

Хмельницький національний університет
Гуманітарно-педагогічний факультет
Кафедра екології та біологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Просторова мінливість рН у ґрунтового покриві
урбоекосистеми міста Хмельницького

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Галузь знань – 10 Природничі науки

Спеціальність – 101 Екологія

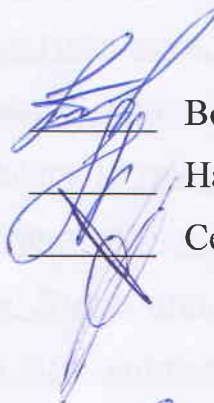
Освітня програма – «Екологія»

КВРЕКОЛ. 024034.01.16.00

Виконав здобувач 2 курсу група ЕКОЛм-24-1

Керівник доктор сільгосп. наук, професор

Нормоконтролер



Володимир ФЕРЕНЦ

Наталія ПІРОНОВА

Сергій ШЕВЧЕНКО

До захисту допускаю:

завідувач кафедри екології

та біологічної освіти

18 грудня 2025 р.



Ольга ЄФРЕМОВА

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет – Гуманітарно-педагогічний
Кафедра – Екології та біологічної освіти
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Галузь знань – 10 Природничі науки
Спеціальність – 101 Екологія
Освітньо-професійна програма – «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології
та біологічної освіти

 Ольга ЄФРЕМОВА
«26» вересня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ференцу Володимиру Миколайовичу

1. Тема роботи «Просторова мінливість рН у ґрунтовому покриві урбоєкосистеми міста Хмельницького»

керівник роботи Міронова Н. Г., доктор сільгосп. наук, професор

Затверджено наказом ректора університету від 25 серпня 2025 року № 65

2 Строк подання здобувачем роботи на кафедру 15 грудня 2025 року

3 Вихідні дані до роботи: ґрунтово-кліматичні умови та статистичні дані щодо соціально-економічного розвитку громад Хмельницької області, статистичні дані щодо системи управління відходами у Хмельницькій області

4 Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Ґрунтовий покрив урбанізованих територій. 2 Природно-географічні умови міста Хмельницького та характеристика його ґрунтового покриву. 3 Оцінювання та інтерпретація просторової мінливості рН ґрунтового покриву міста Хмельницького.

5 Дата видачі завдання 29 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1 Вступ	до 01.11	Виконано
2 Ґрунтовий покрив урбанізованих територій	до 10.11	Виконано
3 Природно-географічні умови міста Хмельницького та характеристика його ґрунтового покриву	до 25.11	Виконано
4 Оцінювання та інтерпретація просторової мінливості рН ґрунтового покриву міста Хмельницького	до 01.12	Виконано
5 Висновки	до 4.12	Виконано
6 Перелік джерел посилання	до 6.12	Виконано
7 Додатки	до 8.12	Виконано

Здобувач



Володимир ФЕРЕНЦ

Керівник
кваліфікаційної роботи

Наталія МІРОНОВА

АНОТАЦІЯ

Тема – Просторова мінливість рН у ґрунтовому покриві урбоєкосистеми міста Хмельницького

Автор – студ. ЕКОЛм-24-1 Володимир ФЕРЕНЦ

Керівник – професор кафедри екології та біологічної освіти, доктор сільськогосподарських наук, професор Наталія МІРОНОВА

Кваліфікаційна робота викладена на 72 сторінках, містить 3 таблиці, 9 рисунків, 1 додаток та перелік джерел посилання, що включає 59 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ, ҐРУНТ, ПОКАЗНИК рН, УРБОЄКОСИСТЕМА, ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ.

У кваліфікаційній роботі охарактеризовано ґрунтовий покрив урбанізованих територій. Проаналізовано природно-географічні умови міста Хмельницького та характеристики його ґрунтового покриву. Проведено визначення просторової мінливості рН ґрунтового покриву у межах міста Хмельницького, надано рекомендації для міського планування, благоустрою та екологічної безпеки.

15.12.2025 р.



Володимир ФЕРЕНЦ

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1 Ґрунтовий покрив урбанізованих територій.....	8
1.1 Урбоекосистема як об'єкт ґрунтознавчих досліджень.....	8
1.2 Ґрунтовий покрив міст: структура, фактори формування та антропогенна трансформація.....	12
1.3 Реакція ґрунтового розчину як екологічний індикатор: природа, значення та чинники формування рН.....	15
2 Природно-географічні умови міста Хмельницького та характеристика його ґрунтового покриву.....	24
2.1 Фізико-географічні умови території.....	24
2.2 Характеристика ґрунтового покриву.....	41
2.3 Антропогенна трансформація ґрунтів міста та чинники зміни їх кислотності.....	44
3 Оцінювання та інтерпретація просторової мінливості рН ґрунтового покриву міста Хмельницького.....	48
3.1 Програма та методи польових і лабораторних досліджень показника рН	48
3.2 Просторова мінливість рН ґрунтового покриву урбоекосистеми..	50
3.3 Практичне значення отриманих результатів для міського планування, благоустрою та екологічної безпеки.....	58
Висновки.....	62
Перелік джерел посилання.....	65
Додаток А. Результати апробації роботи.....	73

ВСТУП

Реакція ґрунтового середовища (рН) належить до базових показників, що визначають напрям і інтенсивність більшості ґрунтових процесів та властивостей. Вона впливає на міграцію й доступність поживних елементів, функціонування мікробних угруповань, трансформацію органічної речовини, форми перебування металів і баланс неорганічного вуглецю. Показник рН також є ключовим регулятором процесів деградації ґрунтів, зокрема підкислення, засолення, формування лужних натрієвих умов і розвитку фітопатогенних взаємодій. У міських умовах, де ґрунти зазнають інтенсивної антропогенної трансформації, визначення рН набуває особливої наукової й прикладної значущості. У цьому контексті дослідження реакції ґрунтового покриву міста Хмельницького є актуальним і необхідним для оцінювання його екологічного стану.

Мета роботи полягає у виявленні та науковому обґрунтуванні просторової мінливості показника рН у ґрунтовому покриві урбоєкосистеми міста Хмельницького.

Завдання роботи:

- охарактеризувати ґрунтовий покрив урбанізованих територій;
- проаналізувати природно-географічні умови міста Хмельницького та характеристику його ґрунтового покриву;
- виявити чинники антропогенної трансформації ґрунтів, що впливають на формування кислотно-лужної взаємодії;
- провести польові і лабораторні дослідження із визначення рН ґрунтів у межах основних функціональних зон міста;
- оцінити просторову диференціацію показника рН у ґрунтовому покриві м. Хмельницького та визначити практичне значення результатів для міського планування, благоустрою та екологічної безпеки.

Об'єктом дослідження є ґрунтовий покрив урбоекосистеми міста Хмельницького.

Предметом дослідження є просторова мінливість реакції ґрунтового розчину (рН) у ґрунтах різних функціональних зон міста Хмельницького.

Гіпотеза дослідження полягає в припущенні, що показник рН ґрунтів у межах урбоекосистеми міста Хмельницького характеризується істотною просторовою диференціацією, зумовленою поєднанням природно-географічних умов та специфіки антропогенного навантаження, що проявляється у відмінностях кислотно-лужного режиму ґрунтів залежно від функціонального використання території.

Методи дослідження аналіз, узагальнення; польові методи відбору ґрунтових проб; лабораторні методи визначення реакції ґрунтового розчину потенціометричним способом у сольовій витяжці; статистична обробка результатів вимірювань.

Інноваційність (наукова новизна) роботи полягає у встановленні особливостей просторової мінливості реакції ґрунтового розчину в межах урбоекосистеми міста Хмельницького з урахуванням функціонального зонування території та виявленні внутрішньої неоднорідності ґрунтів міських зелених, промислових, прибережних і транспортних зон за показником рН.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих результатів для оцінювання екологічного стану ґрунтового покриву міста, обґрунтування заходів з благоустрою та озеленення територій, удосконалення системи міського ґрунтового моніторингу, а також врахування показника рН ґрунтів у процесах міського планування та забезпечення екологічної безпеки урбанізованих територій.

Апробація результатів роботи і публікації з теми дослідження. Апробація на Міжнародній науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2025», 28 жовтня 2025 року, м. Харків.

Публікація: Ференц В.М. Просторова мінливість рН у ґрунтовому покриві урбоекосистеми міста Хмельницького / В.М. Ференц, Н.Г. Міронова // «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2025»: збірка матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців (28.10.2025 року, м. Харків). – Кременчук : СВД Олексієнко В.В., 2025. – С. 170–172. – URL: <https://surl.li/zekeai>.

1 ГРУНТОВИЙ ПОКРИВ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Урбоекосистема як об'єкт ґрунтознавчих досліджень

Урбоекосистема є складним природно-антропогенним комплексом, у межах якого ґрунтовий покрив одночасно виступає компонентом біосфери, інженерно-геологічною основою міської інфраструктури та носієм «пам'яті» про історію землекористування, техногенні навантаження і планувальні трансформації території. На відміну від природних ландшафтів, де ґрунтоутворення визначається кліматом, рельєфом, материнською породою, біотою та часом, у міському середовищі домінуючим фактором стає людина як агент переміщення, перемішування, ущільнення та забруднення ґрунту. Саме тому ґрунти урбоекосистеми розглядають не як пасивний субстрат, а як динамічну систему, в якій взаємодіють природні процеси та керовані або побічні наслідки господарської діяльності, що обумовлює специфічні напрями ґрунтознавчих досліджень у містах [1].

Для урбоекосистем характерна висока просторова мозаїчності ґрунтового покриву. На порівняно малих відстанях поєднуються фрагменти природних ґрунтів, антропогенно трансформовані профілі та техногенно створені ґрунти, сформовані на насипних і змішаних матеріалах тощо. Ця мозаїчність посилюється вертикальною неоднорідністю: у межах одного профілю можуть чергуватися шари різного генезису (природні горизонти, будівельні насипи, рекультивційні суміші, техногенні включення), що ускладнює інтерпретацію профільної будови та потребує поєднання класичних морфологічних описів із даними про історію ділянки й антропогенний «стратиграфічний» контекст. Відповідно, у практиці польових робіт особливої ваги набувають стандартизовані підходи до опису ґрунтів і фіксації морфологічних ознак, що забезпечують порівнюваність результатів у різних містах.

Наукове осмислення міських ґрунтів значною мірою спирається на міжнародні класифікаційні системи. У world reference base for soil resources (wrb) антропогенно зумовлені ґрунти міських, промислових, транспортних, гірничих і навіть військових територій часто репрезентовані насамперед через референсні групи anthrosols і technosols, що дозволяє формалізувати діагностичні критерії наявності техногенних матеріалів або інженерних бар'єрів у профілі [2].

У цьому підході принципово важливим є те, що ґрунт визначається, як міський, не адміністративною межею міста, а ознаками антропогенної модифікації профілю та складу. Розвиток підходів до вивчення ґрунтів міських, промислових, транспортних, гірничих, військових територій показав, що урбаністичне ґрунтознавство сформувалося як самостійне поле досліджень, у якому поєднуються проблематика утворення ґрунту, його функціонування, екологічних ризиків і міського планування [3].

У вітчизняній традиції дослідження урбанізованих ґрунтів розвиваються в межах уявлень про природні, антропогенно трансформовані та антропогенно створені ґрунти населених пунктів. У таких підходах важливим є поєднання ґрунтознавчої типізації з оцінкою ступеня техногенного перетворення та функціональної ролі ґрунтового покриву в структурі міського ландшафту [4].

Як об'єкт ґрунтознавчих досліджень урбоекосистема характеризується трьома взаємопов'язаними блоками питань. Перший блок стосується генези та морфології. У містах ґрунтоутворення часто має «перерваний» характер: зняття ґрунтового шару під забудову, переміщення мас ґрунту, підсипка, планування рельєфу, формування штучних насипів і техногенних поверхневих утворень змінюють траєкторію розвитку профілю та створюють молоді, слабо диференційовані ґрунтові тіла або, навпаки, «реліктові» фрагменти давніших ґрунтів, законсервовані під насипами. Саме тому у ґрунтознавчих описах урбанізованих територій поряд із традиційними діагностичними ознаками (структура, забарвлення, карбонатність, оглеєння) важливо фіксувати техногенні

включення, сліди перемішування, горизонти насипного матеріалу, ущільнені або герметизовані шари, інженерні бар'єри [2].

Другий блок пов'язаний із властивостями та процесами функціонування, урбанізовані ґрунти відрізняються специфічними фізичними параметрами (підвищена щільність, знижена пористість, порушений водно-повітряний режим), а також варіабельністю хімічних характеристик (реакція середовища, вміст карбонатів, солей, органічної речовини) залежно від типу землекористування і джерел техногенного впливу. Важливо, що місто формує особливий мікроклімат і гідрологічний режим: ефект «теплового острова», локальні потоки стоку з твердих покриттів, фрагментація зелених зон і трансформація поверхневого та підземного дренажу змінюють інтенсивність мінералізації органічної речовини, режим зволоження, ерозійні й акумулятивні процеси. У результаті ґрунт у межах урбоекосистеми часто працює як «фільтр» і «буфер» для водних потоків та як середовище трансформації поллютантів, що визначає його роль у регуляції якості середовища [5].

Третій блок охоплює екосистемні послуги й ризики. Сучасна міжнародна література розглядає міські ґрунти як ключову основу надання екосистемних послуг: накопичення та стабілізації органічного вуглецю, регуляції стоку й інфільтрації, підтримання міської біоти, формування рекреаційної якості зелених зон і навіть опосередкованого впливу на мікроклімат. Водночас саме міські ґрунти акумулюють значні обсяги забруднювачів (важкі метали, нафтопродукти, поліциклічні ароматичні вуглеводні, мікропластик), що створює екологічні та санітарно-гігієнічні ризики, особливо в умовах активного рекреаційного використання територій і контактів населення з ґрунтовим пилом [6]. Для ґрунтознавства це означає необхідність інтеграції класичних підходів (генезис, класифікація, картографування) з ризик-орієнтованими оцінками, біодоступністю поллютантів, функціональними індикаторами якості ґрунту та сценаріями управління.

З огляду на ці особливості, інструментарій ґрунтознавчих досліджень урбоекосистеми зазвичай є міждисциплінарним. На етапі інвентаризації й картографування поєднуються польові розрізи з аналізом історико-планувальних матеріалів, дистанційним зондуванням і ГІС-моделюванням просторової неоднорідності. Для ділянок із техногенними матеріалами важливими є гранулометричний аналіз і оцінка фракційного складу з урахуванням домішок будівельного сміття, шлаків, золи, техногенного піску тощо; для зелених зон – визначення гумусового стану, біологічної активності, агрегатної структури та водопроникності як параметрів, що безпосередньо пов'язані з функціонуванням міської рослинності. Окремий методичний виклик становить оцінювання ґрунтів під твердими покриттями (екранізованих/«sealed» ґрунтів), де ключовими стають питання газообміну, перерозподілу вологи, деградації профілю та обмеження кореневмісного шару. Дослідження міських ґрунтів українськими науковцями підтверджують високу актуальність аналізу таких екранізованих і техногенно змінених ґрунтових тіл у контексті міського озеленення та екологічної безпеки [7].

Таким чином, урбоекосистема як об'єкт ґрунтознавчих досліджень потребує концептуального переходу від опису «ґрунту як природного тіла» до аналізу ґрунту як гібридної природно-техногенної системи, що функціонує в умовах інтенсивних антропогенних потоків речовини, енергії та інформації. Саме ґрунт у місті є одночасно ресурсом і обмеженням: він визначає потенціал зелених інфраструктур, стійкість міських ландшафтів до кліматичних екстремумів, а також рівень екологічних ризиків, пов'язаних із забрудненням і деградацією.

1.2 Ґрунтовий покрив міст: структура, фактори формування та антропогенна трансформація

Ґрунтовий покрив міст – це складна система, що формується під дією як природних ґрунотвірних факторів, так і різноманітних антропогенних впливів, що часто домінують над природними закономірностями. У межах урбанізованого ландшафту ґрунт виступає не лише фізичним субстратом для рослинності, а й інтегральним компонентом міської екосистеми, який взаємодіє з людською діяльністю, транспортними потоками, будівництвом, промисловістю, а також із соціально-економічними процесами.

Сучасне ґрунтознавство розглядає міські ґрунти як окрему категорію ґрунтового покриву, що має специфічні властивості, структуру, процеси формування та функції, які значно відрізняються від ґрунтів природних ландшафтів або агроценозів, що зумовлює необхідність окремого наукового підходу до їх вивчення та управління.

Структура ґрунтового покриву міст є високодинамічною та просторово неоднорідною. У межах однієї міської території можна виділити значну кількість ґрунтових типів: від природних ґрунтів із збереженими морфологічними ознаками до техногенно змінених або повністю створених ґрунтоподібних утворень. Такі техногенні ґрунтоподібні тіла часто містять фрагменти будівельних матеріалів, шлаків, золи та інших антропогенних включень, що істотно змінюють їх фізико-хімічні та біологічні властивості. У цьому контексті концепція антропогенних ґрунтів, таких як Technosols та Anthrosols згідно з міжнародною класифікацією WRB, дозволяє формалізувати діагностичні критерії для міських ґрунтів на основі наявності техногенних матеріалів та артефактів у профілі. Саме техногенні включення й переривання природних ґрунтоутворювальних процесів стають однією з основних ознак структури ґрунтового покриву у містах [8].

Значна частина урбанізованих територій характеризується порушеною профільною будовою ґрунтів. Це проявляється у відсутності чіткої стратифікації природних горизонтів, наявності змішаних шарів, насипних матеріалів, ущільнених і герметизованих ділянок, що значно ускладнює традиційні морфологічні описи та інтерпретацію даних польових досліджень. Одночасно це відображає історію землекористування: від ділянок, на яких збереглися реліктові природні ґрунти, до зон, де ґрунт практично повністю замінений техногенними масами. Просторова мозаїчність ґрунтового покриву є наслідком багатофакторності урбаністичного середовища, де сусідні ділянки можуть суттєво відрізнятися як за фізичними, так і за хімічними та біологічними характеристиками [9].

Важливо зазначити, що у структурному контексті ґрунтового покриву міст виділяють різні функціональні компоненти. Природні або слабко змінені ґрунти можуть зберігати класичні морфологічні ознаки, такі як виражені генетичні горизонти, хоча їх цілісність часто порушена через урбаністичні процеси. Частково трансформовані ґрунти поєднують у собі ознаки природних і техногенних компонентів, що відображає ступінь антропогенного впливу. Техногенні ґрунтоподібні утворення формуються внаслідок спеціального використання або зміни матеріалів людиною, і їхня морфологія відрізняється від природних ґрунтів високою неоднорідністю, часто без чіткої стратиграфії [10].

Фактори формування ґрунтового покриву міст є багатовимірними. Основними природними факторами залишаються клімат, материнська порода, рельєф, гідрологічні умови, біота і час, але їхній вплив у містах істотно модифікується або навіть перекреслюється антропогенними впливами. Наприклад, процеси ущільнення ґрунту під впливом важкої техніки, зняття ґрунтового покриву при будівництві, насипання техногенних матеріалів, герметизація поверхні асфальтом і бетоном не лише змінюють фізичні параметри ґрунту, але й порушують природний водно-повітряний режим, впливають на

тепловий баланс та біологічну активність. Зокрема, явище герметизації ґрунту призводить до зменшення інфільтрації води, збільшення поверхневого стоку та змін у локальному мікрокліматі, що має важливі наслідки для структури та функцій ґрунтового покриву [11].

Антропогенний чинник також включає вплив транспортних емісій, промислових забруднювачів, побутових відходів і зміну рослинного покриву, що змінює хімічний склад ґрунтів, зокрема рН, вміст органічної речовини та концентрацію важких металів. У результаті цих процесів у міських ґрунтах спостерігаються значні відхилення від природних значень фізико-хімічних параметрів, що впливає на їхню продуктивність, біологічну активність і здатність виконувати екосистемні функції [12–16].

Важливим елементом структури ґрунтового покриву міст є органічна речовина. У міських ґрунтах склад і структура органічної матерії суттєво відрізняються від природних умов через домішки антропогенних органічних компонентів, таких як попіл, сміття, вуглецеві залишки від спалювання палива тощо. Це призводить до формування унікальних сполук, які впливають на стабільність органічної частини ґрунту, процеси гуміфікації, водно-утримуючу здатність та взаємодію з мінеральною фракцією [17].

Антропогенні трансформації ґрунтового покриву міст не лише змінюють його фізико-хімічні властивості, але й визначають екологічні ризики. Накопичення важких металів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, мікропластика та інших контаминантів створює потенційні загрози для здоров'я людей і біоти, особливо в рекреаційних зонах та місцях вирощування городніх культур. Інтенсивність цих ризиків залежить від історії використання території, функціонального призначення ділянки та ступеня урбаністичного впливу [18–20].

Крім того, ґрунтовий покрив міст формується під впливом соціо-економічних чинників. Історія забудови, зміни землекористування, рівень благоустрою, планування зелених зон та політика управління земельними

ресурсами істотно впливають на просторове розповсюдження та якість ґрунтів. Такі аспекти визначають не лише поточний стан ґрунтового покриву, а й перспективи його зміни у майбутньому, включаючи можливості відновлення ґрунтових функцій через рекультивацію, озеленення, регулювання антропогенного навантаження та застосування інноваційних технологій управління [21–24].

Таким чином, ґрунтовий покрив міст є продуктом складної взаємодії природних і антропогенних факторів, що формують його унікальну структуру, фізико-хімічні властивості та екологічну функцію. Розуміння цих процесів вимагає міждисциплінарного підходу, який інтегрує ґрунтознавчі знання з урбаністикою, екологією, географією та землеустроєм, що є необхідною умовою для розроблення науково обґрунтованих стратегій управління міськими ґрунтовими ресурсами та мінімізації екологічних ризиків [25].

1.3 Реакція ґрунтового розчину як екологічний індикатор: природа, значення та чинники формування рН

Реакція ґрунтового розчину, що кількісно виражається показником рН, є одним із фундаментальних інтегральних параметрів ґрунтового покриву та водночас чутливим екологічним індикатором стану довкілля. Вона відображає баланс кислотно-лужних компонентів у педосфері, визначає спрямованість і інтенсивність більшості ґрунтово-хімічних та біогеохімічних процесів і безпосередньо впливає на функціонування ґрунту як середовища життя, біогеохімічного фільтра й основи продуктивності екосистем.

У сучасному ґрунтознавстві та екології ґрунтів рН розглядається не лише як аналітичний показник, а й як універсальний індикатор антропогенних трансформацій, екосистемної стійкості та екологічної безпеки територій [26].

Природа реакції ґрунтового розчину зумовлена складною сукупністю іонних рівноваг у твердій, рідкій та газовій фазах ґрунту. Ґрунтовий розчин є багатокомпонентною системою, в якій перебувають катіони та аніони мінерального і органічного походження, продукти вивітрювання, мінералізації органічної речовини, корневих виділень та мікробіологічної активності. Водневий показник визначається активністю іонів H^+ і OH^- , однак фактично він є результатом взаємодії значно ширшого кола чинників, включно з буферними властивостями ґрунту, катіонно-обмінною ємністю, насиченістю основами та наявністю кислототворних або луготворних сполук. У цьому контексті рН виступає узагальнюючою характеристикою хімічної складової ґрунту, враховуючи вплив мінеральної складової, органічної речовини та гідрологічного режиму ґрунту [27].

Екологічне значення реакції ґрунтового розчину визначається її ключовою роллю у регуляції доступності поживних елементів і токсикантів. Відомо, що оптимальні значення рН для більшості рослин знаходяться у межах слабкокислої або нейтральної реакції, за якої забезпечується максимальна доступність азоту, фосфору, калію, кальцію та магнію. За зниження рН різко зростає рухомість і біодоступність алюмінію, марганцю та інших важких металів, що може призводити до токсичних ефектів для рослин і ґрунтової біоти. Водночас за лужної реакції обмежується доступність фосфору, заліза, бору та цинку, що негативно впливає на живлення рослин і продуктивність екосистем. Таким чином, рН ґрунтового розчину виступає ключовим фактором, який опосередковує трофічні зв'язки та біогеохімічні цикли в екосистемах [28].

З позицій екологічної індикації реакція ґрунтового розчину є чутливим показником як природних, так і антропогенних змін. Кислотність ґрунтів тісно пов'язана з типом ґрунтоутворювальних порід, кліматичними умовами та рослинністю. У зонах з надмірним зволоженням і промивним водним режимом домінують кислі ґрунти, що зумовлено вимиванням основ і накопиченням

кислотних продуктів вивітрювання. Натомість у посушливих і напівпосушливих умовах формуються ґрунти з нейтральною або лужною реакцією, що пов'язано з акумуляцією карбонатів і солей. Ці закономірності є класичними для природних ландшафтів і широко описані у вітчизняній та міжнародній ґрунтознавчій літературі [29].

Реакція ґрунтового розчину є також важливим індикатором стану ґрунтової біоти та мікробіологічних процесів. Активність ґрунтових мікроорганізмів, інтенсивність мінералізації органічної речовини, процеси нітрифікації та денітрифікації мають чітку залежність від значень рН. За кислих умов пригнічується діяльність нітрифікуючих бактерій і сповільнюється трансформація азоту, тоді як за нейтральної реакції ці процеси відбуваються найбільш інтенсивно. Таким чином, рН визначає не лише хімічний, але й біологічний режим ґрунту, що має безпосередні наслідки для кругообігу елементів і стабільності екосистем [30].

Чинники формування рН у ґрунті можна концептуально поділити на природні та антропогенні, однак у реальності вони взаємодіють, підсилюючи один одного. Природна реакція значною мірою визначається мінералогічним складом материнської породи та продуктами вивітрювання. Карбонатні породи і лесовидні суглинки зазвичай формують ґрунти з нейтральною або слабколужною реакцією завдяки присутності CaCO_3 та високій насиченості основами; натомість кислі силікатні породи, бідні на лужноземельні катіони, сприяють розвитку кислих ґрунтів у поєднанні з промивним режимом і вимиванням основ.

Клімат і водний режим задають напрям міграції іонів: за надмірного зволоження та інтенсивного промивання відбувається десатурація ґрунтового вбирного комплексу, накопичення H^+ і підвищення частки обмінного Al ; у посушливих умовах, навпаки, зростає роль акумуляції карбонатів і солей, що підвищує рН і змінює іонний склад розчину.

Органічна речовина виступає одночасно джерелом органічних кислот і важливим буфером завдяки високій ємності катіонного обміну гумусових сполук; хімічна природа гумусу та його реакційна здатність у кислотно-лужних рівновагах є предметом класичної монографії Stevenson, де докладно розглянуто дисоціацію функціональних груп і комплексоутворення, що опосередковано визначає рН і буферність [26].

Біота та рослинність впливають на рН через кореневі виділення, поглинання катіонів/аніонів, трансформацію органічних решток, утворення CO_2 у ґрунтовому повітрі та пов'язані з ним карбонатні рівноваги; у систематизованому вигляді ці механізми подаються як у загальних курсах ґрунтознавства, так і в прикладних довідниках із методів визначення ґрунтових властивостей [30].

Антропогенні чинники формування рН у ХХІ ст. стали не менш значущими, ніж природні, і в багатьох регіонах саме вони визначають напрям довгострокової еволюції реакції ґрунтового середовища. В агроєкосистемах одним із головних механізмів підкислення є застосування амонійних і амідних форм азоту, нітрифікація яких супроводжується утворенням H^+ ; додатковий внесок роблять вилучення основ із урожаєм, вимивання нітратів у поєднанні з катіонами-основами, а також дегуміфікація і структурна деградація, що послаблюють буферні властивості. У свою чергу, вапнування як меліоративний захід здатне підвищувати рН, знижувати активність Al^{3+} і змінювати доступність елементів живлення, але ефект є контекст-залежним і потребує узгодження з буферністю та агрохімічним станом ґрунту, що прямо впливає з концепції буферної ємності [26].

Для промислово навантажених ландшафтів і урбанізованих територій характерні інші траєкторії: тут рН може як знижуватися під впливом кислотних випадінь, продуктів окиснення сірковмісних сполук, металургійних і хімічних емісій та техногенної трансформації гідрологічного режиму, так і зростати через

надходження карбонатного будівельного пилю, цементних матеріалів, вапнякових заповнювачів і лужних відходів. Дослідження міських ґрунтів підкреслюють, що рН у містах може «уніфікуватися» на значних площах під дією домішок карбонатних матеріалів, попри загальну високу мозаїчність урбанізованих ґрунтових властивостей; це показано, зокрема, у роботі Greinert про гетерогенність міських ґрунтів, де рН разом із гранулометричним складом демонстрував відносно згладжену просторову мінливість у межах подібних типів забудови [31]. Таким чином, у сучасному антропогенному середовищі рН є чутливим індикатором «хімічного сліду» господарської діяльності, а його просторові патерни можуть слугувати підставою для виділення зон впливу, оцінювання накопичення поллютантів і планування заходів управління ґрунтовою якістю.

Моніторингове значення рН підсилюється тим, що цей показник придатний для масштабування від локальних дослідів і профільних описів до регіональних і континентальних карт. У європейському контексті картографування ґрунтового рН є важливою складовою оцінювання стану ґрунтових ресурсів, зокрема як частина великих баз даних; прикладом є публікації та набори даних щодо рН ґрунтів Європи на порталі ESDAC (JRC), де описано створення карти оціненого ґрунтового рН на основі тисяч вимірювань і геостатистичного моделювання (рисунок 1.1) [32].

На рисунку 1.2 наведено карту глобального рН ґрунту та регіональних середніх значень зі знімка Всесвітньої служби інформації про ґрунти (WoSIS) за 2023 рік. Середній глобальний показник рН ґрунту становить 6,36, ґрунти Північної Європи, Південної Америки та Полінезії мають найнижчий середній регіональний рівень рН (5,3–5,5), тоді як ґрунти Центральної та Західної Азії та Північної Африки мають найвищий (7,6–7,9) показник рН. Графік кумулятивної частоти цього набору даних наведено на рисунку 1.3 [26].

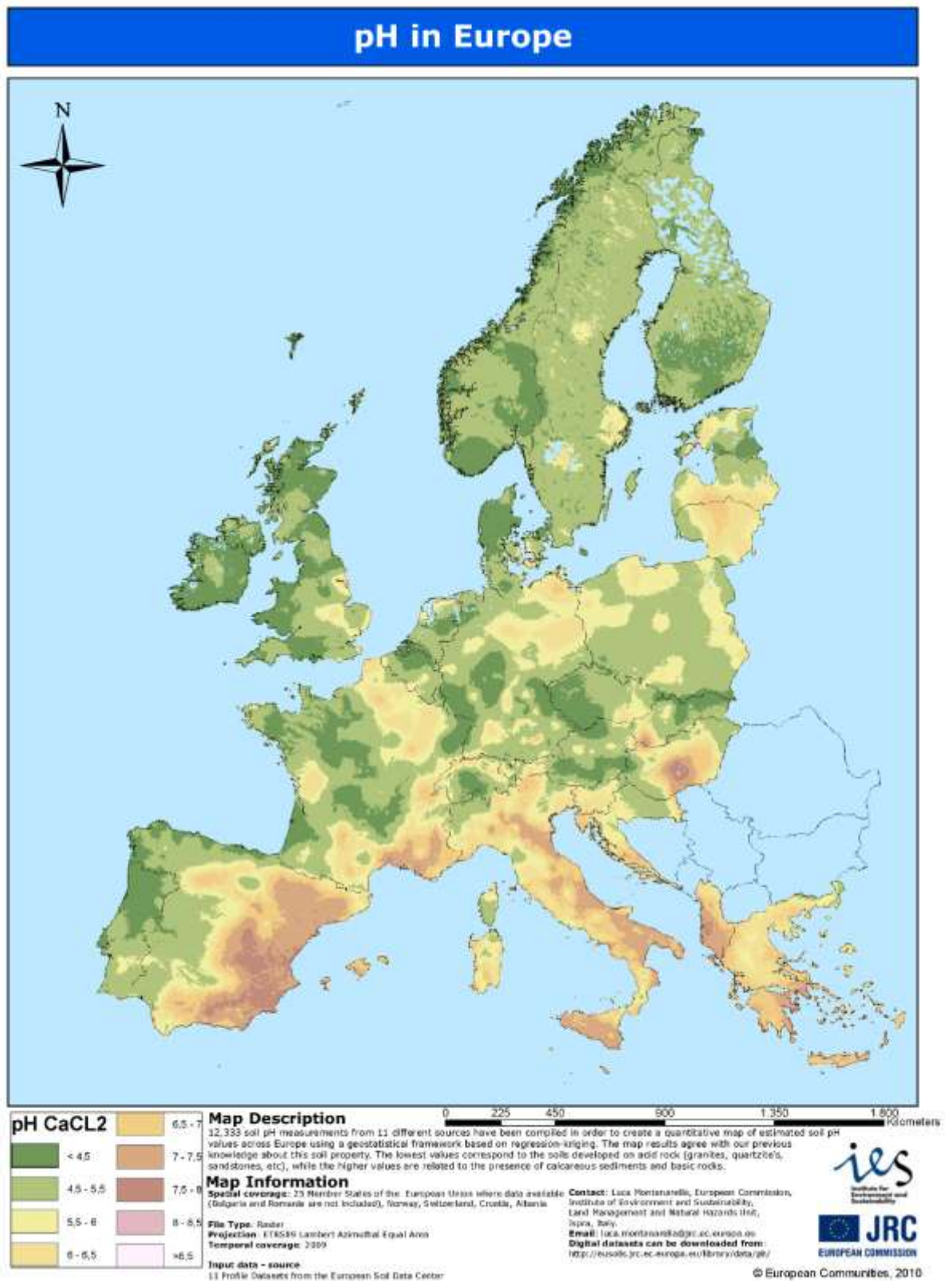


Рисунок 1.1 – Карта рН ґрунтового покриву на Європейському континенті [32]

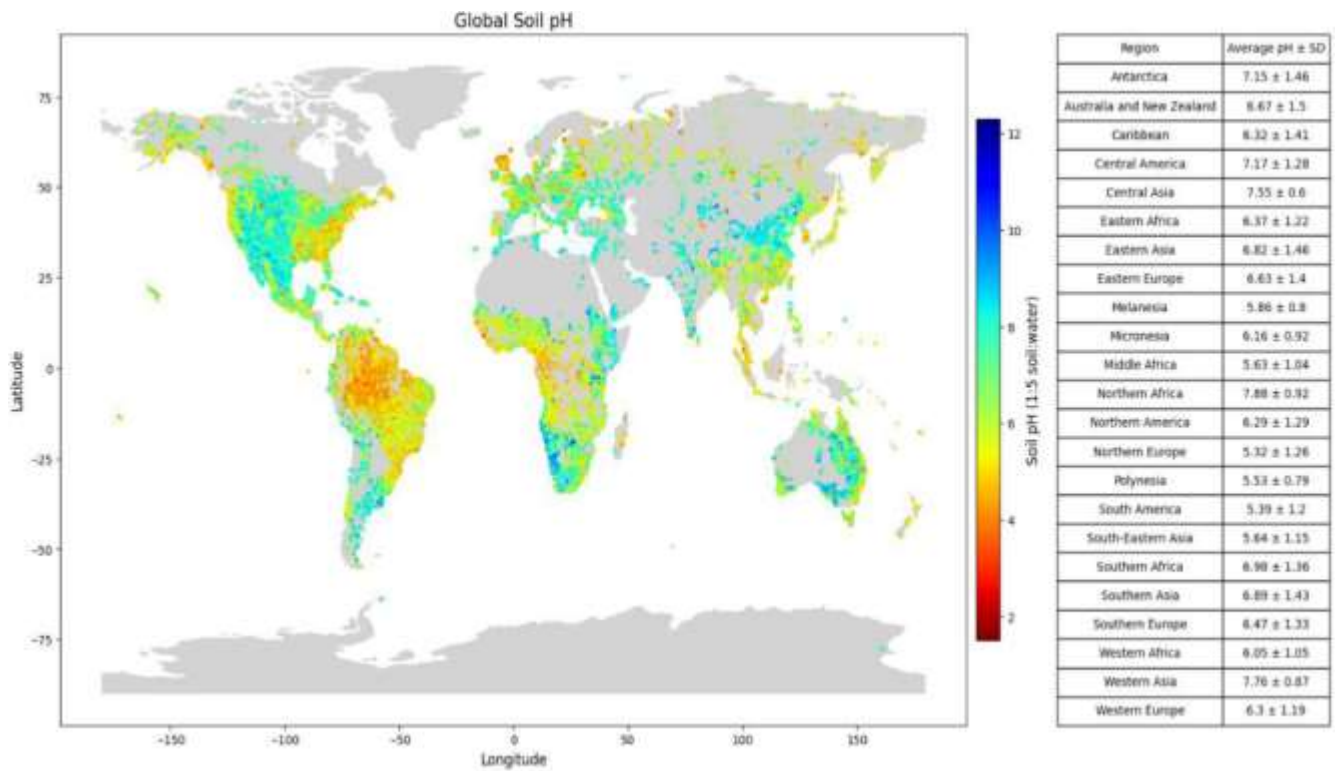


Рисунок 1.2 – Карта глобального показника рН [26]

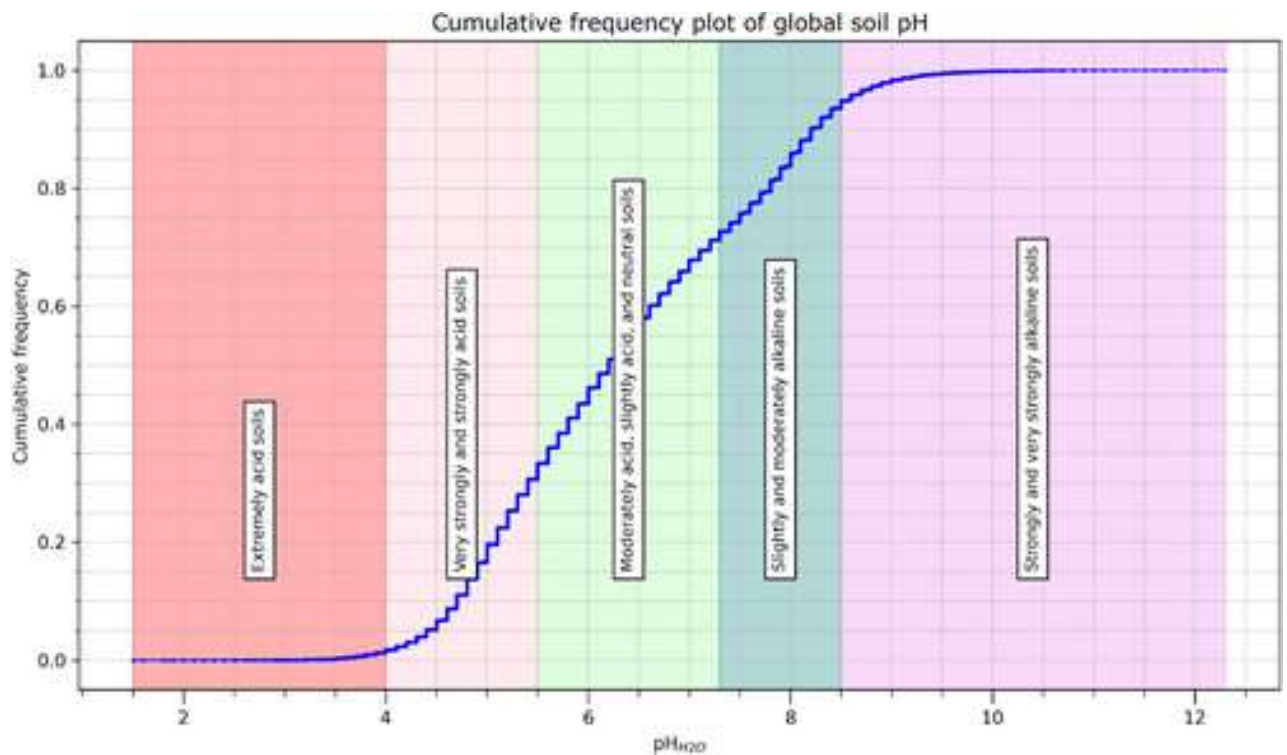


Рисунок 1.3 – Графік глобального розподілу рН ґрунту [26]

Згідно з рисунком 1.3 надзвичайно кислі ($\text{pH} \leq 4,0$) ґрунти становили 1,0 % світового набору даних; дуже сильно або сильно кислі ґрунти ($4,0 < \text{pH} \leq 5,5$) –

28,5 %; помірно кислі, слабокислі та нейтральні ґрунти ($5,5 < \text{pH} \leq 7,3$) – 44,7 %; слаболужні та помірно лужні ґрунти ($7,3 < \text{pH} \leq 8,5$) – 16,1 % та сильно та дуже сильно лужні ґрунти ($\text{pH} > 8,5$) – 9,6 %. Виходячи з цього великого глобального набору даних можна зробити висновок, що близько 30 % ґрунтів світу мають високу кислотність та близько 10 % – високу лужність [26].

Такі картографічні продукти демонструють, що рН є показником, придатним для порівняння територій, виявлення великих закономірностей і водночас для визначення причин підкислення/залуження та пріоритетів управління. Однак при цьому необхідно зважати на методичну неоднорідність первинних вимірювань, просторові масштаби та невизначеність моделей, що особливо підкреслюється в сучасних методичних оглядах про техніки, виклики інтерпретації ґрунтового рН на глобальному рівні.

У прикладній екології рН ґрунтового розчину дедалі частіше розглядають як «ранній сигнал» деградаційних процесів. Поступове підкислення може передувати суттєвому зниженню ефективної родючості та біологічної активності, оскільки спочатку змінюються форми елементів, мікробіота й буферні системи, а лише згодом – видимі продукційні показники. Аналогічно, залуження та вторинне засолення в посушливих зонах або на меліорованих землях часто супроводжується зміною рН і електропровідності, що робить рН важливою складовою діагностики хімізму ґрунтового розчину.

В урбанізованих ландшафтах рН може виступати індикатором техногенної трансформації, а його поєднання з даними про вміст карбонатів, металів і органічних домішок дозволяє відрізнити «будівельний» (карбонатно-лужний) сигнал від промислового або транспортного (часто кисло-металевого) навантаження; підстави для такого функціонального прочитання рН випливають із концепції міської ґрунтової гетерогенності та ролі техногенних домішок, узагальненої в міському ґрунтознавстві [31].

Особливого значення реакція ґрунтового розчину набуває в умовах глобальних екологічних змін і деградації земель. Зміна клімату, зростання інтенсивності екстремальних опадів, підвищення температури та трансформація режимів землекористування можуть призводити як до підкислення, так і до вторинного залуження ґрунтів. Посилена увага до рН також пов'язана з рівновагою неорганічного вуглецю, яка є важливою в контексті взаємодії карбонатних систем у ґрунтах як зв'язок рН з потоком атмосферного CO_2 .

У цьому контексті рН виступає одним із базових показників моніторингу ґрунтового стану, який дозволяє оперативно оцінювати напрям і глибину трансформацій екосистем. Саме тому міжнародні програми ґрунтового моніторингу, зокрема за ініціативи FAO та Європейського Союзу, включають показник рН до переліку ключових індикаторів стану ґрунтів.

Таким чином, реакція ґрунтового розчину є універсальним екологічним індикатором, який поєднує в собі інформацію про генезис ґрунту, умови його функціонування та рівень антропогенного навантаження. Вона визначає хімічну й біологічну доступність елементів, регулює екосистемні процеси та відображає стійкість ґрунтової системи до зовнішніх впливів. Широке застосування рН як індикатора у ґрунтознавстві, агроекології, урбоекології та природоохоронній практиці підтверджує його ключову роль у науковому аналізі стану ґрунтів і формуванні стратегій сталого управління земельними ресурсами.

2 ПРИРОДНО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЙОГО ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

2.1 Фізико-географічні умови території

Місто Хмельницький є адміністративним центром Хмельницької області та її провідним економічним і культурним вузлом, який водночас є промисловим і діловим центром загальнодержавного рівня.

Територія міста охоплює 93,05 км² (рисунок 2.1). Станом на 01.01.2022 року у місті Хмельницькому оцінкою Головного управління статистики у Хмельницькій області проживало 274 396 осіб. Демографічна динаміка міста характеризується стійким зростанням чисельності мешканців, зумовленим як природним, так і міграційним приростом, що відбувається на тлі загальної тенденції до скорочення населення в межах області.



Рисунок 2.1 – Карта-схема міста Хмельницького (<https://maps.visicom.ua/>)

Хмельницький розташований у верхній течії річки Південний Буг у центральній частині Волино-Подільської височини. Планувальна структура міста сформована вздовж долини Південного Бугу з північного заходу на південний схід. Провідними водотоками з виразними широкими долинами є Південний Буг, Кудрянка (Самець) і Плоска. Внутрішньотериторіальну диференціацію посилюють штучні лінійні бар'єри у вигляді магістральних залізниць та автомобільних шляхів. Поєднання природних і техногенних чинників зумовило виділення чотирьох великих планувальних частин міста – центральної, північної, південної-1 та південної-2. У межах міста умовно виокремлюють низку мікрорайонів, зокрема Центр, Виставку, Озерну, Південно-Західний, Ракове, Дубове, Книжківці, Гречани, Ружичну та Лезневе.

У геологічному відношенні територія м. Хмельницького приурочена до Східноєвропейської платформи й пов'язана із західним схилом Українського щита, а саме Волино-Подільським блоком, що розломом розмежований на Волинський і Подільський сегменти. Подільський блок характеризується підвищеною жорсткістю, істотним тектонічним підняттям та складною будовою осадового чохла, потужність якого зростає у напрямі зі сходу на південний захід. Місто розміщується в центральній частині Подільського плато в межах Верхньобузької височини.

Докембрійські породи в долині Південного Бугу залягають на глибинах від 30 м до 50 м. Голоценові відклади потужністю від 5,0 м до 5,5 м приурочені переважно до заплавної ділянок і представлені алювіальними пісками, супісками та суглинками. Антропогенний покрив охоплює утворення еолово-делювіального та алювіального генетичних типів. Лесові товщі потужністю від 7 м до 10 м виступили материнською основою формування сучасних ґрунтів.

Внаслідок спрямованої та опосередкованої діяльності людини на території Хмельницького сформувався комплекс антропогенних відкладів – насипних і намивних утворень, відкладів штучних водойм, підводних штучних ґрунтів, а

також внесених у ґрунтові масиви матеріалів. Їх поширення охоплює щонайменше 55 % площі міста. Насипні відклади переважають на забудованих землях, а в центральній частині утворюють майже суцільний покрив із потужністю шару від 1 м до 3 м.

Геологічна будова території (рисунок 2.2), зокрема широке поширення четвертинних еолово-делювіальних лесів, лесоподібних суглинків і супісків, потужність яких, за даними інженерно-геологічних вишукувань, на межиріччя Південного Бугу і Самця (Кудрянки) перевищує 30 м, історично створювала передумови для видобутку сировини, придатної для виробництва цегли, черепиці та інших будівельних матеріалів.

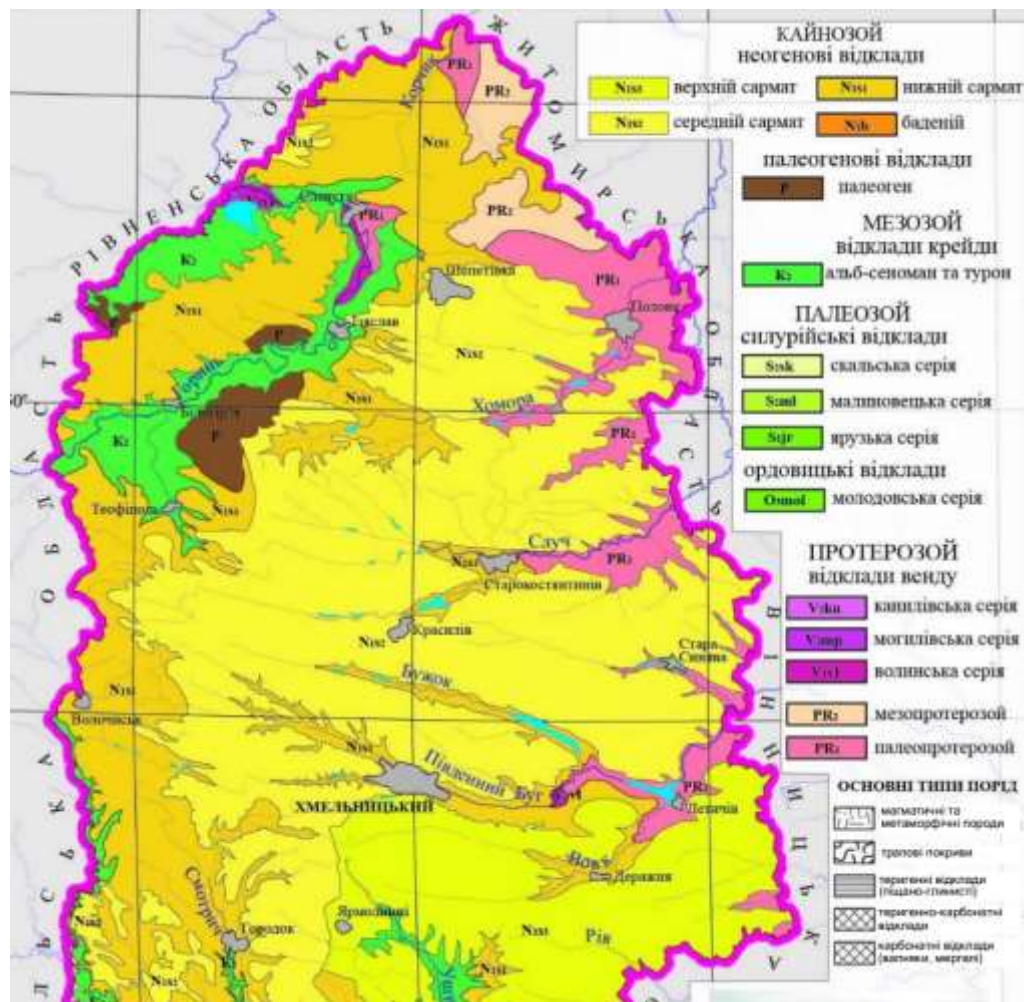


Рисунок 2.2 - Геологічна карта (доантропогенний зріз) [33]

Надрокористування тривалий час було зорієнтоване на отримання будівельної сировини (леси, лесоподібні суглинки та супіски) у процесі розбудови міста; на сучасному етапі видобування корисних копалин у межах міської території не здійснюється.

Формування сучасного рельєфу міста розпочалося у неогені [34–35]: після відступу сарматського моря, що зумовило південно-східну спрямованість течії Південного Бугу та його лівих приток, територія зазнала підняття. Південний Буг поступово вривався в товщі глин і вапняків, формуючи систему терас. У верхньому плейстоцені почала розвиватися балкова мережа. Нині в рельєфі міста виокремлюються чотири основні морфологічні елементи: заплави річок і плоскі днища балок, тераси (дві надзаплавні тераси Південного Бугу), схили (схили балок, нетерасовані схили річкових долин і привододільні схили) та вододільні поверхні. Провідним елементом рельєфу є долина Південного Бугу (рисунок 2.3).

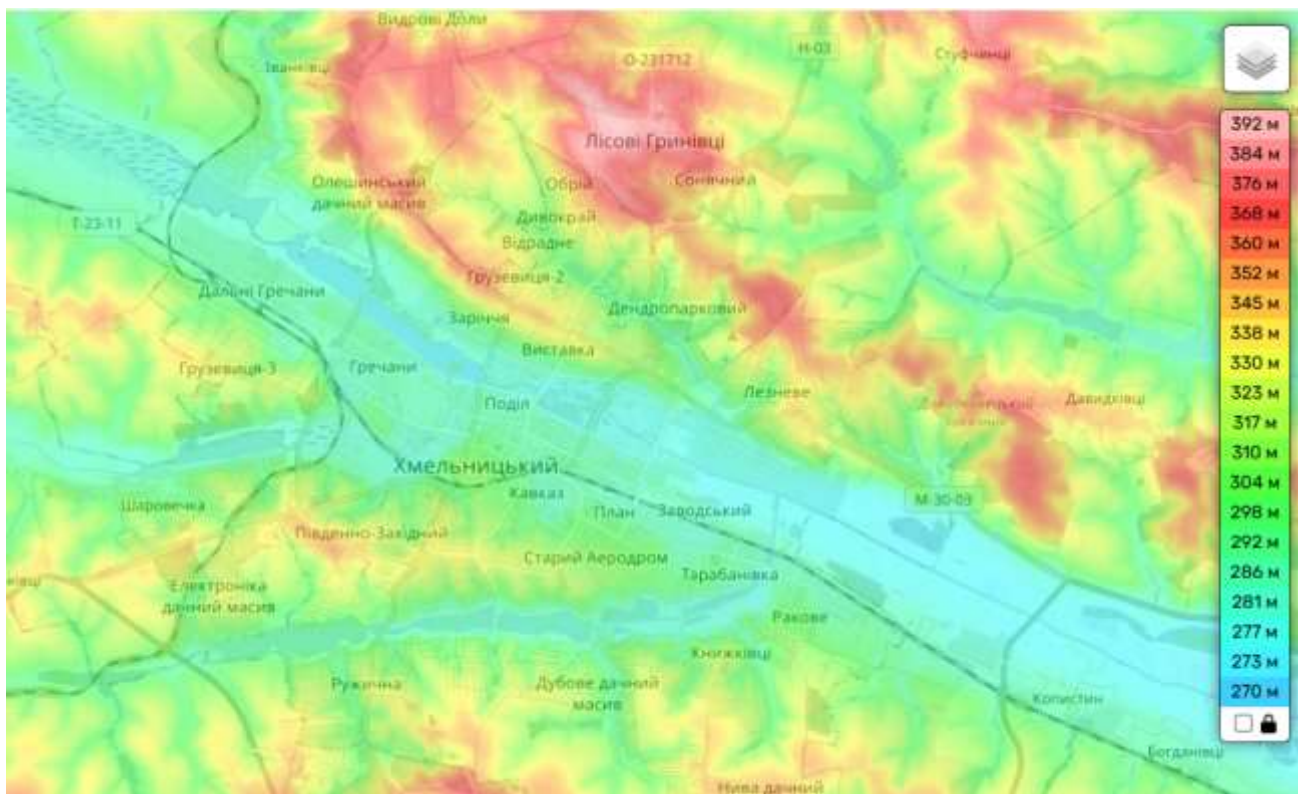


Рисунок 2.3 – Топографічна карта міста Хмельницького [36]

Заплави водотоків відзначаються істотною варіабельністю ширини — від 75 м (ліва безіменна притока Південного Бугу) до 1600 м (Південний Буг). Упродовж останніх десятиліть антропогенний вплив спричиняє помітні зміни цих параметрів: зокрема, заплава Кудрянки, ширина якої знаходиться в межах від 300 м до 550 м, після повороту річки на північ звужується до близько 100 м унаслідок підсипання території та забудови. Абсолютні відмітки заправ закономірно знижуються вниз за течією – від 285 м (Кудрянка) до 277 м (Південний Буг).

Поєднання антропогенного навантаження, кліматичних умов, геологічної будови та рельєфу, а також низки додаткових чинників сприяло формуванню й розвитку несприятливих геологічних процесів у межах міста, серед яких провідне місце займають зсуви, лінійна та площинна ерозія, заболочування і просідання. Орієнтовно 6 % міської території віднесено до потенційно зсувонебезпечних ділянок. Просторовий розподіл сучасних геоморфологічних процесів має виразну диференціацію: для лівобережжя Південного Бугу, південно-західної та південної частин міста більш характерні зсувні явища й площинна ерозія; для центральної частини типовими є заболочування (у межах заплави та частково першої надзаплавної тераси Південного Бугу) і просідання різного генезису, зокрема на надзаплавних терасах Південного Бугу та лесовому плато в районі старого аеропорту [37].

Територія міста Хмельницького та прилеглих околиць за ландшафтним районуванням відноситься до лісостепового типу подільських ландшафтів, входить до групи ландшафтів центральноподільського підтипу та приурочена до Вовчко-Бужоцького природного району. У сучасній ландшафтній мозаїці міста домінують антропогенні комплекси, генезис яких безпосередньо зумовлений різноспрямованою діяльністю людини. Поряд із ними наявні природно-антропогенні ландшафти – специфічна категорія супутніх антропогенних утворень, що мають природні аналоги (зокрема ярково-балкові форми, заправні

луки тощо). Нині в межах Хмельницького практично відсутні ландшафти, що збереглися в незміненому господарським освоєнням стані; відносно малотрансформованими залишаються переважно заболочені ділянки.

У структурі міського ландшафту переважають малоповерховий, багатоповерховий, промислово-селитебний, водно-антропогенний та садово-парковий типи, а також виокремлюються дорожній і тафальний різновиди [38]. Малоповерховий тип репрезентований кварталами одноповерхової та двоповерхової, здебільшого історично сформованої забудови. Для нього характерні порівняно незначні перетворення літогенної основи: частка техногенного покриття, як правило, не перевищує 12 %, промислові об'єкти майже відсутні, натомість суттєві площі займають присадибні ділянки.

Багатоповерховий тип міського ландшафту демонструє інтенсивний розвиток, що відбувається як за рахунок залучення прилеглих сільськогосподарських і лісових угідь, так і шляхом поступової трансформації зон малоповерхової забудови. Саме цей тип значною мірою формує сучасний просторово-візуальний образ Хмельницького.

Промислово-селитебний тип ландшафту тяжіє до промислових майданчиків і характеризується високим рівнем техногенного освоєння території: площі штучного покриття можуть сягати до 75 %, відбувається докорінна перебудова елементів гідрографічної мережі, значною мірою елімінується ґрунтово-рослинний покрив, а також формується своєрідний мікроклімат. Певної структурної різноманітності надають ділянки житлової забудови, технічні водойми та, подекуди, зелені насадження. Водночас саме цей тип ландшафту значною мірою визначає екологічні параметри міського середовища.

Водно-рекреаційний (водно-антропогенний) тип формують водосховища, ставки та канали. Оскільки ці об'єкти приурочені до найнижчих ділянок річкових долин, у їх межах концентруються поверхневий стік і забруднювальні речовини.

Біля Хмельницького водосховища локалізовані важливі рекреаційні простори міста, зокрема пляжна зона та парк імені Михайла Чекмана.

Садово-парковий тип ландшафту представлений парками, скверами й невеликими зеленими масивами, які виконують помітні еколого-містобудівні функції: забезпечують формування безперервної системи відкритих просторів, підтримують екологічну рівновагу та відіграють роль ключових «зелених ядер» міста.

Дорожній тип ландшафту вирізняється лінійною конфігурацією та виконує функцію просторового каркаса антропогенних комплексів Хмельницького. Він охоплює мережу автомобільних і залізничних шляхів разом із супутніми елементами – придорожніми лісосмугами, насипами й виїмками, канавами, підрізними та насипними схилами, заболоченими зниженнями, а також водними комплексами, що формуються внаслідок підпору ґрунтових вод та перерозподілу атмосферного стоку дорожніми спорудами.

У заплавах, у межах антропогенно змінених ландшафтних комплексів, переважають окультурені пасовища. Після реалізації осушувальної меліорації заплавні площі в більшості випадків зазнали глибокого (приблизно до 0,5 м) переорювання та були засіяні культурними травосумішами, серед яких домінували райграс і грястиця збірна. Останніми роками для заплав характерна тенденція до активного залучення під забудову, що посилює антропогенну трансформацію цих територій.

Кліматичні умови міста формуються під впливом поєднання радіаційних і атмосферно-циркуляційних процесів, притаманних атлантично-континентальній області помірного кліматичного поясу. Для цього кліматичного поясу характерні відносно теплий літній період і помірно м'яка зима, яка часто супроводжується значною хмарністю. За довготривалими даними метеорологічних спостережень станції «Хмельницький, АМСГ», розташованої на абсолютній висоті 290 м, середньорічна температура повітря становить плюс 6,8 °С (базове значення), при

цьому зафіксовані крайні температурні значення коливаються від абсолютного мінімуму – мінус 32 °С до абсолютного максимуму – плюс 36 °С. Глибина промерзання ґрунту, за матеріалами метеостанції «Городок», у середньому досягає 51 см, а в окремі роки може збільшуватися до 90 см. Середня тривалість безморозного періоду становить близько 153 діб.

Вологісний режим повітря характеризується відносно високими значеннями: середньорічна відносна вологість у межах міста становить приблизно 78 %. Атмосферні опади розподіляються нерівномірно впродовж року: їх середньорічна сума сягає 565 мм, з яких переважна частина припадає на теплий період року (413 мм), тоді як у холодний період випадає близько 152 мм. Максимальні добові суми опадів, за спостереженнями метеостанції «Волочиськ», можуть досягати 42 мм.

Сніговий покрив у зимовий період є відносно нестійким, середньодекадні значення становлять близько 15 см. Кількість днів зі стійким сніговим покривом у середньому дорівнює 82. Кліматичний режим міста також характеризується певною повторюваністю несприятливих атмосферних явищ: у середньому протягом року фіксується близько 56 днів з туманами, 12 днів із заметілями, 26 днів із грозами, приблизно 1,5 дня з градом та менш як 1 день із проявами пилових бур.

Вітровий режим відзначається помірною інтенсивністю: середні швидкості вітру коливаються в межах від 2,6 м/с до 4,2 м/с. За екстремальних погодних умов можливі значні посилення вітру: швидкість 21 м/с може спостерігатися щорічно, від 24 м/с до 25 м/с – орієнтовно раз у проміжок від 5 років до 10 років, а від 26 м/с до 27 м/с – з повторюваністю близько одного разу у проміжок від 15 років до 20 років (за даними метеостанції «Ямпіль»). Переважаючим напрямком повітряних потоків у межах міста є південно-східний [39].

Упродовж останніх двох десятиліть на фоні глобальних кліматичних змін у місті фіксуються помітні відхилення окремих метеорологічних показників від

багаторічних середніх значень, що проявляється у зміні температурного режиму, режиму опадів та частоті екстремальних атмосферних явищ.

Найбільш виражене зростання середніх і максимальних температурних показників спостерігається в літній період, де приріст становить близько $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Паралельно відбувається зсув сезонних меж, що проявляється у зміні строків переходу температури повітря через позначку $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ навесні та восени. Порівняльний аналіз свідчить, що середньорічна температура в межах м. Хмельницького зросла з $8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ у 2021 році до $10,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, що вказує на посилення регіональних проявів глобального потепління.

Для кліматичного режиму Хмельницької МТГ упродовж останніх років характерна також підвищена варіабельність опадів, насамперед у теплий період року. Відхилення сумарної кількості атмосферних опадів від кліматичної норми набули виразного характеру, причому значна їх частка припадає на інтенсивні зливи, які часто супроводжуються локальними підтопленнями. За останні роки відмічено тенденцію до збільшення річної суми опадів у місті Хмельницькому: з $554,5\text{ мм}$ у 2020 році до близько 643 мм у 2024 році. Водночас поряд із періодами надмірного зволоження спостерігалися й тривалі бездошові інтервали, максимальна тривалість яких сягала приблизно двох місяців, що свідчить про зростання контрастності гідрометеорологічних умов у регіоні.

За останні десятиліття у кліматичних характеристиках м. Хмельницького за даними (<https://climatecharts.net/>) відбулися суттєві зміни, зокрема за останні 20 років середньорічна температура підвищилась близько на $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ порівняно з базовими значеннями (рисунок 2.4).

У 2024 році у місті Хмельницькому за даними Хмельницького обласного центру з гідрометеорології середня річна температура повітря становила $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, середня річна кількість опадів – $643,0\text{ мм}$. Найбільші зміни фіксувалися щодо температурного режиму, адже з 2021 року значення середньорічної температури збільшилось від $8,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

живлення, за якого навесні домінує надходження талих снігових вод, а в літній період – атмосферних опадів.

Таблиця 2.1 – Довжина річок у межах міста Хмельницького

Великі		Середні		Малі		Загальна довжина, км
назва	км	назва	км	назва	км	
Південний Буг	12,6	-	-	Плоска	3,6	39,9
				Кудрянка (Самець)	11,2	
				Ліва притока без назви	5,2	
				Інші притоки	7,3	

Поверхневі води міста характеризуються низьким рівнем мінералізації, що є типовою ознакою річок верхів'я басейну Південного Бугу. Це зумовлено поєднанням кліматичних і геоморфологічних чинників: достатнім зволоженням, відносно помірними середньорічними температурами повітря, незначними втратами вологи на випаровування, а також розташуванням території в межах Верхньобузької височини з абсолютними відмітками від 380 м до 396 м, що забезпечує швидкий стік атмосферних опадів у руслову мережу та формування вод із невисокою мінералізацією. Підземні води верхньої частини басейну, що відіграють важливу роль у підтриманні стоку в меженний період, також характеризуються загальною мінералізацією, що не перевищує 0,7 г/дм³ [41].

За хімічним складом поверхневі води території Хмельницького належать до гідрокарбонатного класу кальцієвої групи. Домінування гідрокарбонат-іонів (НСО₃⁻) є характерним для всіх річок міста: їх концентрації коливаються в межах від 193 мг/дм³ до 500 мг/дм³, а середньорічні значення сягають приблизно

290 мг/дм³ і зазнають відносно незначних сезонних змін. Вміст сульфат-іонів (SO₄²⁻) варіює від 15 мг/дм³ до 100 мг/дм³ із середньорічною концентрацією до 33 мг/дм³, тоді як концентрації хлоридів становлять від 5 мг/дм³ до 109 мг/дм³ при середньорічних значеннях до 31 мг/дм³. Переважання іонів кальцію у водах річок Хмельницького є типовою рисою слабомінералізованих водотоків зі снігово-дошовим типом живлення.

Поверхневі води Південного Бугу вирізняються загалом високим рівнем насиченості розчиненим киснем, концентрації якого коливаються в межах від 5 мг/дм³ до 16 мг/дм³. У літній період спостерігається зниження цього показника до 5 мг/дм³, що пояснюється підвищенням споживанням кисню на процеси окиснення органічних речовин, зменшенням його розчинності за високих температур та впливом антропогенних чинників. У поодиноких випадках фіксувалися як короточасні зниження вмісту розчиненого кисню до 4 мг/дм³, так і критичні ситуації з падінням концентрацій до 2 мг/дм³ [42].

У гідрогеологічному відношенні територія міста входить до Волино-Подільського артезіанського басейну. Основні водоносні горизонти приурочені до протерозойських і крейдових відкладів. Водночас водоносний комплекс четвертинних відкладів має незначну потужність, однак саме він є найчастіше експлуатованим для індивідуального водопостачання, зокрема через систему криниць. Водонепроникні неогенові глини створюють умови для розвантаження вод четвертинних відкладів у формі численних джерел. Між окремими водоносними горизонтами існує тісний гідравлічний зв'язок, що проявляється у постійному водообміні та зумовлює необхідність суворого контролю за якістю поверхневих вод як потенційного джерела впливу на підземні ресурси [43].

Станом на 01.01.2020 року в межах Хмельницького було розвідано та взято на державний баланс експлуатаційні запаси підземних вод дев'яти ділянок Хмельницького родовища, з яких чотири призначені для питного водопостачання,

а п'ять – для господарсько-питних і технічних потреб; при цьому одна з ділянок («Центральна») на цей час не використовується.

Негативний вплив на стан водних ресурсів міста зумовлюється сукупністю чинників, серед яких провідне місце посідають спорудження численних ставків і загальна зарегульованість водотоків, меліоративне освоєння перезволожених і заболочених земель, різні види будівельної діяльності, надходження забруднювальних речовин із неочищеними або недостатньо очищеними зворотними водами, а також сучасні кліматичні зміни, що посилюють навантаження на гідрологічну систему міста.

Рослинний покрив міста Хмельницького загалом відображає флористичні та ценотичні особливості лісостепової природної зони. Відповідно до схем геоботанічного районування територія міста належить до Старокостянтинівсько-Уланівського району Старокостянтинівсько-Білоцерківського округу грабово-дубових лісів, луків на місці зведених лісових масивів і лучних степів, водночас перебуваючи в зоні контакту з Північноподільським (Теопільсько-Яролинським) округом лучних степів і дубових лісів. Таке прикордонне положення зумовлює підвищену різноманітність рослинних угруповань та поєднання елементів різних фітоценотичних комплексів [39].

У межах міської території сформувався різноманітний рослинний покрив, представлений лісовими, лучними, болотними, водними, прибережно-водними, а також рудеральними й сегетальними угрупованнями. Просторові закономірності їх поширення визначаються поєднанням морфологічних особливостей рельєфу, едафічних характеристик ґрунтів і ступеня антропогенного впливу. Найбільш трансформовані урбогенними чинниками фітоценози приурочені до правобережної надзапавної тераси річки Південний Буг, у межах якої розташовані мікрорайони Гречани, Центральна частина міста та Ракове. Водночас порівняно збережені рослинні комплекси характерні для північно-

східних і південно-східних околиць міста Хмельницького, де антропогенний прес є менш інтенсивним.

Природні заплавні та широколистяні ліси, що історично формували рослинний покрив цієї території, у сучасних умовах значною мірою заміщені лучними суходільними, болотними, агрокультурними та рудеральними угрупованнями. Окремі фрагменти заплавних лісів збереглися у заплаві річки Південний Буг за межами мостового переходу вздовж Старокостянтинівського шосе. Осередки природної рослинності також трапляються в долинах Південного Бугу та його приток, а також у прибережних смугах водотоків, де сформувалися характерні болотні й лучні ценози.

Винятково важливе екологічне та природоохоронне значення для урбоекосистеми міста має заплава Південного Бугу, яка, незважаючи на тривалий антропогенний тиск, залишається цінним резерватом відносно збереженої природної рослинності. Саме тут поширені ділянки ясенево-вербових, ясенево-липових і липових лісів та дібров, що простягаються смугою вздовж заплави Південного Бугу, а також чорновільшанники, приурочені до заплави річки Кудрянка.

На пологих берегах Південного Бугу добре розвинені прибережно-водні рослинні угруповання, сформовані комплексами гідрофільних і гідрофільних видів. У їх складі домінують асоціації рогозу вузьколистого й широколистого, лепешняку великого, очерету звичайного, частухи подорожникової, куги озерної, осоки гострої, ситнягу болотного, різних видів ситників, а також щавлю прибережного, зніту болотного, сусака зонтичного та інших видів, характерних для заплавних екосистем.

Водна рослинність представлена переважно угрупованнями спіродели багатокореневої, ряски малої, куширу темно-зеленого, елодеї канадської, водяного різака алоєвидного, жабурника звичайного, водопериці кільчастої, рдесника пронизанолистого й рдесника гребінчастого, а також інших типових для

водно-болотних угідь Верхнього Побужжя видів. Ці ценози відіграють важливу роль у підтриманні гідроекологічної рівноваги та біорізноманіття міських водних екосистем.

Болотні екосистеми заплави Південного Бугу та його приток у межах міста належать переважно до евтрофного трав'яного типу. Під впливом антропогенних факторів відбувається трансформація природних болотних угруповань у деградовані лучно-болотні ценози, а за умов близького залягання до поверхні мінералізованих ґрунтових вод — у засолено-болотні формації. У таких угрупованнях домінують очерет звичайний, осока омська, осока чорна та осока здута, тоді як супутніми видами є вербозілля звичайне, жовтець повзучий, зніт шорсткий, підмаренник болотний, плакун верболистий і чистець болотний; поодинокі трапляються півники болотні.

Лучна рослинність у межах басейну Південного Бугу в місті Хмельницькому поширена переважно в комплексі з болотними та водними угрупованнями і займає відносно підвищені ділянки заплави. У трав'яному ярусі домінують злакові види, зокрема тонконіг лучний і звичайний та вівсяниця лучна, тоді як на більш зволжених місцях зростає значна частка осокових угруповань.

Лісова рослинність міста представлена єдиним ізольованим лісовим урочищем — Гречанським лісом у межах однойменного мікрорайону, який функціонує як локальний осередок збереженої природної лісової рослинності серед антропогенно трансформованого ландшафту. Це острівний лісовий масив природного походження, у деревостані якого переважає ясен звичайний порослевого та насінневого походження віком близько від 35 років до 50 років, що є нетиповим і рідкісним явищем для Подільського регіону. Трав'яний покрив цього урочища за видовим складом відповідає широколистяним лісам Верхнього Побужжя і характеризується наявністю яскраво виражених синузій весняних ефемероїдів та регіонально рідкісних видів рослин.

У межах міста зафіксовано наявність видів, що мають високий природоохоронний статус і внесені до Червоної книги України, зокрема грифолу листувату (*Grifola frondosa* (Dicks.: Fr.) Gray). У лісових біоценозах Хмельницького трапляються також види рослин, включені до регіонального переліку охоронюваних у Хмельницькій області, серед яких воронець колосистий (*Actaea spicata* L.) та первоцвіт високий (*Primula elatior* (L.) Hill.), що свідчить про збереження в межах міста осередків підвищеної флористичної цінності.

До Зеленої книги України віднесені рослинні угруповання латаття білого (*Nymphaea alba* L.) та глечиків жовтих (*Nuphar lutea* (L.) Smith), які являють собою рідкісні реліктові фітоценози водних плес басейну річки Південний Буг у межах міста Хмельницького. Ці угруповання мають не лише ботанічну, а й екосистемну цінність, оскільки виконують важливі функції у підтриманні гідробіологічної рівноваги.

Заплавні вербові ліси формації *Salicetum albae* разом із прирічковими заростями верб *Salicetum triandro-viminalis* (код оселища 91E0-1), а також заплавні діброви *Ficario-Ulmetum* (код оселища 91F0), що поширені у заплаві Південного Бугу та його приток у межах Хмельницького, перебувають під охороною Оселищної директиви Європейського Союзу. Їх збереження має важливе значення як у контексті охорони біорізноманіття, так і виконання Україною міжнародних природоохоронних зобов'язань [44].

Фауна міста Хмельницького наразі залишається недостатньо вивченою, при цьому найбільш чисельну та різноманітну групу тваринного світу становлять безхребетні. Іхтіофауна водойм міста характеризується переважанням видів, добре пристосованих до умов урбанізованих водних екосистем. Найбільш масово представлені карась сріблястий, пічкур звичайний, краснопірка, плітка, окунь та йорж, тоді як стабільно високою, але дещо нижчою чисельністю відзначаються щука, лящ, короп і в'юн. Окрему групу становлять інтродуковані та успішно

акліматизовані види, зокрема білий амур і товстолобик, які інтегрувалися у місцеві водні біоценози.

Батрахофауна міської території сформована переважно широко поширеними видами земноводних, серед яких домінують ропуха сіра, землянка звичайна, а також жаби трав'яна, озерна й ставкова та райка звичайна. Значно рідше у водоймах і прибережних біотопах трапляються тритон звичайний і кумка червоночерева. Герпетофауна представлена насамперед вужем звичайним, тоді як ящірка прудка, ящірка живородна та болотяна черепаха зустрічаються спорадично й характеризуються обмеженим поширенням у межах міста.

Орнітофауна міста досліджена значно краще: на його території виявлено 186 видів птахів, що належать до 18 рядів і 45 родин, що становить близько 80 % сучасного видового складу птахів Хмельницької області. У періоди сезонних міграцій видовий склад птахів істотно збагачується за рахунок пролітних і тимчасових видів.

Серед орнітофауни, зафіксованої в межах міста, 21 вид має статус рідкісного та занесений до Червоної книги України, тоді як 117 видів включені до Додатка II Бернської конвенції, що підкреслює високу міжнародну природоохоронну цінність пташиного різноманіття Хмельницького.

Природно-заповідний фонд (ПЗФ) міста Хмельницького нараховує 22 природно-заповідних території загальною площею 191,7558 га, що складає 2,06 % від площі міста. Серед категорій ПЗФ у місті Хмельницькому є 16 ботанічних пам'яток природи, 3 парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва: «Парк імені Михайла Чекмана», «Сквер імені Т. Г. Шевченка», «Заріччя»; дендрологічні парки «Поділля» і «Юннатівський» та Ботанічний сад Хмельницького національного університету. За статусом природно-заповідні території та об'єкти міста Хмельницького належить тільки до місцевого значення [39].

Для міста Хмельницького розроблена екомережа, що функціонально включена до регіональної екологічної мережі Хмельницької області. Просторова структура екомережі Хмельницького охоплює ключові території, що виконують функцію природних ядер і осередків збереження біорізноманіття, сполучні елементи у вигляді екологічних коридорів національного, регіонального та локального рівнів, а також буферні й відновлювані ділянки. Сукупна площа екологічної мережі в межах міста становить 1234,83 га, що відповідає 11,54 % загальної площі Хмельницького, сумарна протяжність екологічних коридорів складає 59,16 км.

Основою для формування локальної екомережі м. Хмельницького стала система природно-заповідних територій та окремих природоохоронних об'єктів, інтегрованих у міський простір. Природні ядра та екокоридори приурочені переважно до долин річок та зелених зон, що є принципово важливим для їх збереження, підтримання екологічної безперервності, забезпечення міграційних шляхів і обміну генетичним матеріалом між популяціями різних видів [39].

2.2 Характеристика ґрунтового покриву

Природний ґрунтовий покрив території міста Хмельницького сформувався упродовж тривалого геологічного та історико-ландшафтного розвитку під комплексним впливом ґрунтоутвірних порід, рослинності, особливостей рельєфу й кліматичних умов. Провідна роль у ґрунтоутворенні належала карбонатним лесовим і лесовидним відкладами, на яких розвивалися основні типи ґрунтів лісостепової зони. Під трав'янистою степовою рослинністю сформувалися глибокі чорноземи, що з часом зазнали трансформації у чорноземи опідзолені; під лісовими угрупованнями утворилися лісові опідзолені ґрунти різного ступеня розвитку. У межах алювіальних відкладів річкових долин переважають торфопо-

болотні ґрунти, формування яких відбувалося в умовах надмірного зволоження та періодичного затоплення (рисунок 2.5).

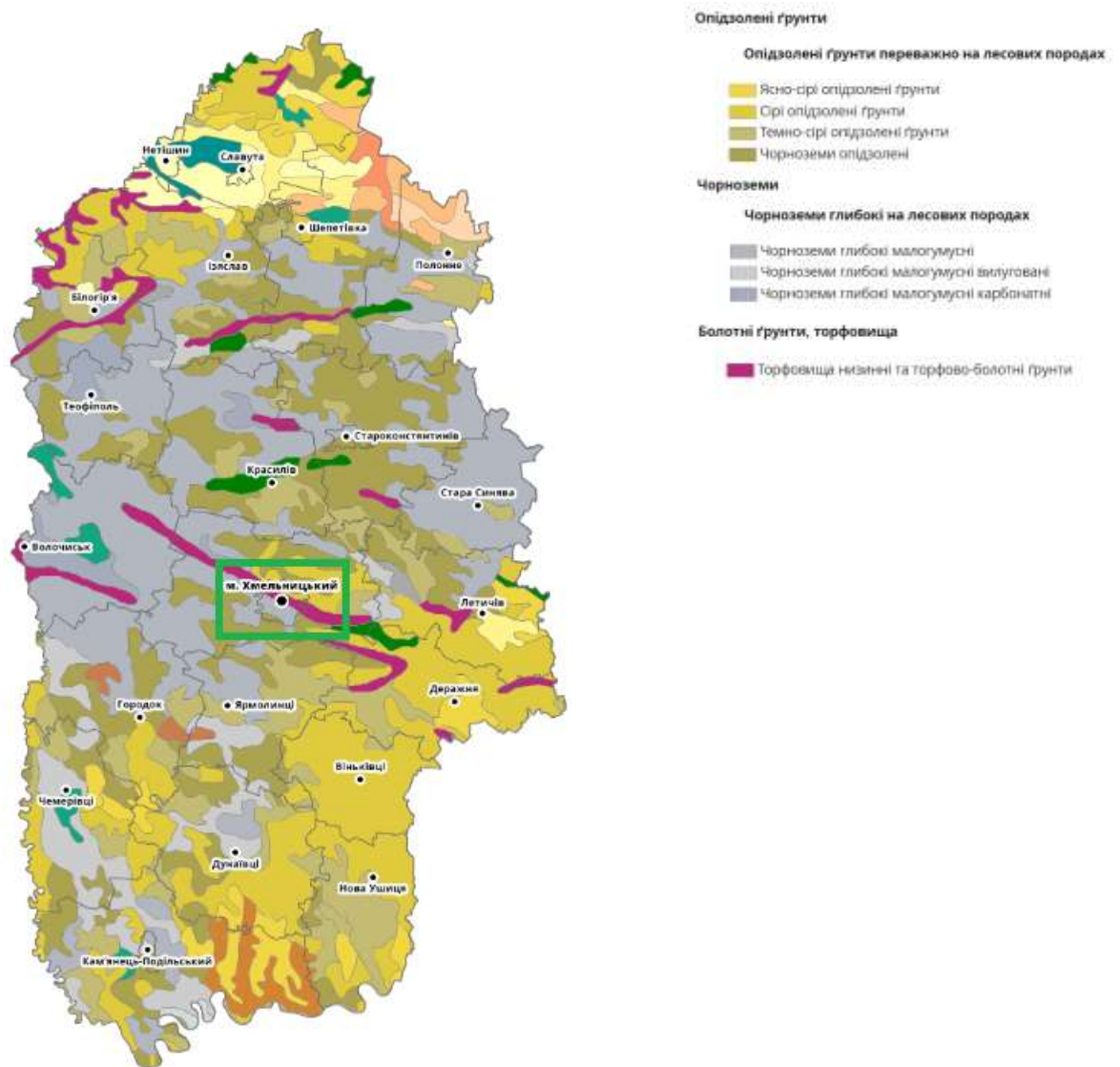


Рисунок 2.5 – Інтерактивна карта ґрунтів Хмельницької області та міста Хмельницького [36]

Чорноземи опідзолені приурочені переважно до правобережної частини долини Південного Бугу до гирла річки Кудрянки. Вони сформувалися на вирівняних платоподібних ділянках під поєднанням лісової та степової рослинності внаслідок розвитку чорноземного ґрунотвірного процесу, на який частково наклався підзолистий. Це зумовило вилугування профілю,

перерозподіл колоїдної фракції та диференціацію горизонтів. Материнською породою для цих ґрунтів слугують карбонатні леси або лесовидні суглинки. За гранулометричним складом вони представлені переважно легкосуглинистими, рідше – важкосуглинистими різновидами. Чорноземи характеризуються значною потужністю гумусового горизонту, що сягає від 80 см до 90 см.

Темно-сірі опідзолені ґрунти поширені на вирівняних вододільних поверхнях і пологих схилах. Вони менш опідзолені, характеризуються значним гумусовим шаром та підвищеним умістом органічної речовини, що у верхній частині профілю становить від 2,9 % до 3,1 %.

Ці ґрунти мають краще сформовану агрегатну структуру, вищу забезпеченість поживними елементами й, відповідно, відзначаються відносно високою природною родючістю.

В заплаві Південного Бугу поширені торфо-болотні ґрунти, що є типовими гідроморфними ґрунтами, формування яких відбувається в умовах постійного або тривалого перезволоження, близького залягання ґрунтових вод і періодичного затоплення заплави. Їх генезис тісно пов'язаний із акумуляцією органічної речовини рослинного походження за умов уповільненої мінералізації, що зумовлено дефіцитом кисню в ґрунтовому профілі.

Таким чином, просторова диференціація ґрунтів в урбоєкосистемі м. Хмельницького обумовлена особливостями рельєфу, рослинного покриву та гідрологічних умов і проявляється у поширенні опідзолених чорноземів і темно-сірих опідзолених ґрунтів на вододілах і платоподібних поверхнях, а також гідроморфних торфво-болотних ґрунтів у межах заплави Південного Бугу. Сукупність цих ґрунтових різновидів визначає природну родючість, екологічні функції та вразливість ґрунтового покриву міста, що має бути враховано при плануванні землекористування й охороні довкілля.

2.3 Антропогенна трансформація ґрунтів міста та чинники зміни їх кислотності

Структура землекористування міста Хмельницького (таблиця 2.2) обумовлює високий рівень антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив і формування специфічних урбоґрунтових умов.

Таблиця 2.2 – Розподіл земель за категоріями у м. Хмельницькому

Показники	Площа, га
Територія, усього	9305,00
житлова забудова, всього	2262,94
- багатоквартирна забудова	335,73
- садибна забудова	1927,21
землі промисловості, кар'єрів, технічної інфраструктури	810,78
землі транспорту та зв'язку	388,82
громадська забудова, всього	526,07
землі спеціального призначення	259,46
вулиці	171,81
кладовища	106,00
зелені насадження, всього	315,00
- загального користування	315,00
- обмеженого користування	-
сільськогосподарські землі, всього	3403,30
- садові ділянки	1500,30
акваторії	417,92
об'єкти природно-заповідного фонду	191,76

Майже половина території міста (49 %, або 4525,88 га) зайнята житловою забудовою та об'єктами інженерно-транспортної й виробничої інфраструктури, частка сільськогосподарських земель становить близько 37 %. Така структура є типовою для великих урбанізованих центрів і зумовлює суттєву трансформацію природних ґрунту, зміну його морфологічних, фізико-хімічних і біогеохімічних властивостей, зокрема реакції ґрунтового розчину.

Антропогенна трансформація ґрунтів міста проявляється насамперед у механічному порушенні профілю, перемішуванні генетичних горизонтів, частковому або повному знятті гумусового шару, формуванні насипних і техногенних ґрунтових товщ. У межах житлової забудови, яка охоплює понад 2260 га, особливо в зонах багатоквартирної забудови та щільної садибної забудови, ґрунти зазнають ущільнення, екранування штучними покриттями, зміни водно-повітряного режиму та інтенсивного техногенного забруднення.

Сучасне міське ґрунтознавство розглядає такі ґрунти як техноземи або урбоземи, що істотно відрізняються від природних аналогів за кислотно-лужним станом і буферними властивостями [46].

Вагомий вплив на рН ґрунтів мають землі промисловості і технічної інфраструктури, які у Хмельницькому займають понад 810 га, а також землі транспорту та зв'язку площею близько 389 га. У цих функціональних зонах ґрунтовий покрив часто повністю переформатований, містить значну кількість будівельних відходів, золи, шлаків, уламків бетону та цегли. Наявність карбонатних матеріалів у складі техногенних домішок зумовлює локальне підвищення рН і формування нейтральної або слабколужної реакції ґрунтового розчину, що характерно для багатьох урбанізованих територій Європи [47]. Водночас у зонах інтенсивного транспортного руху кислотність ґрунтів може зростати внаслідок атмосферних випадінь продуктів згоряння палива, накопичення сірковмісних і азотовмісних сполук та важких металів, які посилюють процеси підкислення ґрунтового середовища.

Сільськогосподарські землі, що займають значну частку території міста (3403,30 га), включаючи садові ділянки, характеризуються іншим спектром антропогенних впливів на кислотність ґрунтів. Тут визначальними чинниками виступають агротехнічні прийоми, система удобрення та обробітку ґрунту. Тривале застосування мінеральних добрив, особливо амонійних форм азоту, сприяє поступовому підкисленню ґрунтів унаслідок нітрифікації та вимивання основ, що є добре задокументованим процесом у ґрунтах лісостепової зони [48]. За відсутності систематичного вапнування це призводить до зниження буферної ємності ґрунтів і погіршення агроекологічного стану.

Зелені насадження загального користування, які займають близько 315 га, а також об'єкти природно-заповідного фонду площею майже 192 га, відіграють особливу роль у стабілізації ґрунтових властивостей міста. У межах цих територій ґрунти, як правило, зберігають більш наближений до природного профіль, вищий уміст органічної речовини та кращі буферні властивості. Реакція ґрунтового розчину тут часто є слабнокислою або близькою до нейтральної, що відповідає фоновим умовам чорноземів і темно-сірих опідзолених ґрунтів регіону. Водночас навіть у зелених зонах фіксується вплив рекреаційного навантаження, ущільнення та локального забруднення, що може спричинити мікромозаїчні зміни рН [49, 50].

Акваторії та заплавні території, які охоплюють понад 417 га, формують специфічні гідроморфні умови ґрунтоутворення. Тут поширені торфово-болотні та глеюваті ґрунти, кислотність яких значною мірою визначається рівнем ґрунтових вод, редокс-умовами та накопиченням органічної речовини. Антропогенна зарегульованість водотоків, меліорація й забудова заплави призводять до зміни водного режиму, що може спричинити як підкислення внаслідок окиснення органічної речовини після осушення, так і локальне залуження при надходженні техногенних матеріалів .

Узагальнюючи, можна стверджувати, що антропогенна трансформація ґрунтів міста Хмельницького має багатофакторний характер і тісно пов'язана з функціональною структурою землекористування. Зміни кислотності ґрунтів зумовлені поєднанням механічного порушення профілю, надходження техногенних матеріалів, атмосферного забруднення, агрохімічного навантаження та трансформації водного режиму. Реакція ґрунтового розчину в умовах міста набуває мозаїчного характеру – від підкислених ґрунтів у зонах інтенсивного транспорту й агровикористання до нейтральних і слабколужних у районах із високою часткою будівельних матеріалів. З позицій сучасного ґрунтознавства рН у міських ґрунтах виступає чутливим інтегральним індикатором антропогенного впливу та важливим критерієм оцінювання екологічного стану і сталості розвитку урбанізованих територій.

3 ОЦІНЮВАННЯ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ПРОСТОРОВОЇ МІНЛИВОСТІ рН ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

3.1 Програма та методи польових і лабораторних досліджень показника рН

Програма досліджень була структурована за трьома послідовними етапами, що забезпечували логічну узгодженість і методичну цілісність виконаних робіт:

- підготовчий етап охоплював визначення схеми досліджень, вибір репрезентативних ділянок відбору проб, підготовку необхідних матеріалів і приладів, а також уточнення методичних підходів до оцінювання показників кислотності ґрунту;

- польовий етап передбачав безпосередній відбір ґрунтових проб у межах міської території з урахуванням функціонального зонування та різного ступеня антропогенного навантаження. Відбір здійснювали на ділянках, що відрізняються характером господарського використання та інтенсивністю техногенного впливу, що дозволяло зафіксувати просторову мінливість показників кислотності ґрунту;

- лабораторний етап включав підготовку відібраних проб до аналізу та визначення показника кислотності ґрунту шляхом вимірювання рН сольової витяжки.

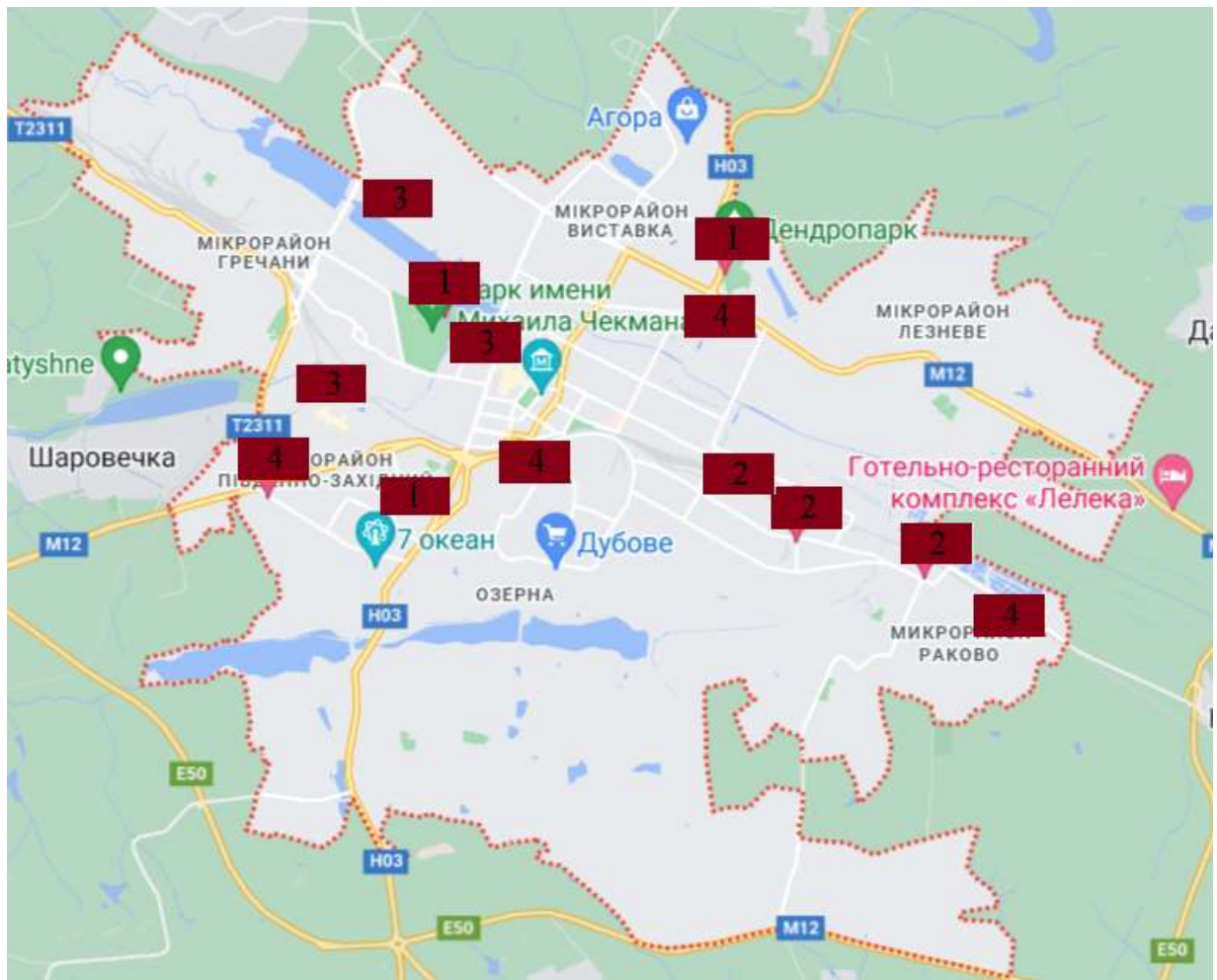
Схема дослідження ґрунтувалася на диференційованому підборі функціональних територій міста з метою оцінювання рН ґрунту в умовах різного антропогенного навантаження.

Для проведення досліджень були обрані зони, що відрізняються як за інтенсивністю, так і за характером впливу на ґрунтовий покрив, зокрема:

- зелені насадження;
- промислові зони;
- прибережні зони водних об'єктів;

– території автодоріг і магістралей.

Такий підхід забезпечував можливість порівняльного аналізу рН ґрунтів у межах основних елементів міського середовища. У кожній із зазначених зон відбір проб здійснювали у трьох просторово рознесених точках, що підвищувало репрезентативність вибірки та дозволяло врахувати внутрішньозональну варіабельність показника (рисунок 3.1).



1 – зелені насадження; 2 – промислова зона;

3 – прибережні зони водних об'єктів; 4 - території автодоріг і магістралей

Рисунок 3.1 – Точки відбору проб ґрунту в різних зонах міста

Визначення рН ґрунту здійснювали потенціометричним методом, який ґрунтується на вимірюванні електрорушійної сили, що виникає при зануренні у сольову витяжку електрода порівняння з відомим потенціалом та індикаторного електрода, потенціал якого змінюється залежно від концентрації іонів водню у розчині.

Після підготовки проб для аналізу на технічних терезах зважували 20 г повітряно-сухого ґрунту, попередньо просіяного через сито з діаметром отворів 1 мм, після чого зразок поміщали у хімічний стакан об'ємом 100 мл.

До ґрунту додавали 50 мл 1 н розчину хлористого калію з рН 5,6, суміш ретельно перемішували протягом від 1 хв. до 2 хв. і залишали для відстоювання від 18 годин до 24 години. Після цього розчин зливали та проводили визначення значення рН.

Вимірювання рН ґрунту виконували з використанням цифрового приладу «Іономір І-130» у стандартизованій послідовності. Перед початком аналізу електроди промивали дистильованою водою та обережно обсушували фільтрувальним папером. Далі електроди занурювали у стаканчик із ґрунтовою суспензією і через 2 хвилини фіксували показник цифрового індикатора за умови його стабільності протягом 30 секунд. Для підвищення достовірності результатів кожне вимірювання проводили тричі, після чого обчислювали середнє арифметичне значення показника рН.

3.2 Просторова мінливість рН ґрунтового покриву урбоєкосистеми

Результати дослідження рН ґрунтового покриву урбоєкосистеми м. Хмельницького наведені в таблиці 3.1.

Просторовий аналіз показника рН ґрунтів у межах м. Хмельницького засвідчив наявність чітко вираженої диференціації кислотно-лужного режиму, зумовленої функціональним зонуванням міської території та неоднаковою

інтенсивністю антропогенного навантаження. Це дало можливість визначити основні просторові закономірності зміни цього показника в межах урбанізованого середовища.

Таблиця 3.1 – Значення рН у ґрунтовому покриві м. Хмельницького

Функціональна зона	Локація	Значення рН	Характеристика реакції середовища
1	2	3	4
Території зелених насаджень	Парк ім. Михайла Чекмана (точка 1)	5,75	слабокисла реакція
	Парк ім. Михайла Чекмана (точка 2)	7,00	нейтральна реакція
	Дендропарк «Поділля» (точка 1)	3,83	кисла реакція
	Дендропарк «Поділля» (точка 2)	3,84	кисла реакція
	Дендропарк «Поділля» (точка 3)	4,02	кисла реакція
	Ботанічний сад ХНУ (точка 1)	7,01	нейтральна реакція
	Ботанічний сад ХНУ (точка 2)	7,00	нейтральна реакція
Промислові зони	Завод «Адвіс»	7,53	слабколужна реакція
	Завод «Термопластавтомат»	7,78	лужна реакція

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4
	ТОВ «Сіріус Екструджен»	6,23	близька до нейтральної реакція
Прибережні зони поверхневих водних об'єктів	Заплава р. Плоска	7,56	слабколужна реакція
	Міське водосховище	7,58	слабколужна реакція
	Заплава р. Південний Буг	7,50	нейтрально-лужна реакція
Території автодоріг і магістралей	Головна магістраль західної частини міста	7,60	слабколужна реакція
	Магістраль центральної частини міста	7,85	лужна реакція
	Головна магістраль східної частини міста	7,92	лужна реакція
	Головна магістраль північної частини міста	7,90	лужна реакція

Отримані результати визначення рН ґрунтів у межах м. Хмельницького засвідчують виразну просторову мінливість кислотно-лужного балансу, що залежить насамперед від функціонального зонування міської території та характеру антропогенного навантаження. Загальний діапазон значень становить від 3,83 од. до 7,92 од., тобто амплітуда коливань сягає 4,09 од., що для урбанізованого середовища є показником високої контрастності ґрунтового покриву й підтверджує мозаїчність міських ґрунтів як продукту одночасної дії

природних чинників і техногенно змінених потоків речовини. У середньому ґрунтовий покрив міста Хмельницького має рН, що дорівнює 6,70 од., однак така усереднена оцінка є радше узагальнюючою характеристикою, оскільки реальний просторовий розподіл включає як кислі значення (переважно в частині зелених територій, що наближені до природних лісів), так і стійко нейтрально-лужні значення (прибережні, промислові та транспортні локації). Важливо, що показник визначали для сольової витяжки, тобто в логіці оцінювання обмінної кислотності; у ґрунтознавчій практиці це вважається більш чутливим підходом до фіксації потенційної кислотності й стану ґрунтового вбирного комплексу, ніж вимірювання у водній витяжці, а отже отримані значення коректно відображають саме кислотно-лужний баланс верхнього горизонту за умов іонного обміну [51, 52].

Найвищу внутрішню неоднорідність демонструють території зелених насаджень, де зафіксовано значення рН від 3,83 од. до 7,01 од. при середньому 5,49 од. Така варіабельність свідчить, що «зелена зона» у межах міста не є хімічно однорідною і може включати як ділянки з домінуванням кислотогенних процесів, так і ділянки з нейтральним фоном, що формується за участю урбанізаційних домішок або специфіки догляду/використання території. Кислі ґрунти характерні для певних точок дендропарку «Поділля», де переважає природна рослинність, тому кислотність наближається до природних значень. Натомість у парку ім. Михайла Чекмана зафіксовано два різних стани: слабокислий (5,75) і нейтральний (7,00), що вказує на локальну диференціацію умов навіть в межах одного рекреаційного об'єкта. У сукупності ці дані дозволяють виділити в межах «зелених насаджень» принаймні два контрастні підтипи: стійко кислі ґрунти (дендропарк) та нейтральні/слабокислі ґрунти (парк і ботсад), причому відмінності є настільки значними, що виходять за межі звичайної мікроваріабельності й відображають різні механізми формування кислотно-лужного режиму.

Таке поєднання кислих і нейтральних значень у зелених територіях узгоджується з висновками міжнародних досліджень міських зелених просторів, де підкреслюється, що ґрунти великих парків і міських лісів часто зберігають кислу реакцію ґрунтового покриву, тоді як зелені насадження, інтегровані в інфраструктурне середовище, можуть «зміщуватися» до нейтральних чи лужних значень. Показовим є приклад Каунаса (Литва): для міських парків фіксується більш кислий стан ґрунтів, тоді як для вуличних зелених насаджень – більш лужний, що інтерпретується через різницю в антропогенному тиску, надходженні пилу та солей і специфіку умов зволоження/ущільнення [53].

З позицій ґрунтової хімії й біогеохімії, стійка кислотність дендропарку може підтримуватися поєднанням інтенсивнішого впливу органічної підстилки та процесів гуміфікації, вимивання основних катіонів, а також впливом атмосферних опадів; оглядові праці з проблематики закислення ґрунтів підкреслюють роль довготривалого кислотного навантаження і пов'язаних із ним змін буферних властивостей, що проявляється саме в зниженні рН і перерозподілі обмінних катіонів. Водночас нейтральні значення ботанічного саду й частини парку ім. М. Чекмана добре узгоджуються з концепцією «антропогенного підлужнення» міських ґрунтів, коли до ґрунтової товщі потрапляють карбонатні й лужні компоненти з урбанізаційним пилом, частками будівельних матеріалів і техногенно зміненими субстратами. У сучасних роботах, присвячених генезису та геохімії ґрунтів урбанізованих ландшафтів, прямо вказується, що залуження є поширеним явищем через надходження фрагментів бетону, асфальту та будівельного сміття, які підвищують рН і змінюють буферність верхнього горизонту.

Промислові зони демонструють переважно нейтрально-лужний профіль рН, де рН коливається в межах від 6,23 од. до 7,78 од. а середнє значення складає 7,18 од., але із суттєвою внутрішньою неоднорідністю між об'єктами. ТОВ «Сіріус Екструджен» має значення 6,23 (близька до нейтральної реакція),

тоді як завод «Адвіс» і завод «Термопластавтомат» характеризуються слабколужною та лужною реакцією (7,53 і 7,78). Така різниця в межах однієї функціональної категорії відповідає загально визнаному положенню про мозаїчність промислових урбоґрунтів, де локальні умови формування властивостей визначаються не лише «фактом промисловості», а й складом техногенного субстрату, режимом надходження мінерального пилу, характером поверхневого стоку, ступенем порушення профілю та, часто, історією рекультиваційних або планувальних робіт. Узагальнення щодо антропогенних міських ґрунтів підкреслюють, що вони можуть включати домішки переміщених ґрунтових мас і техногенних матеріалів, а це закономірно відбивається на рН, карбонатності та солевому режимі. У цьому контексті значення 6,23 доцільно розглядати як індикатор того, що не всі промислові ділянки формують лужний фон; частина з них зберігає близькі до нейтральних характеристики, якщо приплив лужних домішок є обмеженим або якщо ґрунтовий матеріал має інші буферні властивості.

Прибережні зони поверхневих водних об'єктів у м. Хмельницькому характеризуються найбільш вирівняною картиною: значення рН від 7,50 од. до 7,58 од. при середньому 7,55 од. і дуже низькому розсіюванні між точками. Така стабільність дозволяє трактувати прибережні ґрунти як відносно однорідний просторовий блок, де кислотно-лужний режим визначається, передусім, природними умовами заплав і алювіального ґрунтоутворення та підтримується високою буферністю середовища. У концептуальних моделях функціонування заплавних ландшафтів підкреслюється, що регулярний вплив водного режиму, надходження тонкодисперсного алювію та специфіка карбонатного/іонного складу відкладів часто сприяють формуванню нейтральних або слабколужних значень рН. Узгодженість результатів із таким підходом полягає в тому, що всі три прибережні точки демонструють, не лише підвищені щодо «кислих» зелених ділянок значення, але й майже ідентичний рівень рН, що свідчить про

домінування спільних для заплавного середовища факторів формування реакції ґрунтового розчину.

Найпоєлїдовнїший зсув рН у лужний бїк зафіксований у межах територїї автодорїг і магістралей: 7,60 од.; 7,85 од.; 7,92 од.; 7,90 од. (середнє 7,82 од.). На вїдмїну вїд промислових зон, транспортнї територїї демонструють не стїльки мозаїчнїсть, скїльки стїткий лужний фон із порївняно невеликим розсїюванням мїж локацїями. Така закономірнїсть є добре описаною в мїжнароднїй лїтературї й зазвичай пов'язується з впливом протиожеледних матерїалїв (передусїм хлоридїв натрїю та кальцїю/магнїю), а також із накопиченням дорожнього пилу й продуктїв зносу покриття, що змїнюють їонний склад ґрунтового розчину та пїдвищують рН у придорожнїх горизонтах. Довготривалий вплив дорожнїх солей на ґрунти придорожнїх смуг пов'язують із пїдвищенням солоностї, змїнами в катїонному складї та змїщенням кислотно-лужної рївноваги, а емпїрично у багатьох випадках фіксують зростання рН у напрямку до дороги [54]. Таким чином, для Хмельницького транспортний блок результатїв логїчно вписується в загальний науковий контекст: магістралї виступають зонами систематичного пїдлужнення ґрунтового середовища, що може розглядатися як один із найстїткїших урбанїзацїйних сигналїв у ґрунтовому покривї мїста.

Порївняльний аналіз мїж функцїональними зонами дозволяє додатково окреслити структуру просторової мїнливостї рН. Якщо прибережнї ґрунти формують «стабїльне плато» слабколужних значень із мїнїмальною варїабельнїстю, а транспортнї – «стїткий лужний пояс» мїської їнфраструктури, то зеленї насадження, навпаки, є найбільш контрастним компонентом мїського ґрунтового покриву, де спївїснують рїзко кислї та нейтральнї умови. Такий розподїл є концептуально важливим, оскїльки саме зеленї територїї часто сприймаються як «екологїчно однорїднї», тодї як результати показують їхню високу внутрїшню диференцїацїю. Зїставлення із зовнїшнїми прикладами пїдтверджує, що подїбна диференцїацїя не є унїкальною: у низцї мїст рїзнї типи

зелених просторів демонструють різні кислотно-лужні стани, а підвищення урбанізаційного тиску, як правило, асоціюється зі зростанням рН і карбонатності [53].

Вітчизняні публікації, що аналізують стан міських ґрунтів, також фіксують тенденцію до переважання нейтрально-лужних значень у багатьох урбанізованих територіях і наголошують на екологічних наслідках інтенсивного залуження, зокрема через зміну рухомості елементів і трансформацію ґрунтових режимів у межах міста. Зокрема, для ґрунтів м. Умань зазначається переважно лужна реакція із середнім рівнем близько 7,24 од., що концептуально узгоджується з отриманими даними для транспортних і частини промислових та прибережних територій Хмельницького [51]. Водночас наявність у Хмельницькому стабільно кислих значень у дендропарку підкреслює, що на тлі загального урбанізаційного «зсуву» до нейтрально-лужних умов можуть зберігатися (або формуватися) локальні осередки природних або наближених до природних ґрунтів.

Для інтерпретації результатів доцільно застосовувати загальноприйняті межі класифікації реакції середовища за рН, які дозволяють уніфікувати висновки між дослідженнями та коректно зіставляти території. За поширеною градацією значення до 4,5 од. характеризують сильнокислі/кислі умови, від 5,0 од. до 5,5 од. – слабокислі; від 5,5 од. до 7,0 од. – близькі до нейтральних і нейтральні; від 7,0 од. до 7,5 од. – слабколужні; від 7,5 од. до 8,5 од. – середньолужні. У цій рамці дендропарк «Поділля» впевнено належить до кислого спектра, парк ім. М. Чекмана демонструє перехід від слабокислого до нейтрального, ботанічний сад – нейтральний, промислові зони варіюють від близьких до нейтральних до лужних, прибережні – слабколужні/нейтрально-лужні, а магістралі – переважно лужні. Отже, просторовий «каркас» рН міста може бути описаний як поєднання нейтрально-лужного фону (інфраструктурні та заплавні елементи) і локальних кислих осередків, пов'язаних із окремими типами зелених територій.

Узагальнюючи, нові дані не лише підтверджують раніше виявлену закономірність функціональної зумовленості рН у міських ґрунтах, а й уточнюють її за рахунок більшої деталізації «зеленого блоку». У системі міських ландшафтів це означає, що саме зелені зони можуть бути як «резервуарами» природно-біогенних механізмів, що підтримують кислотність, так і територіями, де урбанізаційні домішки та умови експлуатації забезпечують нейтральний фон. Промислові території демонструють закономірну мозаїчність і відсутність однозначної «промислової реакції», прибережні – найвищу стабільність слабколужних значень, а транспортні коридори – систематичне підлужнення, узгоджене з міжнародними даними про вплив протижеледних матеріалів і дорожнього пилу. У цілому результати свідчать про те, що показник рН у Хмельницькому є інформативним інтегральним маркером просторової диференціації урбоґрунтів і відображає сумарний ефект природних умов, типу функціонального використання та інтенсивності техногенного навантаження, що відповідає сучасним уявленням про генезис і геохімічну специфіку ґрунтів урбанізованих ландшафтів [55].

3.3 Практичне значення отриманих результатів для міського планування, благоустрою та екологічної безпеки

Практичне значення отриманих результатів визначення рН ґрунтів у місті Хмельницькому полягає в тому, що вони створюють науково обґрунтовану основу для інтеграції ґрунтово-екологічних параметрів у рішення міського планування, благоустрою та управління екологічною безпекою.

З позицій міського планування, картування та інтерпретація рН у різних функціональних зонах дає можливість перейти від універсальних рішень до просторово адресного управління ґрунтовим середовищем. Для Хмельницького результати демонструють поєднання контрастних умов, де в частині зелених

територій фіксуються кислі значення, тоді як транспортні коридори та значна частина інфраструктурних зон характеризуються лужними значеннями. Такий «двополярний» профіль важливий для просторового планування зеленого каркасу міста.

У сфері благоустрою та озеленення практична цінність результатів полягає у можливості коректного добору асортименту рослин і технологій догляду залежно від локального кислотно-лужного режиму. Наукові статті з урбаністичної екології й ґрунтових екосистемних послуг підкреслюють, що ефективність зелених інфраструктурних рішень залежить не лише від площі зелених зон, а й від здатності ґрунтів підтримувати рослинність і виконувати регуляторні функції, зокрема водорегулювання, фільтрацію та зниження забруднення [56]. Кислі ґрунти можуть обмежувати засвоєння окремих елементів живлення та змінювати доступність потенційно токсичних елементів, тому для територій зі стійко кислою реакцією практично значущими стають рішення щодо корекції ґрунтових умов або підбору видів, толерантних до підвищеної кислотності. Натомість для нейтрально-лужних ґрунтів інфраструктурних зон можуть виникати інші обмеження: зниження доступності деяких мікроелементів для рослин, підвищення карбонатності та специфічні проблеми із засоленням у придорожніх смугах, що впливає на стійкість зелених насаджень. У цьому сенсі результати рН мають прикладне значення як показник, який слід враховувати в технічних завданнях на проєктування озеленення, відновлення газонів, створення дендрокомпозицій, реконструкцію парків та скверів.

Окремий практичний блок пов'язаний із питаннями протиожеледного утримання доріг та управління придорожніми ґрунтами. Наукові публікації, присвячені довготривалому впливу дорожніх солей, переконливо демонструють, що застосування NaCl та інших реагентів змінює іонний склад ґрунтового розчину, негативно впливає на придорожні ґрунти й рослинність, а екологічні ефекти можуть посилюватися за певних умов, зокрема у поєднанні з високим рН

або посушливими періодами [54]. Для міського управління це означає, що ділянки з лужними значеннями рН уздовж магістралей потребують пріоритетної уваги як зони підвищеного ризику деградації зелених насаджень через засолення та зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту. Практичні рішення можуть включати оптимізацію норм і складу реагентів, застосування більш щадних технологій зимового утримання, створення буферних смуг і дренажних елементів, а також контроль за станом ґрунту в межах санітарно-захисних зон доріг.

Для екологічної безпеки найбільш прикладним є використання рН як ключового чинника прогнозу мобільності важких металів і, відповідно, ризиків міграції забруднювачів у ґрунтово-рослинній системі. Закислення ґрунтів може істотно підвищувати рухомість низки металів, зокрема Cd, Zn, Pb, і тим самим збільшувати екологічні ризики навіть без зміни їхнього загального вмісту. Це має пряме управлінське значення для міста: осередки кислих ґрунтів слід розглядати як зони, де потенційно можуть бути вищими ризики мобілізації металів за наявності джерел надходження забруднювачів (атмосферні випадіння, історичні забруднення, локальні техногенні домішки). Водночас лужні умови у транспортних та частині промислових зон можуть сприяти фіксації деяких металів у менш рухомих формах, але це не усуває ризиків, оскільки лужний режим може супроводжуватися накопиченням солей, карбонатів і техногенних частинок, а також специфічними шляхами переносу забруднювачів пилом. Практично це означає, що результати рН доцільно використовувати для пріоритизації точок детальнішого хімічного контролю (метали, солі, вміст карбонатів, органічної речовини) та для вибору коректних методів оцінювання ризиків, оскільки рН-залежність може впливати на інтерпретацію токсикологічних показників [57].

У контексті містобудівної політики та управління земельними ресурсами важливим є застосування результатів рН для планування повторного використання ділянок, включно з «проблемними» територіями та ділянками

змішаного використання. Міжнародні практичні настанови щодо оцінювання міських ґрунтів для зелених інфраструктурних рішень та міського землеробства наголошують, що при перепрофілюванні міських ділянок необхідно враховувати як фізичні властивості ґрунту (дренаж, ущільнення), так і потенційні контамінації, а також базові хімічні характеристики, серед яких рН є базовою.

Таким чином, результати визначення просторової мінливості рН ґрунтів у м. Хмельницькому можуть бути безпосередньо використані як інструмент прикладного управління територією. Для міського планування вони забезпечують науково верифіковану основу зонування ґрунтових умов і підтримують прийняття рішень щодо функціонального розвитку зеленого каркасу, розміщення рекреаційних об'єктів і планування трансформації міських ділянок. Для благоустрою вони мають значення як критерій добору рослинності, вибору технологій догляду та визначення потреби в корекції ґрунтових властивостей. Для екологічної безпеки рН є ключовим параметром, що дозволяє оцінювати потенційну мобільність забруднювачів, пріоритизувати ділянки для поглибленого контролю та обґрунтовувати заходи зі зменшення антропогенних впливів, насамперед у придорожніх смугах і промислових секторах. У цілому, впровадження ґрунтових показників, зокрема рН, у практику міського управління відповідає сучасним підходам, які розглядають ґрунти як ключовий компонент міської інфраструктури та носій екосистемних послуг, необхідних для стійкості урбоекосистем і якості життя населення [58].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було визначено, що ґрунти урбанізованої території є складними природно-антропогенними утвореннями, в яких поєднуються риси природних ґрунтовірних процесів і наслідки тривалого та різноспрямованого господарського освоєння території, що формує високу просторову та функціональну неоднорідність їх властивостей

Розгляд ґрунтового покриву в контексті урбоекосистеми засвідчив, що міські ґрунти не можуть бути інтерпретовані виключно в межах класичних уявлень про ґрунт як природне тіло. Вони водночас виконують інженерно-геологічні, екологічні та соціально значущі функції.

Аналіз природно-географічних умов м. Хмельницького показав, що сучасний стан ґрунтового покриву сформувався на основі поєднання кліматичних особливостей лісостепової зони, геологічної будови Волино-Подільської височини, рельєфу долини Південного Бугу та його приток, а також широкого поширення лесових і лесоподібних відкладів, які слугували материнською породою для ґрунтоутворення. Водночас встановлено, що понад половина площі міста зазнала істотної антропогенної перебудови літогенної основи у вигляді насипних і наливних відкладів, що суттєво модифікувало природні ґрунтові умови. Такі трансформації, разом із ущільненням ґрунтів, герметизацією поверхні, змінами гідрологічного режиму та мікроклімату, стали важливими чинниками формування сучасних фізико-хімічних властивостей ґрунтів, зокрема їх кислотно-лужного стану.

Реакція ґрунтового розчину в межах урбоекосистеми розглядається як універсальний екологічний індикатор, що відображає баланс між природними умовами та антропогенними впливами. Узагальнення теоретичних положень показало, що рН ґрунту визначає напрям і інтенсивність більшості ґрунтово-

хімічних і біогеохімічних процесів, впливає на доступність поживних елементів, рухомість потенційно токсичних сполук, активність ґрунтової біоти та стійкість екосистем. У міських умовах цей показник набуває особливої індикаторної цінності, оскільки чутливо реагує на надходження техногенних матеріалів, зміну водного режиму, атмосферні випадіння та інші форми антропогенного навантаження.

Під час виконання роботи були проведені польові та лабораторні дослідження з використанням потенціометричного методу визначення рН сольової витяжки. Результати визначень забезпечили зіставність результатів і дозволили виявити закономірності просторової мінливості кислотно-лужного режиму ґрунтів у межах міста Хмельницького. Отримані дані засвідчили, що реакція ґрунтового середовища у Хмельницькому змінюється в широкому діапазоні – від кислих значень у межах окремих зелених територій до нейтральних і лужних у промислових, прибережних і транспортних зонах. Така амплітуда коливань свідчить про високу чутливість ґрунтового покриву до функціонального використання території та інтенсивності техногенного впливу.

Встановлено, що території зелених насаджень є найбільш контрастним компонентом міського ґрунтового покриву. У їх межах зафіксовано як слабокислі й різко кислі значення рН, так і нейтральні умови, що вказує на внутрішню неоднорідність цих територій і різні умови формування ґрунтів. Такий результат є принципово важливим, оскільки демонструє, що зелені зони не є екологічно однорідними і потребують диференційованого підходу при оцінюванні їх стану та плануванні заходів з благоустрою.

Ґрунти промислових зон характеризуються переважно нейтральною або лужною реакцією, що відображає вплив техногенних матеріалів, будівельного пилу та специфіки господарської діяльності. При цьому виявлена внутрішньозональна варіабельність рН свідчить про мозаїчність техногенного

впливу та різну інтенсивність антропогенного навантаження в межах окремих промислових майданчиків.

Прибережні території поверхневих водних об'єктів формують відносно стабільний фон слабколужних значень рН з мінімальною варіабельністю, що зумовлено алювіальним походженням ґрунтів, особливостями гідрологічного режиму та високою буферною здатністю ґрунтового середовища. Ці ділянки виступають своєрідними зонами стабілізації кислотно-лужного режиму в межах урбоекосистеми.

Найбільш стійке зміщення реакції ґрунтового розчину в лужний бік зафіксовано на територіях автодоріг і магістралей. Отримані значення рН підтверджують, що транспортні коридори формують «лужний пояс» міської інфраструктури, пов'язаний із накопиченням техногенного пилу, продуктів зносу дорожнього покриття та тривалим впливом дорожніх реагентів. Цей результат узгоджується з загальними уявленнями про роль транспортного навантаження як одного з найстійкіших чинників трансформації ґрунтових властивостей у містах

Порівняльний аналіз між функціональними зонами показав, що просторову структуру мінливості рН у Хмельницькому можна охарактеризувати як поєднання стабільних зон зі слабкою варіабельністю та контрастних осередків із різко відмінними значеннями. Така структура відображає сумарний ефект природних умов, історії землекористування та сучасних антропогенних навантажень і підтверджує доцільність використання показника рН як інтегрального маркера просторової диференціації міських ґрунтів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Burghardt W. Development of the soil research about urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMA) / W. Burghardt, J.L. Morel, G.L. Zhang // Soil Science and Plant Nutrition. – 2015. – Vol. 61. – P. 3–21. – URL: https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/00380768.2015.1046136?src=getft&utm_source=wiley&getft_integrator=wiley (дата звернення: 20.10.2025 р.).
2. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS). – Vienna, 2022. – 236 p. – URL: https://files.isric.org/public/documents/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 20.10.2025 р.).
3. Вплив російської воєнної агресії на природні ресурси України: аналіз ситуації, методологія оцінювання / Н.А. Макаренко, В.П. Строкаль, Є.М. Бережняк [та ін.] // Наукові доповіді НУБіП України. – 2022. – № 4 (98). – URL: https://www.researchgate.net/publication/390799326_VPLIV_ROSIJSKOI_VOENNOI_AGRESII_NA_PRIRODNI_RESURSI_UKRAINI_ANALIZ_SITUACII_METODOLOGIA_OCINUVANNA (дата звернення: 20.10.2025 р.).
4. Anastasiya Khokhryakova. Classification and characteristic of soils in urban areas (on the example of Odessa city) / Anastasiya Khokhryakova // EUREKA: Life Sciences: Agricultural and biological sciences. – 2020. – № 5. – P. 3–15. – URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3852958 (дата звернення: 21.10.2025 р.).
5. Assessing soil ecosystem services in urban and peri-urban areas: From urban soils survey to providing support tool for urban planning / C. Calzolari a, P. Tarocco b, N. Lombardo [at al.] // Land Use Policy. – 2020. – Vol. 99. – URL:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719323063?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 21.10.2025 р.).

6. The ecosystem services of urban soils: A review / Roisin O'Riordan, Jess Davies, Carly Stevens [at al.] // *Geoderma*. – 2021. – № 395 (3). – URL: https://www.researchgate.net/publication/350214152_The_ecosystem_services_of_urban_soils_A_review (дата звернення: 22.10.2025 р.).

7. Yaroslav Borys. Properties of ekranosems of the city of Lviv / Yaroslav Borys, Oleksiy Teleguz // *Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian carpathians and adjacent areas*. – 2023. – № 15(15). – P. 104–116.

8. Jeffrey L. Howard. Urban anthropogenic soils: A review / Jeffrey L. Howard. // *Advances in Agronomy*. – 2021. – Volume 165. – P. 1–57.

9. Вовк О.Б. Функціональна диференціація ґрунтового покриву урбанізованих екосистем / О.Б. Вовк // *Науковий вісник НЛТУ України : Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їхнього регулювання*. — 2011. – Вип. 21.16. – С. 74–78.

10. Криштоп Є.А. Міські ґрунти як невід’ємний елемент урбанізованих і техногенно забруднених територій / Є.А. Криштоп, В.В. Волощенко // *Вісник ХНАУ*. – 2013. – № 2. – С. 200–206. – URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/b3220ea3-b9ff-4916-97bb-b409dda6c248/content> (дата звернення: 23.10.2025 р.).

11. Цицюра Я.Г. Ґрунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрями ефективного використання : монографія / Я.Г. Цицюра, Л.Ф. Броннікова, Л.В. Пелех. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. – 452 с.

12. Soil Organic Matter Composition in Urban Soils: A Study of Wrocław Agglomeration, SW Poland / Jakub Bekier, Elżbieta Jamroz, Karolina Walenczak-Bekier, Martyna Uściła // *Sustainability*. – 2023. – № 15(3). – URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2277> (дата звернення: 24.10.2025 р.).

13. Позняк С.П. Антропогенні ґрунти / С.П. Позняк, Телегуз О. Г. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. – 200 с.
14. Хохрякова А.І. Ґрунти міст: особливості генезису, класифікації та діагностики / А.І. Хохрякова // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2016. – Том 21 № 1(28). – С. 110–125.
15. Оцінка стану міських ґрунтів як засіб збереження екологічної стабільності урбоекосистеми / О.В. Василенко, О.А. Балабак, А.В. Балабак [та ін.] // Екологічні науки. – 2023. – № 1(46). – С. 139–143.
16. Іващенко Т.Г. Визначення забруднюючих речовин ґрунту територій промислових підприємств та ідентифікація їх екологічної небезпеки / Т.Г. Іващенко, І.Д. Пушкарьова // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2014. – № 4. – С. 102–105.
17. Яворська А. Ініціальні органігенні ґрунти Українських Карпат [Текст] : монографія / А. Яворська, З. Паньків. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2023. – 124 с.
18. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів / Ольга Рибалова, Сергій Артем'єв, Олена Бригада [та ін.] // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – 2024. – Вип. 60. – С. 399–416.
19. Екологічний стан ґрунтів України / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М.М. Мірошниченко [та ін.] // Український географічний журнал. – 2012. – № 2. – С. 38–42.
20. Алексеєва Т.М. Дослідження забруднення ґрунтів нітратами на прикладі Кременчуцького району / Т.М. Алексеєва // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2016. – Випуск 3. – С. 94–99.
21. Екологічні аспекти стану урбаноземів / О.О. Мислюк, О.М. Хоменко, О.В. Єгорова, В.І. Пидоренко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2019. – № 2. – С.126–133.

22. Зміни екосистемних послуг ґрунту під впливом антропогенних факторів / Л.Д. Романчук, Ю.Р. Ціпан, В.В. Грицюк, М.А. Миронець // Таврійський науковий вісник. – 2022. – № 127. – С. 391–399.

23. Хохрякова А.І. Оцінка рівня хімічного забруднення ґрунтів паркових зон міста Одеси / А.І. Хохрякова, Е.В. Куліджанов // Науковий вісник Херсонського державного університету. – 2017. – Вип. 6. – С. 164–172.

24. Снітинський В.В. Вміст важких металів у ґрунтах насаджень різного функціонального значення зеленої зони м. Львова / В.В. Снітинський, О.В. Смаль // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. – 2016. – Вип. 60. – С. 131-138.

25. Urban soil formation, properties, classification, management and function / Bryant C. Scharenbroch, Tara L. Trammell, Anna Paltseva [та ін.] // Ecological and evolutionary Editorial. – 2022. – Vol. 10. – URL: <https://translate.google.com/?hl=ru&sl=en&tl=uk&text=Is%20this%20conversation%20helpful%20so%20far%3F&op=translate> (дата звернення: 28.10.2025 р.).

26. Luke M. Mosley. Soil pH: Techniques, challenges and insights from a global dataset / Luke M. Mosley, Pichu Rengasamy, Rob Fitzpatrick // European Journal of Soil Science (EJSS). – 2024. – URL: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ejss.70021> (дата звернення: 28.10.2025 р.).

27. Кирильчук А.А. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум : навч. посібник / А.А. Кирильчук, О.С. Бонішко. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 354 с.

28. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / за редакцією доктора с.-г. наук А.І. Фатєєва і кандидата с.-г. наук Я.В. Пащенко. – Харків : Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», 2003. – 72 с.

29. Лаврик О.Д. Ідентифікація стадій розвитку ландшафтно-технічних систем / О. Д. Лаврик // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – 2017. – Вип. 46. – С. 101–105.
30. Іутинська. Г.О. Грунтова мікробіологія: Навчальний посібник / Г.О. Іутинська. – Київ : Арістей, 2006. – 284 с.
31. Andrzej Greinert. The heterogeneity of urban soils in the light of their properties / Andrzej Greinert // Soils Sediments. – 2015. – Vol. 15. – P. 1725–1737. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-014-1054-6> (дата звернення: 30.10.2025 р.).
32. Joint research centre. Soil pH in Europe. – URL: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-ph-europe> (дата звернення: 30.10.2025 р.).
33. Сивий М. Мінерально-сировинний потенціал Хмельниччини: сучасний стан освоєння, перспективи: Монографія / М. Сивий, Б. Гавришок, П. Дем'янчук. – Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2023. – 332 с.
34. Колтун О.В. Антропогенна трансформація рельєфу м. Хмельницького : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : 11.00.04 «Геоморфологія і палеогеографія» / О.В. Колтун ; Львівський нац. ун-т ім І. Франка. – Львів, 2002. – 17 с.
35. Колтун О. Проблема антропогенного впливу на рельєф у працях українських вчених 20-40-х років ХХ століття / О. Колтун // Історія української географії. – 2002. – Вип.1(5) . – С. 53-56.
36. Інтерактивна топографічна карта України. – URL: <https://uk-ua.topographic-map.com/map-ls7gb3/%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0/> (дата звернення: 2.11.2025 р.).
37. «Коригування (внесення змін) генерального плану м. Хмельницький». – URL: <https://deparh.khm.gov.ua/wp->

content/uploads/2023/01/ilovepdf_merged_compressed.pdf (дата звернення: 2.11.2025 р.).

38. Денисик Г.І. Регіональне антропогенне ландшафтознавство [Електронний ресурс]: навчальний посібник / Г.І. Денисик, О.В.Тімець. – 170 с. – URL: https://library.vspu.edu.ua/repozitarij/repozit/texti/navchalni/Osnovi_antropog._landshavtoznavstva.pdf Osнови_antropog._landshavtoznavstva.pdf. (дата звернення: 8.11.2025 р.).

39. Екологічна мережа міста Хмельницького : монографія / Н.Г. Міронова, Л.С. Юглічек, Л.П. Казімірова [та ін.] ; за заг. Ред.. Л.П. Казімірової. – Хмельницький : ПП Заколотний М. І., 2019. – 270 с.

40. ClimateCharts.net. Офіційний сайт. – URL: <https://climatecharts.net/> (дата звернення: 8.11.2025 р.).

41. Водні ресурси Хмельницької області [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Регіонального офісу водних ресурсів у Хмельницькій області. – URL: – <https://rovrkhn.gov.ua/%d0%b2%d0%be%d0%b4%d0%bd%d1%96-%d1%80%d0%b5%d1%81%d1%83%d1%80%d1%81%d0%b8-%d0%be%d0%b1%d0%bb%d0%b0%d1%81%d1%82%d1%96/#> (дата звернення: 12.11.2025).

42. Еколого-гігієнічна оцінка стану р. Південний Буг у межах Хмельницької області за період 2013–2017 рр. / О.О. Єфремова, Н.Г. Міронова, О.П. Матеюк [та ін.] // Вісник Хмельницького національного університету. – 2018. – №5. – С. 261–266.

43. Регіональна доповідь. Стан навколишнього природного середовища Хмельницької області у 2024 році [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Хмельницької обласної державної адміністрації. – URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=1625 (дата звернення: 13.11.2025).

44. Регіональна схема формування екологічної мережі Хмельницької області. Пояснювальна записка / [за ред. О. О. Кагало]. – Львів–Хмельницький,

2016. – 71 с. – URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=9773 (дата звернення: 14.11.2025).

45. Urban soils as a spatial indicator of quality for urban socio-ecological systems / Santiago Bonilla-Bedoya, Magdalena López-Ulloa, Argenis Mora-Garcés [at al.] // *Journal of Environmental Management*. – 2021. – Vol. 300. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479721016182> (дата звернення: 14.11.2025).

46. Urghardt W. *Urban Soils* / W. Urghardt, J.L. Morel, G.L. Zhang – Berlin; Heidelberg : Springer, 2015. – 246 p.

47. Morel J.L. Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas / J.L. Morel, C. Chenu, K. Lorenz // *Journal of Soils and Sediments*. – 2015. – Vol. 15. – P. 1659–1666.

48. FAO. *Management of organic soils*. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.

49. Urban soil health: A city-wide survey of chemical and biological properties of urban agriculture soils / M.J. Salomon, S.J. Watts-Williams, M.J. McLaughlin, T.R. Cavagnaro // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – Vol. 275. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620329450> (дата звернення: 18.11.2025).

50. Марискевич О.Г. Вплив рекреаційного навантаження на ґрунти гірського туристичного маршруту (НПП “Сколівські Бескиди”, Українські Карпати) / О.Г. Марискевич, О.І. Леневич // *Наукові записки. ТНПУ Сер. Біол.* – 2014. – № 2 (59). – С. 44–49.

51. Надточій П.П. *Екологія ґрунту : монографія* / П.П. Надточій, Т.М. Мислива, Ф.В. Вольвач. – Житомир : Видавництво ПП «Рута», 2010. – 473 с.

52. Andreas Lehmann. Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils // *Journal of Soils and Sediments*. – 2007. – 7(4). – P. 247–260.

53. Impact of urban green spaces, native tree species and seasons on soil pH in Kaunas, Lithuania / Lina Straigyte, Tadas Vaidelys, Remigijus Žalkauskas, Michael Manton // *Baltic forestry*. – 2019. – Vol. 25(2) – P. 257–262.

54 Long-term impact of road salt (NaCl) on soil and urban trees in Edmonton, Canada / M.A. Equiza, M. Calvo-Polanco, D. Cirelli [at al.] // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2017. – Vol. 21. – P. 16–28.

55. Soil Acidification and Heavy Metals in Urban Parks as Affected by Reconstruction Intensity in a Humid Subtropical Environment / En-Qing HOU, Hui-Min XIANG, Jian-Li LI d, Da-Zhi WEN // *Pedosphere*. – 2017. – Vol. 25. – P. 82–92.

56. Soil Ecosystem Services in Urban Parks as a Basis for Better Urban Planning: The Case of Mexico City / Silke Cram, Blanca Prado, Victor Peña, Lilian Lucio // *J. Soil Sci.* – 2024. – Vol. 14. – URL: <https://doi.org/10.3389/sjss.2024.13398> (дата звернення: 21.11.2025).

57. pH-dependent overestimation of heavy metals mobility risk in soils: Implications for soil quality assessment / Yingdong Wu , Zixin Zeng , Rong Teng [at al.] // *Journal of Hazardous Materials*. – 2025. – Vol. 501. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389425037124> (дата звернення: 25.11.2025).

58. Jin-Ling Yang/ Formation, characteristics and eco-environmental implications of urban soils / Jin-Ling Yang? Gan-Lin Zhang // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 2015. – Vol. 61. – P. 30–46. – URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00380768.2015.1035622?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 27.11.2025).

59. Cannon W.F. Soil geochemical signature of urbanization and industrialization – Chicago, Illinois, USA / W.F. Cannon, John D. Horton // *Applied Geochemistry*. – 2009. – Vol. 24, Issue 8. – P. 1590–1601. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292709001371> (дата звернення: 27.11.2025).

ДОДАТОК А
(довідковий)
РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ РОБОТИ



**«ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – 2025»**



**Збірка матеріалів Міжнародної науково-
практичної конференції за участю молодих
науковців**

**Харків
2025**

Міністерство освіти і науки України
(Україна)
Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів
України
(Україна)
Національна комісія України у справах ЮНЕСКО (Україна)
НДУ «Український науково-дослідний інститут
екологічних проблем» (Україна)
Інститут енергетичних машин і систем НАНУ
ім. А.М. Підгорного
(Україна)
HTW Berlin – University of Applied Science
(Федеративна Республіка Німеччина)
Державний університет Акакія
Церетеллі (Грузія)
EDUCONS University (Республіка Сербія)
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
Кафедра екології
Кафедра ЮНЕСКО «Екологічно чисті технології»

ЗБІРКА МАТЕРІАЛІВ

Міжнародної науково-практичної конференції за
участю молодих науковців
**«ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ – 2025»**
28 жовтня 2025, Харків

International scientific and practical conference with the
participation of young scientists
**«SECTORAL PROBLEMS OF
ENVIRONMENTAL SAFETY – 2025»**
28 October 2025, Kharkiv
Харків, ХНАДУ, 2025

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Віктор БОГОМОЛОВ, професор, д.т.н., ректор Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Україна

Сергій БУХАЙВСЬКИЙ, професор, д.т.н., декан дорожньо-будівельного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Україна

Наталія ВІУКОВА, професор, д.т.н., завідувач кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Україна

Відповідальний секретар конференції:

Наталія ПРОКОПЕНКО, доцент, к.б.н., доцент кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Україна

ORGANIZING COMMITTEE

Viktor BOHOMOLOV, Professor, Dr. of Sc. (in Tech.), Rector of Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Serhiy BUKHAYVSKYI, Professor, Dr. of Sc. (in Tech.), Dean of the Faculty of Road Construction of Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Nataliia VNUKOVA, Professor, Dr. of Sc. (in Tech.), Head of the Department of the Ecology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Executive Secretary of the Conference:

Nataliia PROKOPENKO, Assoc. Prof., PhD, Department of the Ecology, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Тематика Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2023»: 1. Глобальні екологічні проблеми. Міжнародне екологічне співробітництво. 2. Інноваційні трансформації державного екологічного управління. Екологічне право. 3. Галузеві екологічні проблеми. 4. Сталій та екологічно орієнтований розвиток транспорту та транспортної інфраструктури. 5. Медико-екологічні та соціальні проблеми сучасності. 6. Екологічні проблеми урбанізованих та техногенно змінених територій. 7. Розвиток екологічної мережі та шляхи забезпечення біологічного різноманіття. 8. Екологічні аспекти інвестиційно-інноваційної еколого-орієнтованої діяльності. 9. Інформаційні технології в екологічно-орієнтованому управлінні технічними об'єктами та процесами. 10. Науково-практичні аспекти повсякденної відновлення довкілля України

International scientific and practical conference with the participation of young scientists «SECTORAL PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL SAFETY – 2023» topics: 1. Global environmental problems. International environmental cooperation. 2. Innovative transformations of the state environmental management. Environmental law. 3. Sectoral environmental problems. 4. Sustainable and environmentally oriented development of transport and transport infrastructure. 5. Medical, ecological and social problems of today. 6. Environmental problems of urbanized and technogenic changed territories. 7. Development of ecological network and ways to ensure biological diversity. 8. Environmental aspects of investment, innovative and environmentally oriented activity. 9. Information technology in environmentally oriented management of technical facilities and processes. 10. Scientific and practical aspects of post-war environmental restoration in Ukraine

виявлення деградаційних процесів, ефективне управління природними ресурсами та підтримку екологічної рівноваги. Інтеграція цифрових технологій, наземних та дистанційних спостережень, наукових досліджень і громадської участі формує основу для сталого, науково обґрунтованого та раціонального лісокористування, що забезпечує довгострокову екологічну стійкість і збереження біорізноманіття для майбутніх поколінь.

Науковий керівник: Калюжна Ю.С., к.т.н.

ПРОСТОРОВА МІНЛИВІСТЬ pH У ГРУНТОВОМУ ПОКРИВІ УРБОЕКΟΣИСТЕМИ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

*Ференс В.М., магістр,
Міронова Н.Г., проф. д.с.-г.н.
Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна*

Грунтовий покрив на урбанізованих територіях представляє собою гетерогенну систему, що формується під впливом як природних, так і антропогенних чинників. Його просторово-функціональна неоднорідність зумовлена різним ступенем техногенного перетворення, типом землекористування, інтенсивністю забудови, транспортним навантаженням тощо. Ґрунти в урбоекосистемах є основою для існування та розвитку зеленої інфраструктури, що, у свою чергу, забезпечує надання екосистемних послуг та захист біорізноманіття.

Показник pH ґрунту традиційно розглядається як один із ключових параметрів еколого-ґрунтознавчих досліджень. У межах глобальних кліматичних та антропогенних трансформацій спостерігається стійка тенденція до підкислення ґрунту як у природних екосистемах, так і на сільськогосподарських угіддях, в останньому варіанті це відбувається через інтенсивне застосування азотовмісних добрив і винесення основних катіонів рослинністю. Також між реакцією ґрунтового середовища (pH) і рівнем його техногенного забруднення існує тісний взаємозв'язок, що визначає напрямок і масштаб подальших екологічних змін [1]. Підкислення ґрунтів пригнічує діяльність мікроорганізмів, погіршує коагуляцію і пептизацію ґрунтових колоїдів, знижує інтенсивність росту і розвитку рослин, ефективність застосування добрив тощо. Водночас залуження ґрунтів також змінює екологічні параметри, оскільки за високих показників pH спостерігається зменшення рухомості у ґрунтовому розчині важких металів, що призводить до їх фіксації [2].

Дослідження мінливості рН ґрунтового покриву нами проводились в урбоєкосистемі міста Хмельницького, який є типовим обласним центром у західному регіоні з чисельністю населення близько 275 тис. осіб та площею – 9,3 тис. га. Екологічна ситуація, що на сьогодні склалася в місті, обумовлюється обсягами та особливостями впливу на навколишнє середовище транспорту, промислових підприємств і комунального сектора, що відносяться до основних джерел антропогенного впливу із рівнозначним внеском кожного з них.

Нами було проаналізовано 39 зразків з 13 локацій, результати наведені в таблиці.

Кислотно-лужний статус ґрунтів у межах міста Хмельницького суттєво варіює залежно від функціонального використання територій. Ґрунтовий покрив на ділянках зелених насаджень характеризується переважно кислим середовищем (рН 3,8-5,8), що характерно для місцевих природних ґрунтів. Найнижчі значення зафіксовано в Дендропарку «Поділля», де зростає природна рослинність. Для територій промислових зон характерним для ґрунтів є нейтральне або лужне середовище (рН 6,2-7,8). Це свідчить про виражений антропогенний вплив промислового виробництва. Ґрунти прибережних ділянок водних об'єктів відзначаються слабколужною реакцією (рН 7,5-7,6).

Таблиця 1 - Значення рН на різних ділянках ґрунтового покриву урбоєкосистеми м. Хмельницького

Функціональна зона	Локація	Значення рН	Характеристика реакції середовища
Території зелених насаджень	Парк ім. Михайла Чекмана	5,75	слабокисла реакція
	Дендропарк «Поділля» (точка 1)	3,83	кисла реакція
	Дендропарк «Поділля» (точка 2)	3,84	кисла реакція
	Дендропарк «Поділля» (точка 3)	4,02	кисла реакція
Промислові зони	Завод «Адвіс»	7,53	слабколужна реакція
	Завод «Термопластавтомат»	7,78	лужна реакція
	ТОВ «Сіріус Екструджен»	6,23	близька до нейтральної реакція
Прибережні зони поверхневих водних об'єктів	Заплава р. Плоска	7,56	слабколужна реакція
	Заплава р. Ліва притоки без назви	7,58	слабколужна реакція
	Заплава р. Південний Буг	7,50	нейтрально-лужна реакція
Території автодоріг і магістралей	Головна магістраль південно-західної частини міста	7,60	слабколужна реакція
	Магістраль центральної частини міста	7,85	лужна реакція
	Головна магістраль південно-східної частини міста	7,92	лужна реакція

Такі значення є типовими для природних алювіальних ґрунтів і свідчать про відносну стабільність хімічного стану середовища без суттєвого забруднення. Невелике лужне зміщення може бути наслідком впливу

господарсько-побутових стоків. Грунтовий покрив уздовж автодоріг і магістралей має лужну реакцію (рН 7,6-7,9), що зумовлено накопиченням пилу, залишків протижелезних реагентів, цементних частинок, що створюють стійке лужне середовище.

Отже, ґрунтовий покрив урбоєкосистеми міста Хмельницького характеризується значною просторовою варіабельністю кислотно-лужного стану, що безпосередньо залежить від типу землекористування та рівня антропогенного навантаження.

Перелік посилань:

1. Urban forest soil is becoming alkaline under rapid urbanization: A case study of Changchun, northeast China / Peng Zhang, Yulin Dong, Yujie Guo et al. // *Catena*. – 2023. – Volume 224. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S034181622300084X>
2. Оцінка стану міських ґрунтів як засіб збереження екологічної стабільності урбоєкосистеми / О.В. Василенко, О.А. Балабак, А.В. Балабак // *Екологічні науки*. – 2023. – № 1(46). – С. 139-143.

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОТИДІ ДЕЗІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В КАРПАТАХ

*Ченчак М.М., асп.,
Мільович С.С., доц., к.х.н.,
Глух О.С., доц., к.х.н.*

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
м. Ужгород, Україна*

mykhailo.chenchak@uzhnu.edu.ua

Від початку повномасштабного вторгнення в Україні зруйновано майже 90% вітрової і 30% сонячної енергетики [1]. У серпні 2024 року у ЗМІ з'явилися повідомлення про початок роботи першої вітрової електростанції (ВЕС) на території Закарпаття [2]. Загальна потужність запланованої ВЕС на території Нижньоворітської громади буде становити 80 МВт, що дасть можливість забезпечити електроенергією майже 50 000 домогосподарств на рік.

Поширення інформації про можливі ризики вітрової енергетики може здійснюватися через різні канали, включаючи медіа. У соціальних мережах поширення перебільшених чи навіть вигаданих тверджень без належної перевірки може створювати додатковий негативний фон. У деяких аналітичних

ЗМІСТ

ДЕГРАДАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ ЯК ГАЛУЗЕВА ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА: ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ОХОРОНИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ <i>Адаменко А.А.</i>	3
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО МІНІМІЗАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ЦЕНТР ЕКОБЕЗПЕКИ ТА ГІГІЄНИ» У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ <i>Акіньшина К.О., Барун М.В.</i>	6
ПЛАЗМОХІМІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД <i>Артеменко М.С., Дудар Т.В., Пугач О.В.</i>	8
ЧОРНОБИЛЬСЬКА ТРАГЕДІЯ: ПРОБЛЕМИ ПРАВА, СУСПІЛЬСТВА Й ЕКОЛОГІЇ В ІСТОРИЧНІЙ ТА СУЧАСНІЙ ПЕРСПЕКТИВАХ <i>Баландін М. І.</i>	10
КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ЯК ЧИННИК ДЕГРАДАЦІЇ ЧОРНОЗЕМІВ УКРАЇНИ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ <i>Бессмертна Д.О., Барун М.В.</i>	13
TO THE QUESTION OF PROTECTING FROM A TRANSPORT NOISE <i>Влускун А.С., Lezhneva E.</i>	16
ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ <i>Брижак Р.О.</i>	19
ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ПЕТ-ПЛАСТИКУ <i>Брижак Р.О., Прокопенко Н.В.</i>	22
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У НАУКОВИХ РОБОТАХ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДРУГОГО РІВНЯ <i>Брикульський О.В. Водолага С.Ю., Малир В.В., Оксак С.В.</i>	26
МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД <i>Бундюк Д., Хоботова Е.Б.</i>	30
ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У РЕЗУЛЬТАТІ БОЙОВИХ ДІЙ <i>Вовк С.А.</i>	33
ЖИТТЄВІ ЦІННОСТІ ЯК ОСНОВА ЖИТТЄСТІЙКОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ <i>Герман Н.В.</i>	36
ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ПІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ <i>Гімазетдінов Т.Р.</i>	39

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ РЕСТОРАННИХ ВІДХОДІВ ТА ВІДХОДІВ ПЛЮДООВОЧЕВОГО КОНСЕРВНОГО ВИРОБНИЦТВА	
<i>Ткаченко А.О., Прилуцький В. П.</i>	161
ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕКОЛОГІЧНОМУ УПРАВЛІННІ	
<i>Толстова А.І.</i>	164
ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ	
<i>Федотов Є. В.</i>	167
ПРОСТОРОВА МІНЛИВІСТЬ рН У ГРУНТОВОМУ ПОКРИВІ УРБОЕКОСИСТЕМИ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО	
<i>Ференс В.М., Міронова Н.Г.</i>	170
РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОТИДІІ ДЕЗІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В КАРПАТАХ	
<i>Ченчак М.М., Мільович С.С., Глух О.С.</i>	172
ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ МІЖНАРОДНОГО ПАРТНЕРСТВА	
<i>Ченур О.В.</i>	175
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ОЧИЩЕННЯ ГРУНТІВ БІОСОРБЕНТАМИ З ВІДНОВЛЮВАНИХ РЕСУРСІВ У КОНТЕКСТІ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ	
<i>Черняк Л. М., Томаш Манецкі</i>	178
ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТОЧНИХ ВОД	
<i>Чупина В.О., Даценко В.В.</i>	179
ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НАСІННОСОБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ	
<i>Шаєро Д.О.</i>	183
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЧОРНОЗЕМІВ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УКРАЇНІ	
<i>Шановалова А.О., Барун М.В.</i>	187
ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ПРИНЦИПІВ РОЗШИРЕНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ВИРОБНИКА (РВВ) В НАЦІОНАЛЬНУ СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ: ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ	
<i>Шварц Р.Р., Глух О.С.</i>	190
АВТОРСЬКЕ ПРАВО У СИСТЕМІ ЗЕЛЕНИХ ІННОВАЦІЙ	
<i>Шматков Д. І., Лукань М.</i>	193
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ГРУНТІВ В ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ УМОВАХ	
<i>Юшко Є. О.</i>	196

**Міжнародна науково-практична конференція за
участю молодих науковців
«ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ – 2025»
28 жовтня 2025, Харків**

Головний редактор

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету
Наталія Внукова

Технічний редактор

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету
Наталія Прокопенко

Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2025. Збірка матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців. – Кременчук: СВД Олексієнко В.В., 2025. –214 с.

Підписано до друку 27.10.2025 Формат 60×84 1-16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman Суг. Віддруковано на ризографі. Ум.друк.арк. 7,5. Обкл.-вид. арк. 0,9. Зам. № 31/145 Тираж 100 прим. Ціна договірна



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

*Міжнародна науково-практична конференція за участю молодих науковців
«Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2025»*