад та Перемога наведені на рисунках. 3.4 та 3.5.



Рис. 3.4 – Твердість ґрунту на тестовій ділянці Ботанічний сад (квітень 2020 р.)



Рис. 3.5 – Твердість ґрунту на тестовій ділянці Перемога (квітень 2020 р.)

Досліджувальна ділянка біля метро Перемога має високі показники відновлення якості та твердості ґрунту після рекультивації. Показники твердості суттєво зменшились, що можна помітити і по якості покриття навіть візуально, проєктивне покриття досягає 90-100 %. Динаміка змін твердості ґрунту на ділянці за період між двома турами дослідження (червень 2019 року та квітень 2020 року) свідчить про високу відновлювальну здатність ґрунту під впливом антропогенних факторів, а саме рекультивації (рис. 3.6-3.7).

На ділянці дослідження біля метро Ботанічний сад не було проведено жодних відновлювальних робіт для відновлення стану ґрунту та покращення якості газонного покриття. На ділянці було зменшено інтенсивність проходження через введений надзвичайний стан та карантинний режим, що повинно сприяти відновленню та підвищенню показників твердості ґрунту.

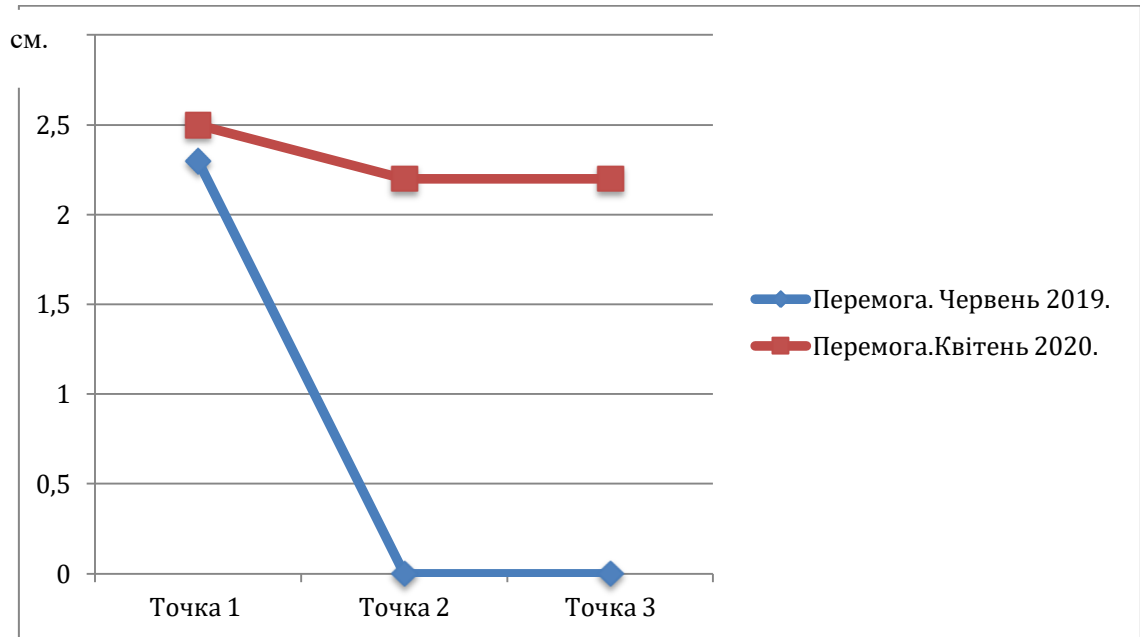


Рис. 3.6 – Динаміка змін твердості ґрунту на тестовій ділянці дослідження Перемога.

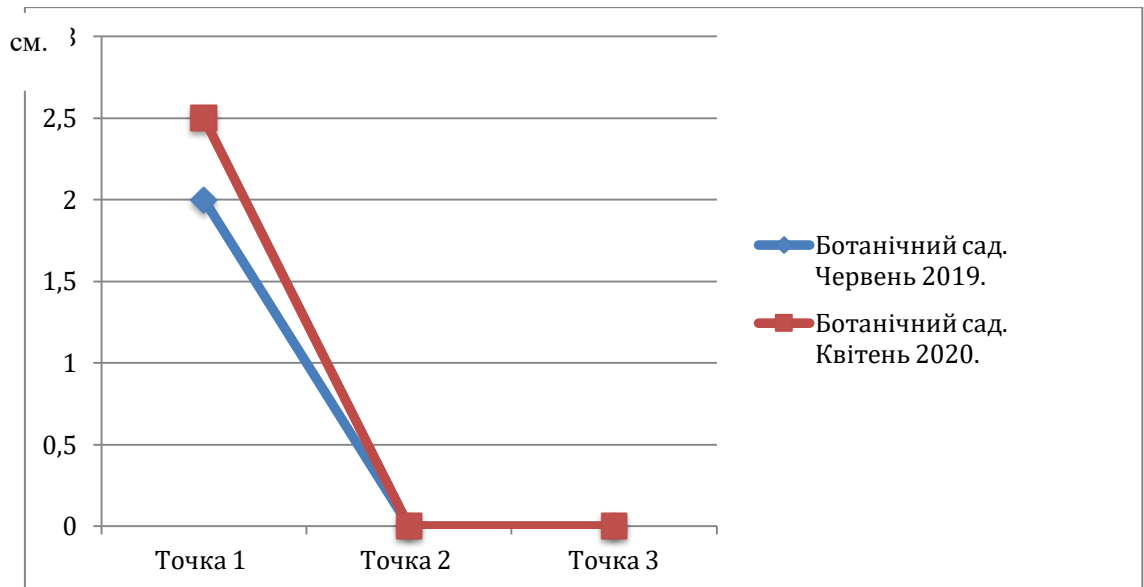


Рис. 3.7 – Динаміка змін твердості ґрунту на тестовій ділянці дослідження Ботанічний сад.

За результатами проведення другого туру досліджень було встановлено незначні зміни в динаміці відновлення твердості ґрунту. Динаміку змін твердості ґрунту до та після рекультивації можна відзначити при порівнянні досліджуваних ділянок біля метро Ботанічний сад та Перемога.

Як можна зауважити, динаміка змін твердості на тестових ділянках Ботанічний сад та Перемога має досить значну різницю динаміки змін. Тестова ділянка Ботанічний сад не була підвернута жодним відновлювальним змінам за час проведення дослідження.

3.2. Розрахунок втрати біоресурсів

Невиконання газоном свої екосистемних функцій можна розрахувати з отриманої інформації з огляду наукової літератури. З 1 гектару газону поглинається 6-7 тонн CO₂ в рік, а наявність щільного покриття в 3-17 разів зменшує надходження біогенних речовин у водойми, що знижує ефект евтрофікації водойм та стабілізує гідрологічний режим водозбірною басейну. Газон має властивість до регулювання мікроклімату, в середньому випаровуючи від 5 до 7 тис. м³ води з 1 га, що значно підвищує відносну вологість приземного шару повітря та створює прохолоду на території об'єкта [19]. З програмного забезпечення Google Earth було визначено площі досліджуваних ділянок: Ботанічний сад – 560 м², Перемога – 75 м².

Розрахуємо кількість вологи, яку не випаровували деградовані ділянки:

$$\text{Ботанічний сад: } 10000\text{м}^2 \times 6000 \text{ м}^3 / 560 \text{ м}^2 = 933 \text{ м}^3$$

$$\text{Перемога: } 10000 \text{ м}^2 \times 6000 \text{ м}^3 / 75 \text{ м}^2 = 124 \text{ м}^3$$

Зрозуміло, що це достатньо умовні розрахунки, адже ґрунт випаровує вологу й сам по собі. Але переущільнений ґрунт практично немає капілярів у верхньому переущільненому шарі, тому можна вважати цю статтю витрат вологи мінімальною.

Розрахуємо кількість CO₂ якого не було поглинуто

$$\text{Ботанічний сад: } 10000\text{м}^2 / 6500 \text{ кг/рік} \times 560\text{м}^2 = 861 \text{ кг/рік};$$

$$\text{Перемога: } 10000\text{м}^2 / 6500 \text{ кг/рік} \times 75\text{м}^2 = 115 \text{ кг/рік}.$$

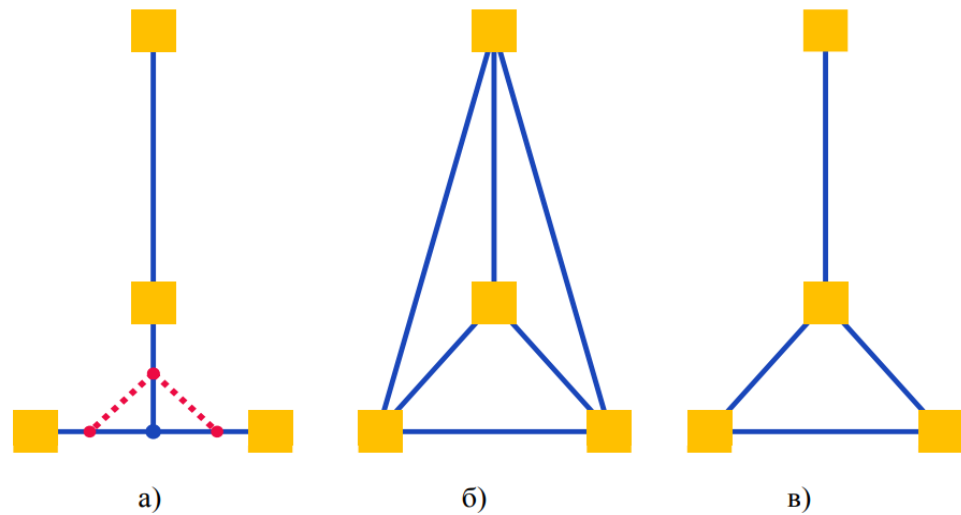
Отже, в результаті втрати дієздатності газону лише на ділянках які були досліджені в нашій роботі було не поглинуто значну кількість CO₂, з загальної суми площ, яка складає 635м², було не поглинуто 967 кг/рік CO₂. На даний

момент в світі є тенденція підвищення парникового ефекту та підвищена концентрація CO₂ в атмосфері саме тому збереження таких елементів, як газон є вкрай важливе для регулювання складу повітря та мікроклімату окремих територій.

3.3. Рекомендації щодо реконструкції та правильного розташування пішохідних доріжок

Для досягнення результатів та припинення створення нових стихійних стежок перед закладанням газону слід провести спостереження маршруту пересування пішоходів по даній території. При прокладанні асфальтованих пішохідних доріжок найбільш вагомим фактором є саме реальні маршрути пересування пішоходів, зручні та найбільш швидкі в напрямку до кінцевого пункту. Квадратами позначені точки притягнення для пішоходів, лініями – доріжки. На рисунку 3.8 а вказана «стандартна» дорожня мережа з прямокутним перетином доріжок. У ній порушено правило 30 градусів, поворот під прямим кутом незручний для пішоходів і майже завжди зрізується (пунктирні лінії).

На рисунку 3.8 б вказана надлишкова дорожня мережа, де кожна точка з'єднана з іншою прямими маршрутами. Цей варіант зручний, але доріжки займають занадто багато простору, яке може бути використано, наприклад, для озеленення. На рисунку 3.8 в показано оптимальну дорожню мережу для даного випадку. Відсутні надлишкові бічні маршрути між нижніми і верхніми точками. При цьому правило 30 градусів і раніше виконується, так як пішоходи можуть пройти через центральну точку, маршрут до якої лежить в межах критичного кута. Дорожня мережа так само зручна як на рисунку 3.8 б і при цьому займає не набагато більше місця ніж варіант на рисунку 3.8 а.



а) незручний і проводить до утворення стежок; б) надлишковий;
в) оптимальний

Рис. 3.8 – Варіанти організації дорожньої мережі [19]

На прикладі тестової ділянки Перемога можна зробити висновок, що якщо не має доступу до газону, то припиняється механічне навантаження та деградація. Для вирішення цих проблем запропоновано 3 варіанта – газонна решітка, асфальтоване покриття та огорожа з паркану. З вільних джерел було отримано середню вартість матеріалів та розраховано орієнтовну суму, яку необхідно для захисту газону на тестових ділянках Перемога та Ботанічний сад (табл. 3.3) [20-22].

Таблиця 3.3

Розрахунок орієнтовної вартості матеріалів для захисту газону.

Тестова ділянка	Газонна решітка	Асфальтована доріжка	Паркан
	Ціна за 1 м ²		
	90грн.	60грн.	40грн.
Ботанічний сад (560 м ²)	50400 грн.	33600 грн.	22400 грн.
Перемога (75 м ²)	6750 грн.	4500 грн.	3000 грн.

Було встановлено залежність твердості ґрунту та розвитку рослинності, на ділянках з високим показником твердості рослинність більш пригнічена, має значно нижчий відсоток проективного покриття. Ділянка біля метро Перемога після пройденого процесу рекультивації має позитивні зміни за досить короткий термін, що дає можливість зробити висновки про відновлювальної здатності екосистеми після проведених робіт. Встановленні гарячі точки які провокують створенню нових, несанкціонованих стихійних троп (метро, супермаркети).

3.4. Оцінка площ газонів шляхом дистанційного зондування

Як було показано в розділі 1, газони є важливою частиною екосистеми міста. При цьому часто складно сказати чи являється та чи інша територія газоном, іншим видом зелених насаджень або просто не облаштованою ділянкою. Наприклад, такі проблемні ділянки на рисунку 3.9 червоними показані червоними стрілками. Оскільки ці території структурно не виділені в міському просторі та їх статус територій не позначений, вони часто забудовуються гаражами, кіосками тощо.



Рис. 3.9 – Космічний знімок частини території 338 мікрорайону м. Харкова

Іншою проблемою є поганий стан газону, що виникає внаслідок неналежного догляду, надмірного антропогенного навантаження або екстремальних погодних умов (посуха).

Для вирішення обох проблем, перш за все, необхідно мати чітку інформацію про наявні площі зелених насаджень. У нашій роботі був використаний метод оцінки площ газонів за даними космічної зйомки (рис. 3.10).

Для оцінки площ зелених насаджень запропоновано використовувати нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI) [23].

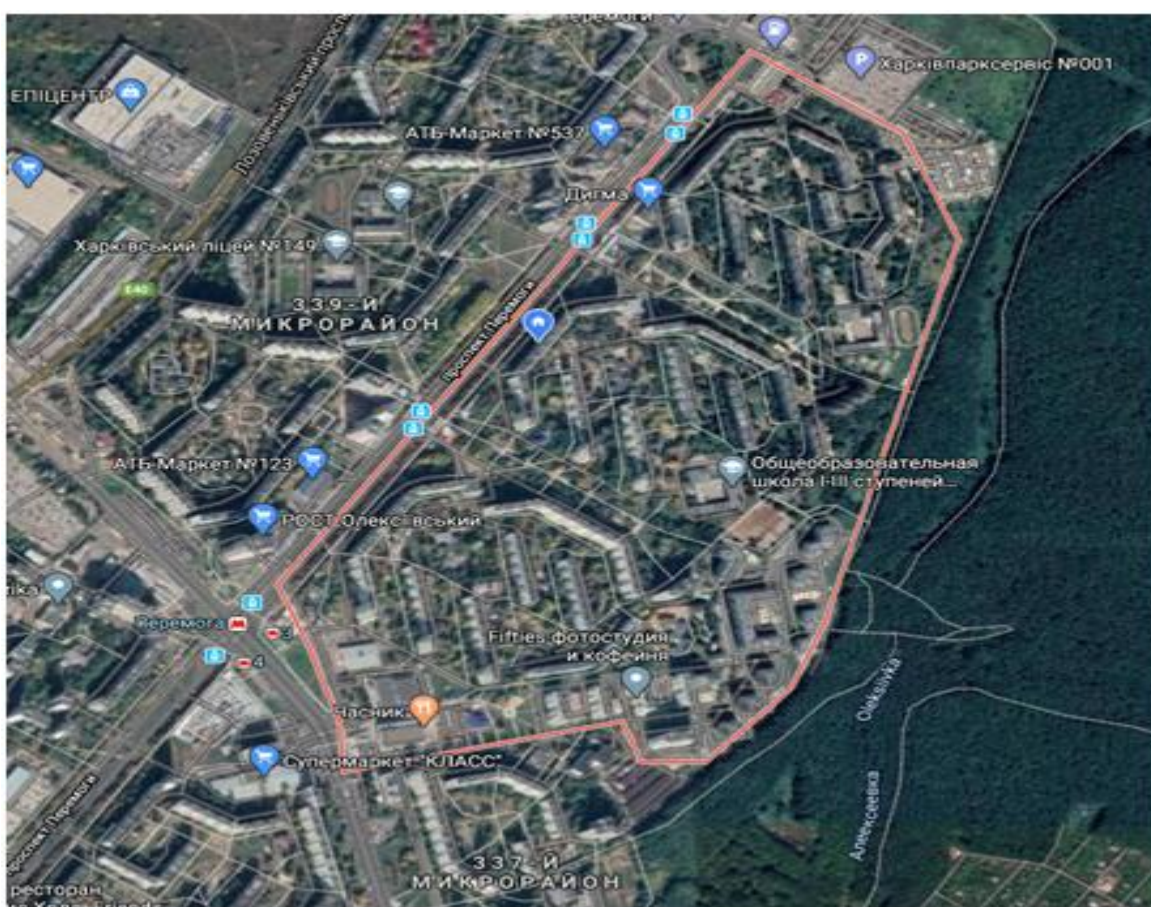


Рис. 3.10 – Контур території 338 мікрорайону м. Харкова

Для дослідження були скачані і завантажені в QGIS три знімки які характеризують досліджувану територію на один і той же період часу: 1)16.06.2017; 2)16.06.2018; 3) 06.06.2019.

На представлених зображеннях NDVI червоним кольором показані території, на яких відсутній рослинність. Чим більш насичений зелений колір – тим більше біомаса рослинності. При цьому значення NDVI прагнуть до 1 [24].

Повторюваність контурів зеленого кольору в часі свідчить про коректність використання індексу NDVI – зелені насадження не змінюють своїх кордонів [25]. Разом з тим звернемо увагу, що значення індексу 2018 року істотно нижче ніж за інші роки – відтінки зеленого не так інтенсивні. Норма середньомісячної температури червня: 15.5. Фактична температура місяця за даними спостережень в 2018 році 18.6 °. Відхилення від норми: + 3.1 °. Норма суми опадів червня: 50 мм. Випало опадів в 2018 р.: 28 мм. Ця сума становить 55 % від норми [10]. Аналіз архіву погоди свідчить про те, що в 2018 році влітку було вкрай мало опадів.

Звернемо увагу на динаміку NDVI невеликого газону трикутної форми, чітко видно що в 2018 році рослинність на газоні була сильно пригнічена, що можна зауважити за відсутністю зеленого забарвлення (рис. 3.11).

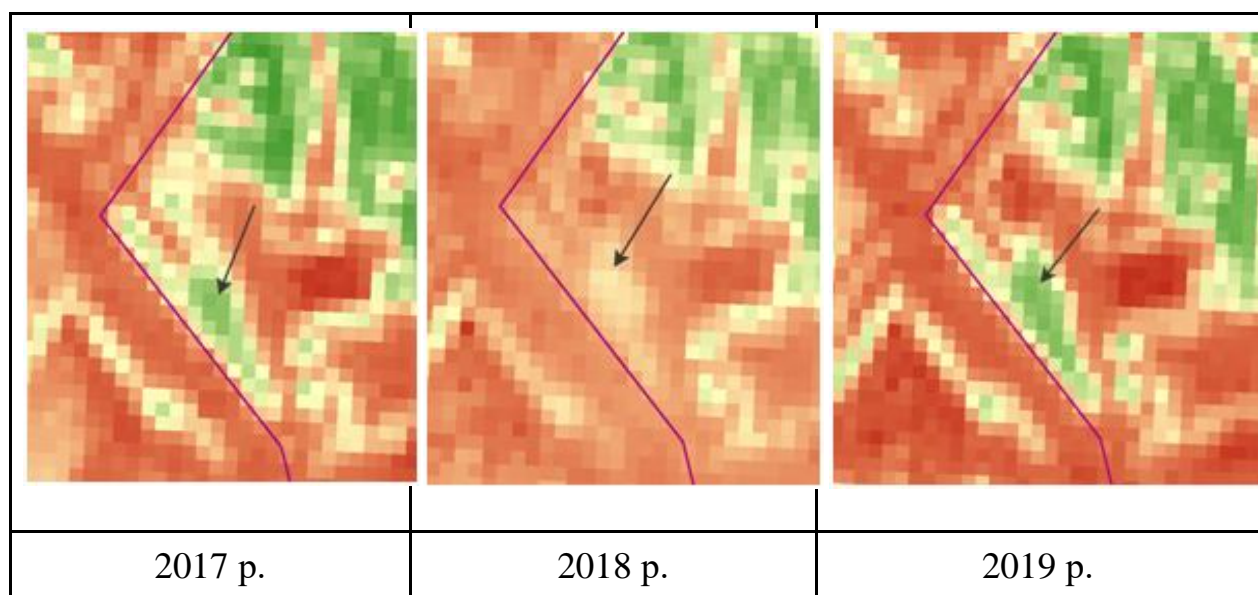


Рис. 3.11 – Динаміка індексу NDVI для червня 2017-2019 років

За наведеними даними можна зробити висновок, що безкоштовні програмні забезпечення, такі як використовувались в нашому дослідженні,

можуть забезпечити повною та вичерпною інформацією для подібних досліджень якісного та кількісного складу газонного покриття та іншої міської рослинності. Аналіз знімків NDVI забезпечують не лише інформацію по кількісному складу рослинності, але й їх здатність до фотосинтезу. Знімки можуть використовуватись для дистанційного зондування стану рослинності по всій території міста, а отримана інформація може бути використана місцевою владою для планування та проведення відновлюючих робіт в парках, скверах чи взагалі реструктуризації зеленої інфраструктури міста.

ВИСНОВКИ

1. За результатами літературного аналізу сформульовано основні функції газонів у місті: екологічна, естетична, рекреаційна. На нашу думку серед них найбільш важливим є екологічний вплив, який газони справляють на стан повітря – поглинання CO₂, іонізація повітря, зволоження та зниження температури повітря.

2. Встановлено, що газон - структурний елемент в екосистемі міста, який впливає на стан та якість міського середовища. Вплив на компоненти навколишнього середовища, атмосферу, гідросферу та педосферу можна оцінити кількісними показниками та сформулювати план відновлення пошкоджених ділянок. Якісний та кількісний склад газону в місті регулюється законом та в районі житлових забудов має становити не менше 40 %.

3. Проведені польові спостереження щодо визначення інтенсивності проходжень по газонах показали, що точки притягнення є найбільш вагомим аспектом у формуванні стихійних троп. Встановлені «гарячі точки», що викликають утворення несанкціонованих доріжок (станції метро, супермаркети). Врахування позиціонування цих об'єктів дозволить провести правильне перепланування зелених насаджень.

4. В ході польових експериментальних досліджень встановлена залежність між твердістю ґрунту і розвитком рослин. Показано, що вірне перепланування газону (м. Перемога) дозволяє швидко відновити фізичні властивості ґрунту.

5. Аналіз знімків NDVI забезпечують не лише інформацію по кількісному складу рослинності, але й їх здатність до фотосинтезу. Знімки можуть використовуватись для дистанційного зондування стану рослинності по всій території міста, а отримана інформація може бути використана місцевою владою для планування та проведення відновлюючих робіт в парках, скверах чи взагалі реструктуризації зеленої інфраструктури міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рубцов Л. И., Лаптев А. А. Справочник по зеленому строительству. Киев, 1968. 12 с.
2. Верещагіна П. М., Коваленко О. А., Чернова А. В. Садово–паркове господ – дарство: метод. рекомен. Миколаїв: МНАУ, 2015. 109 с.
3. Малехова О. П., Сарапульцева Е. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и Биотестирование: учеб. пособ. Москва, 2013. 43 с.
4. Зыкова Н. В., Поротникова Н. В. Сравнительная оценка травостоя разных типов декоративных газонов. Comparative assessment of herbage different types of decorative lawns: учеб. пособ. Москва, 2008. 113с.
5. Мицик А. А., Поліщук О. І., Еколого-біологічні властивості газонних покриттів м. Нікополь: метод. рекомен. Дніпро. 2009. 38 с.
6. Гололобова О. О., Дорогань В. В., Сирова А. В., Сучасні підходи до екологізації міського середовища (на прикладі Шевченківського району м. Харків). 2019. 42 с.
7. Ерема И. А., Созинов О. В. Газоноведение. Гродно, 2015. 56 с.
8. Про охорону земель: Закон України від 18 груд. 2017 р. № 39: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (дата звернення 27.12.2019)
9. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України: Закон України від 10 квіт. 2006 р. № 105: веб-сайт. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1315-18> (дата звернення: 16.03.2020)
10. Погода в Харькове. Температура воздуха и осадки: веб-сайт. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34300&month=4&year=2020>.
11. Данні дистанційного зондування для багаторічного моніторингу. URL: <http://surl.li/cnbh> (дата звернення 27.12.2019)
12. Нефёдов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. Санкт-Петербург. 2002. 121 с.
13. Клименко А. В., Дьяченко А. Д. Анализ различного применения злаковых трав. URL: <http://surl.li/cnbi> (дата звернення: 27.12.2019).
14. АНТОК Д51А – щільномір динамічний. Каталог товарів геомаркет. URL: <https://geomarket.in.ua/ua/plotnomer-antok-d51a> (дата звернення 12.06.2019)

15. Смирнова С. К., Ганичева В. В. Инновационные приемы создания обычных газонов на городских территориях. Сельскоеилесное хозяйство Молочнохозяйственный вестник. Красноярск: 2014. С. 29-32
16. Влияние уплотнения почвы на рост и развитие растений. Агропрактик: веб-сайт. URL: <http://agropraktik.ru/blog/1419.html> (дата звернення 27.12.2019)
17. Про охорону земель: Закон України від 18 груд. 2017 р. № 39: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (дата звернення 27.12.2019)
18. Лаптев А. А. Газоны: монография. Киев: Наук. думка, 1983. 176 с.
19. Смирнов Е. В., Гуревич М. А., Кудинов В. А. Пешеходные дорожные сети: типичные ошибки проектирования и методы их решения: учеб. пособ. Санкт-Петербург, 2019. 19 с.
20. Будівельні матеріали. Металевий паркан для забору. веб-сайт. URL: <https://prom.ua/ua/p1114721711-metallicheskiy-shtaketnik-dlya.html> (дата звернення 07.05.2020)
21. Дорожні матеріали Харків. Асфальт в Харкові. веб-сайт. URL: <https://ibud.ua/ru/r53-kharkov/c1840-asfalt> (дата звернення 07.05.2020)
22. Огорожа для газону. Газонна решітка Полімер-електрон. веб-сайт. URL: <http://surl.li/cnbe> (дата звернення 07.05.2020)
23. Казяк Є. В., Терьохіна Е. А. Картографування структури посівних площ із застосуванням знімків Landsat 8 (на прикладі Мінської області Республіки Білорусь) // Наукові відомості Белгородського державного університету. Серія: Природничі науки. 2015. №21 (218). Випуск 33. С. 127-131
25. Плотніков Д. Є., Барталь С. А., Лупя Е. А. Метод детектування літньо-осінніх сходів озимих культур за даними радіометра MODIS // Сучасні проблеми дистанційного зондування Землі з космосу. 2008. Вип. 5. Т. 2. С. 322-330.