

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО
ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ХІМІЇ ТА МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ХІМІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Дослідження основних типів ґрунтів Вінниччини з метою зменшення
їх кислотності

Студентки IV курсу 4ДХП групи

Освітньої програми

Спеціальності 102 Хімія

Галузі знань 10 Природничі науки

Ступеня вищої освіти бакалавра

Дуброви Анастасії Олександрівни

Науковий керівник: Безносюк Наталія Сафронівна

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри

хімії та методики навчання хімії

Розширена шкала _____

Кількість балів _____ Оцінка ECTS _____

Голова Екзаменаційної комісії _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

Члени комісії Екзаменаційної комісії _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

(підпис) (прізвище, ініціали)

(підпис) (прізвище, ініціали)

Вінниця 2026

АНОТАЦІЯ

Дуброва А. Дослідження основних типів ґрунтів Вінниччини з метою зменшення їх кислотності. Спеціальність 102 Хімія – Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, 2026.

У роботі досліджено рівень кислотності основних типів ґрунтів Вінницької області та чинники її формування в природних і антропогенних умовах. Проаналізовано агрохімічні показники ґрунтів, зокрема рН ґрунтового розчину, визначено сучасний стан їх кислотно-лужного балансу. Обґрунтовано доцільність застосування агрохімічних і агротехнічних заходів регулювання кислотності, зокрема вапнування та оптимізації систем удобрення. Розроблено практичні рекомендації щодо зниження кислотності з урахуванням типу ґрунту та регіональних природно-кліматичних умов.

Ключові слова: кислотність ґрунтів, рН ґрунтового розчину, агрохімічна меліорація, вапнування, родючість ґрунтів, Вінницька область, ґрунтові типи.

ABSTRACT

Dubrova A. Study of the main soil types of the Vinnytsia region with the aim of reducing their acidity. Specialty 102 Chemistry – Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsiubynskyi, Vinnytsia, 2026.

The paper investigates the acidity level of the main soil types of Vinnytsia region and the factors influencing its formation under natural and anthropogenic conditions. Agrochemical indicators, including soil pH, are analyzed to assess the current state of the acid-base balance. The effectiveness of agrochemical and agrotechnical measures, particularly liming and fertilizer optimization, is substantiated. Practical recommendations for reducing soil acidity considering soil type and regional climatic conditions are developed.

Keywords: soil acidity, soil pH, soil amelioration, liming, soil fertility, Vinnytsia region, soil types.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ГРУНТІВ	9
1.1. Сутність кислотності ґрунтів та її вплив на родючість	9
1.2. Чинники формування кислотності ґрунтів у природних і антропогенних умовах	13
1.3. Методичні підходи до оцінювання кислотності ґрунтів	17
РОЗДІЛ 2. ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА АНАЛІЗ КИСЛОТНОСТІ ЇЇ ГРУНТІВ	20
2.1. Природно-кліматичні умови формування ґрунтового покриву Вінниччини	20
2.2. Основні типи ґрунтів Вінницької області та їх агрохімічні характеристики	25
2.3. Аналіз сучасного стану кислотності ґрунтів регіону	29
РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ТА ЗАХОДИ ЗМЕНШЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ГРУНТІВ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	33
3.1. Агрохімічні методи регулювання кислотно-лужного балансу ґрунтів	33
3.2. Агротехнічні та екологічно орієнтовані заходи зниження кислотності ґрунтів	35
3.3. Практичні рекомендації щодо оптимізації кислотності ґрунтів у регіоні	37
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44

ВСТУП

Актуальність теми. Ґрунти є фундаментальним природним ресурсом, який визначає продуктивність аграрного сектора, екологічну рівновагу ландшафтів і соціально-економічний розвиток регіонів, зокрема в аграрно-орієнтованих територіях України. Вінницька область розташована у лісостеповій зоні з переважанням чорноземних ґрунтів, які історично характеризуються високою природною родючістю і відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни. Проте сучасна агрокультурна діяльність, інтенсивні технології землеробства та кліматичні зміни спричиняють деградаційні процеси, серед яких підвищення кислотності є одним із найбільш значущих чинників негативного впливу на агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунтів. Підкислення ґрунтів ускладнює засвоєння рослинами макро- і мікроелементів, зменшує біологічну активність ґрунтового середовища та призводить до зниження врожайності та якості сільськогосподарської продукції, що має безпосередні наслідки для економіки регіону та стійкості агросектору загалом.

В межах Вінницької області частина земель характеризується кислотою ґрунтового розчину ($\text{pH} < 6$), що потребує проведення агрохімічної меліорації та застосування науково обґрунтованих заходів для оптимізації реакції ґрунту з метою підвищення його родючості. При цьому агрохімічна паспортизація та аналіз раціональних технологій регулювання кислотності ґрунтів у регіоні є недостатньо дослідженими, що обумовлює необхідність подальшого наукового вивчення цих процесів у сучасних природно-антропогенних умовах.

Наукове значення дослідження полягає у формуванні системного уявлення про механізми формування кислотності ґрунтів, її агрохімічні наслідки та методичні підходи до їх оцінювання, що забезпечує теоретичну основу для подальших досліджень у сфері ґрунтознавства та агрономії. Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій щодо

ефективного коригування кислотно-лужного балансу ґрунтів Вінниччини, що сприятиме підвищенню їх родючості, оптимізації використання агрохімікатів, зниженню ризиків деградації та забезпеченню стабільної продуктивності сільськогосподарських культур. Врахування сучасних агрохімічних показників, зокрема показників рН ґрунтового розчину, дозволяє більш точно планувати меліоративні заходи (наприклад, вапнування) із залученням адекватних доз та технологій внесення, що є важливим у контексті сталого використання земельних ресурсів та екологічної безпеки агроландшафтів регіону.

Проблема кислотності ґрунтів була предметом ґрунтовних досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, які приділяли увагу її сутності, факторам формування, методам оцінювання та впливу на продуктивність агросистем. Р.С. Трускавецький у своїй ґрунтознавчій праці виділяє кислотність ґрунтів як одну з ключових фізико-хімічних властивостей ґрунтів, вимірювану через показник рН, що характеризує концентрацію водневих іонів у ґрунтовому розчині та має безпосередній вплив на доступність поживних елементів для рослин і біологічну активність ґрунту [24; 37].

Дослідження Н.М. Гловина та О.В. Павліва присвячене вивченню причин і впливу кислотності ґрунтів на врожайність культур у Тернопільському районі [13]. Вчені показали, що підвищена кислотність ґрунту негативно впливає на ріст і розвиток рослин, а також на мікробіологічні властивості ґрунту, що підтверджує важливість контролю реакції ґрунтового середовища в аграрних регіонах України.

Наукові дослідження агроекологічного журналу ННЦ «Інститут землеробства НААН» М.А.Ткаченка, А.І. Павліченко, І.М. Кондратюк, О.В. Дмитренко проаналізували динаміку різних форм кислотності сірих лісових ґрунтів залежно від систем удобрення [36].

Однак, незважаючи на значну кількість праць, які присвячені кислотності ґрунтів загалом або окремих її аспектів, фокусованих досліджень, що охоплюють специфічні особливості кислотності основних типів ґрунтів

Вінницької області та науково-обґрунтовані практичні рекомендації щодо корекції цієї властивості в умовах регіону, недостатньо або вони не мають комплексного характеру. У доступних джерелах бракує системного аналізу співвідношення кислотності ґрунтів із конкретними природно-кліматичними умовами Вінниччини, а також узагальнених практичних рекомендацій для аграрного сектору регіону. Саме це зумовлює необхідність проведення даного дослідження, яке поєднує агрохімічні дані, оцінювання стану кислотності ґрунтів регіону та розробку ефективних заходів для її оптимізації.

Об'єкт - ґрунти Вінницької області.

Предмет - рівень кислотності ґрунтів Вінницької області та методичні підходи до оптимізації кислотно-лужного балансу з метою підвищення родючості.

Мета дослідження - системно дослідити основні типи ґрунтів Вінницької області з оцінюванням їх кислотності та розробкою науково-обґрунтованих заходів щодо її зниження з метою підвищення родючості ґрунтів та ефективності агротехнічного використання.

Гіпотеза дослідження - передбачається, що рівень кислотності основних типів ґрунтів Вінницької області зумовлений поєднанням природно-кліматичних чинників і антропогенного навантаження, а застосування науково обґрунтованого комплексу агрохімічних та агротехнічних заходів дозволить оптимізувати кислотно-лужний баланс ґрунтів, підвищити їх родючість і забезпечити стабільність агроecosистем регіону.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сутність кислотності ґрунтів та її вплив на родючість.
2. Визначити чинники формування кислотності ґрунтів у природних і антропогенних умовах.
3. Охарактеризувати методичні підходи до оцінювання кислотності ґрунтів.
4. Дослідити природно-кліматичні умови формування ґрунтового покриву Вінниччини.

5. Проаналізувати основні типи ґрунтів Вінницької області та їх агрохімічні характеристики.

6. Оцінити сучасний стан кислотності ґрунтів регіону.

7. Обґрунтувати агрохімічні методи регулювання кислотно-лужного балансу ґрунтів.

8. Визначити агротехнічні та екологічно орієнтовані заходи зниження кислотності ґрунтів.

9. Розробити практичні рекомендації щодо оптимізації кислотності ґрунтів у регіоні.

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному аналізі кислотності основних типів ґрунтів Вінницької області з урахуванням сучасних природно-кліматичних та антропогенних умов. У роботі:

– систематизовано чинники формування кислотності ґрунтів регіону з урахуванням специфіки лісостепової зони;

– узагальнено сучасні агрохімічні показники кислотності ґрунтів Вінниччини;

– обґрунтовано доцільність поєднання агрохімічних і агротехнічних заходів регулювання кислотно-лужного балансу;

– уточнено підходи до оптимізації кислотності з урахуванням типу ґрунту та його агрохімічних характеристик.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для обґрунтування та впровадження ефективних заходів регулювання кислотності ґрунтів Вінницької області з метою підвищення їх родючості, оптимізації застосування вапнувальних матеріалів і мінеральних добрив, покращення доступності поживних елементів для рослин та зменшення проявів деградаційних процесів. Запропоновані рекомендації можуть бути використані сільськогосподарськими підприємствами, фермерськими господарствами та органами управління земельними ресурсами при плануванні систем удобрення й меліорації ґрунтів, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти аграрного профілю.

Апробація результатів дослідження. Основні положення, результати та висновки дослідження були представлені в публікації, що подана до друку в збірці Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського «Актуальні питання географічних, біологічних і хімічних наук: основні наукові проблеми та перспективи дослідження».

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТІВ

1.1. Сутність кислотності ґрунтів та її вплив на родючість

Кислотність ґрунтів є однією з найважливіших агрохімічних властивостей ґрунтового середовища, що характеризує реакцію ґрунтового розчину та визначає фізико-хімічні, біологічні й агрономічні процеси в ґрунті. У науковій літературі кислотність ґрунтів розглядається як властивість ґрунту, обумовлена концентрацією (активністю) гідрогенних (H^+) і гідроксидних (OH^-) іонів у ґрунтовому розчині, яка визначається показником рН – від'ємним логарифмом активності іонів водню ($pH = -\lg[H^+]$) [24].

Реакція ґрунтового розчину за значенням рН може бути кислою, нейтральною або лужною. За сучасною класифікацією ґрунти з рН нижче 6,0 відносять до кислих, 6,0–7,0 – до нейтральних, а значення вище 7,0 свідчать про лужну реакцію [24]. Такі межі є орієнтовними й широко використовуються в агрохімічній практиці при оцінюванні родючості ґрунтів.

Фізико-хімічна природа кислотності ґрунтів полягає в наявності іонів H^+ у ґрунтовому розчині та іонів водню й алюмінію, поглинутих ґрунтовим поглинаючим комплексом (ГВК), що здатні витіснятися у розчин за умов взаємодії з солями або під час водної екстракції, утворюючи гідролітично кислі сполуки [21, с.426]. Саме ці іони визначають не лише актуальну (активну) кислотність, яка безпосередньо фіксується лабораторними методами (вимірюванням рН), але й потенційну кислотність, яка проявляється при хімічних взаємодіях ґрунту з реагентами.

У ґрунтознавстві розрізняють дві основні форми кислотності: актуальну (активну) і потенційну (пасивну) [22, с.62]. Актуальна кислотність характеризується реакцією ґрунтового розчину в природному стані й відображає поточну концентрацію іонів водню в рідкій фазі ґрунту. Саме ця форма кислотності найбільш істотно впливає на ріст і розвиток рослин,

оскільки визначає той реальний стан ґрунтового середовища, з яким контактують корені рослин.

Потенційна кислотність ґрунтів представлена двома складовими: обмінною та гідролітичною кислотністю. Обмінна кислотність визначається наявністю в ґрунті іонів H^+ та Al^{3+} , які поглинені ґрунтовими колоїдами та здатні за певних умов переходити у ґрунтовий розчин при взаємодії з розчинами нейтральних солей (наприклад, KCl) [41, с.173]. Іони алюмінію підкислюють ґрунтовий розчин унаслідок гідролізу багатьох їх солей, що також сприяє кислотності. Гідролітична кислотність проявляється при обробці ґрунту розчинами гідролітично лужних солей, наприклад ацетатів, що дозволяє оцінювати потенційну здатність ґрунту до підкислення під час хімічних реакцій.

Таке розмежування форм кислотності має практичне значення для агрохімічного аналізу, оскільки показник рН ґрунтового розчину (актуальна кислотність) відображає стан ґрунту в даний момент, а потенційні форми кислотності вказують на резерви та приховані можливості зміни реакції ґрунту внаслідок агрохімічних чи біологічних впливів [22, с.64]. Це важливо при плануванні меліоративних заходів і внесенні коригувальних матеріалів (наприклад, вапна) для довгострокового покращення родючості ґрунтів.

На фізико-хімічному рівні кислотність ґрунту визначається взаємодією різних компонентів ґрунтового середовища. Іони H^+ можуть надходити до ґрунту з розчинених органічних і мінеральних кислот, продуктів розкладання органічної речовини, а також із водою, незбалансованими добривами, кислотними опадами та іншими джерелами. Одночасно ґрунтовий поглинаючий комплекс, що складається з колоїдних частинок глини й гумусу, здатний адсорбувати та десорбувати іони, підтримуючи певний буферний потенціал ґрунту [24]. Буферна здатність ґрунту – здатність протидіяти змінам рН при внесенні кислотних або лужних агентів – визначається складом ґрунту (вмістом гумусу, глини, типами мінералів) та ступенем насичення основами.

Величина рН ґрунтового розчину має прямий вплив на розчинність і доступність елементів живлення для рослин. При низьких значеннях рН багато поживних елементів (наприклад, фосфор, кальцій, магній) стають менш доступними, оскільки вони утворюють малодоступні сполуки або переходять у форми, що погано засвоюються рослинами [24]. Одночасно в умовах сильно кислих ґрунтів можуть мобілізуватися токсичні елементи, наприклад алюміній, що негативно впливає на кореневу систему рослин. Високі значення кислотності також ускладнюють процеси діяльності ґрунтових мікроорганізмів, що необхідні для мінералізації органічної речовини та утворення гумусу, що в цілому знижує родючість ґрунту.

Тобто, кислотність ґрунтів – це комплексна фізико-хімічна властивість ґрунту, що визначається концентрацією водневих іонів у ґрунтовому розчині та потенційними кислотними резервами ґрунтового поглинаючого комплексу, яка через свої впливи на доступність елементів живлення, активність мікроорганізмів і процеси обміну речовин є одним із ключових показників родючості агроландшафтів.

Кислотність ґрунту є одним із ключових факторів, що визначають родючість і біологічну активність агроландшафтів. За значень реакції ґрунтового розчину нижче оптимальних ($\text{pH} < 6,0$) спостерігається суттєве зниження доступності поживних елементів для рослин, що негативно впливає на їхній ріст, розвиток та врожайність [45]. Так, висока кислотність призводить до утворення мало доступних або важкозасвоюваних форм фосфору, калію, кальцію та магнію, що обмежує їхню поглинальну здатність кореневою системою культурних рослин і спричиняє дефіцит поживних речовин.

Встановлено, що при значеннях рН нижче 5,5 агрохімічний режим ґрунту ускладнюється: елементи живлення переходять у нерухомі сполуки, а токсичні іони, зокрема алюмінію і марганцю, можуть переходити у форми, які виявляють фітотоксичність для рослин [46]. Такий токсичний вплив поєднується з обмеженим доступом необхідних елементів живлення, що

призводить до пригнічення росту кореневої системи, порушення метаболічних процесів та зниження продуктивності культур.

Кислотність ґрунту також впливає на діяльність ґрунтових мікроорганізмів, що є важливою складовою агробіологічних процесів. За кислої реакції ґрунтового розчину спостерігається зниження активності нітрифікації та мінералізації органічної речовини, що унеможлиблює ефективне перетворення органічних залишків на доступні форми азоту та інших елементів [45]. Це, у свою чергу, призводить до зниження кількості амонійного та нітратного азоту в ґрунті, що обмежує живлення рослин у критичні фази їхнього росту.

Показник кислотності безпосередньо пов'язаний із фізико-хімічними показниками родючості ґрунту і є інтегральним індикатором їх стану. У матеріалах агрохімічної оцінки регіональних ґрунтів відзначено, що середній бал реакції ґрунтового розчину багато в чому визначає рівень доступності поживних речовин, ґрунтову структуру, біологічну активність мікрофлори та загальну продуктивність агроландшафту. У регіонах із близькою до нейтральної реакцією ($\text{pH} \approx 6,0-7,0$) рослини найкраще засвоюють макро- та мікроелементи, тоді як кислі ґрунти характеризуються обмеженим забезпеченням рослин елементами живлення та підвищеним ризиком токсичності [6, с.32].

У сучасних українських аграрних дослідженнях підкреслюється, що кислотність ґрунтів потребує постійного контролю і корекції з урахуванням виду культур, їхніх вимог до реакції ґрунту та властивостей ґрунту. Зокрема, нормалізація рН до оптимальних рівнів сприяє збільшенню врожайності, підвищенню кількості використаних поживних речовин рослинами, покращенню мікробіологічної активності та оптимізації фізико-хімічного стану ґрунту [47]. Такий підхід є суттєвим елементом агрономічної практики при плануванні удобрення і меліораційних заходів у агроценозах регіону.

На нашу думку, кислотність ґрунту слід розглядати не лише як поточний агрохімічний індикатор, а як інтегральний маркер, що відображає історію

землекористування, природно-ландшафтні умови та ризики подальшого деградування родючості. Систематичний моніторинг рН (актуальної та потенційної кислотності) у поєднанні з оцінкою буферної ємності дозволяє обґрунтувати диференційовану систему меліорації (цілеспрямоване вапнування, поповнення кальцієво-магнієвих запасів), коригувати тип і норми добрив – передусім азотних – та планувати заходи зі збереження й нарощування органічної речовини. Особливо важливо враховувати ці підходи в аграрних ландшафтах Україна, де поєднання природних передумов і інтенсивного господарювання може швидко призводити до локального підкислення та втрати продуктивності. Комплексне управління кислотністю за умови врахування типу ґрунту, видів культур і історії удобрення забезпечить кращу доступність елементів живлення рослин, знизить ризик фітотоксичності й сприятиме довгостроковій стійкості родючості.

Отже, ефективне управління родючістю ґрунтів неможливе без регулярного контролю кислотності та застосування диференційованих агрохімічних і меліоративних заходів, орієнтованих на відновлення й підтримку буферності ґрунту, збалансоване удобрення і збереження органічної речовини.

1.2. Чинники формування кислотності ґрунтів у природних і антропогенних умовах

Природні фактори визначають базову динаміку кислотності ґрунтів і закладаються ще на етапі ґрунтоутворення. Серед них особливе значення мають кліматичні умови, материнська порода (ґрунтоутворний субстрат), рослинний покрив і час формування ґрунтового профілю, які разом впливають на надходження іонів водню (H^+) та процеси їх накопичення в ґрунті.

Однією з головних природних причин утворення кислотного ґрунтового середовища є особливості материнської породи – вихідних гірських порід, із яких формується ґрунт [31, с.80]. Якщо материнські породи багаті кислими

мінералами та мають низький вміст карбонатів (CaCO_3), то ґрунти, що з них утворюються, зазвичай характеризуються високою ступінню кислотності вже на ранніх етапах ґрунтоутворення. Це зумовлено малим буферним потенціалом таких ґрунтів щодо нейтралізації кислот, що утворюються в процесах розкладання органічної речовини і мінералізації, що призводить до поступового накопичення водневих іонів у ґрунтовому розчині.

Кліматичні умови також відіграють визначальну роль у формуванні кислотності. У зоні помірного клімату, характерному для лісостепової частини України, інтенсивне випадання опадів може сприяти виведенню катіонів основних лугів (кальцію, магнію), що призводить до їхнього вимивання з обмінної концентрації ґрунту та поступового збільшення концентрації іонів водню [31, с.65]. Цей процес особливо активний у зонах із високою кількістю опадів і помірними температурами, де водний режим ґрунту є промивним, а розчинені елементи швидко переміщуються в профілі ґрунтів.

Важливим природним чинником є біологічна діяльність ґрунту, пов'язана з розкладанням органічної речовини рослин і мікроорганізмів. Під час мінералізації гумусу утворюються органічні кислоти (наприклад, вугільна кислота), що дисоціюють і збагачують ґрунтовий розчин водневими іонами [30]. Ці процеси протікають постійно і посилюються в ґрунтах з високим вмістом органічної складової, особливо в холодніших і вологих умовах, де мікробіологічні процеси забезпечують значну частину кислотних компонентів у розчині.

Ще одним природним фактором є рослинний покрив і його видова специфікація. У лісових екосистемах, наприклад під хвойними насадженнями, органічні залишки лісової підстилки мають властивість підкислювати ґрунт, оскільки хвойні голки розкладаються з утворенням кислотних сполук [27]. Така закономірність відображається в пологі зменшення рН у лісових ґрунтах порівняно з ґрунтами відкритих степових чи лугових ландшафтів.

Тривалість ґрунтоутворення як час існування ґрунту в певних умовах також належить до природних чинників. Молоді ґрунти мають меншу

накопичувальну кислотність, тоді як ґрунти, що формувалися тисячоліттями під впливом природних екологічних умов, визначають більш виражені агрохімічні властивості, у тому числі реакцію середовища [14]. Це пов'язано з тривалістю процесів вимивання основ, утворення гумусу і стабілізації мінеральних частинок, що впливає на кислотно-лужний баланс.

Наведені природні фактори формування кислотності ґрунтів України створюють базу для оцінювання її варіації в різних ґрунтових зонах регіону. Комплексна взаємодія материнських порід, клімату, рослинності та біологічних процесів визначає початковий рівень рН ґрунтового середовища, який під впливом антропогенних факторів може змінюватися на тлі інтенсифікації землеробства.

Антропогенні чинники формування кислотності ґрунтів у сучасних агроландшафтах України відіграють значну роль поряд із природними процесами, оскільки діяльність людини суттєво змінює хімічний склад ґрунтового середовища. Одним із найважливіших таких чинників є інтенсивне використання мінеральних добрив, особливо азотних. Дослідження вітчизняних учених показують, що тривале застосування мінеральних добрив у сівозмінах призводить до поступового зменшення значень рН ґрунтового розчину, оскільки деякі види азотних добрив сприяють накопиченню водневих іонів у ґрунті через їх хімічні перетворення, що викликають додаткове підкислення [52, с.3]. Зокрема, систематичне використання добрив з азотними компонентами, таких як аміачна селітра, може сприяти підкисленню верхнього горизонту ґрунту, оскільки при перетворенні азоту відбувається утворення кислот, які знижують рН ґрунтового розчину.

Ще одним важливим агрономічним чинником є відсутність або недостатність вапнування кислотних ґрунтів при тривалому застосуванні кислотоутворювальних добрив. У періодичному внесенні карбонатних матеріалів (вапна, доломітового борошна тощо) полягає основний механізм корекції кислотності. Якщо ці меліоративні заходи не здійснюються, то кислота, утворена внаслідок добрив і природних процесів, не нейтралізується,

що призводить до накопичення кислих компонентів і подальшого зниження рН [51]. Це особливо характерно для ґрунтів з низькою буферною здатністю, де невеликі зміни кислотності швидко впливають на агрохімічний стан.

Іншим суттєвим антропогенним джерелом кислотних сполук є внесення фізіологічно кислих добрив, до яких належать добрива з аміачною формою азоту та інші азотні сполуки, що з часом можуть впливати на рН ґрунту [42]. Такі добрива у процесі нормального функціонування ґрунтового середовища підсилюють утворення кислот під час їх розкладання та взаємодії з ґрунтовими мінералами. Це підтверджують агрохімічні джерела про причини закислення сільськогосподарських ґрунтів унаслідок інтенсивного використання подібних добрив.

Крім того, вимивання кальцію (декальцинація) під впливом антропогенних факторів має важливе значення. Винос кальцію з ґрунту врожаєм, а також вимивання його опадами та поливною водою без відповідного поповнення негативно впливають на буферний потенціал ґрунту [20]. Втрата кальцію, який є одним із основних катіонів основної насиченості ґрунту, зменшує здатність ґрунту протистояти змінам кислотності, що сприяє подальшому зниженню рН.

Ще одним антропогенним джерелом кислотності є кислотні опади, що виникають унаслідок промислових викидів сірчистих та азотистих оксидів, які транспортуються в атмосфері й у вигляді опадів потрапляють на ґрунт. Під дією атмосферних опадів, що містять кислотні компоненти, ґрунтовий розчин може підкислюватися, що негативно впливає на його агрохімічний стан [33]. Це явище особливо актуальне в районах із високим рівнем індустріального забруднення та значними атмосферними викидами.

На нашу думку, формування кислотності ґрунтів є результатом тривалої та складної взаємодії природних умов і антропогенних впливів. Природні фактори – материнська порода, клімат, рослинний покрив і тривалість ґрунтоутворення – закладають початковий геохімічний фон і визначають біологічні та фізико-хімічні механізми, що генерують іон H^+ у ґрунтовому

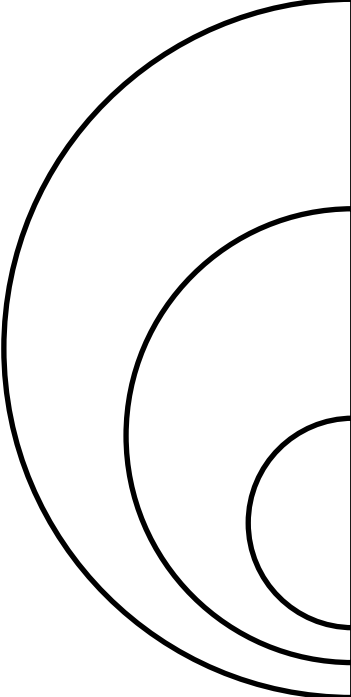
розчині. Однак інтенсивна аграрна діяльність (надмірне застосування азотних добрив, недостатнє вапнування, винос кальцію врожаєм), ерозійні процеси, зміни у водному режимі та атмосферні викиди суттєво прискорюють підкислення або посилюють його локальні прояви. Тому оцінка і регулювання кислотності повинні базуватися не лише на природно-ландшафтних передумовах, а й на аналізі історії землекористування й поточних агротехнічних практик.

Отже, для збереження родючості та екологічної рівноваги ґрунтів необхідний комплексний підхід, що поєднує систематичний моніторинг рН і основних буферних показників, диференційовану систему вапнування, збалансоване внесення добрив з урахуванням ґрунтової буферності та поповнення кальцієво-магнієвого запасу, а також заходи, спрямовані на збереження та нарощування органічної речовини й захист водного режиму.

1.3. Методичні підходи до оцінювання кислотності ґрунтів

Оцінювання кислотності ґрунтів є одним із ключових елементів агрохімічного аналізу, що дозволяє визначити реакцію ґрунтового середовища, оцінити доступність поживних елементів для рослин, потребу в меліоративних заходах, а також прогнозувати ефективність застосування мінеральних добрив і агротехнічних прийомів [5, с.96]. Кислотність ґрунту характеризується показником рН, який відображає активність іонів водню (H^+) у ґрунтовому розчині, а також гідролітичну та обмінну кислотність, що пов'язані з буферною здатністю ґрунту і реакцією ґрунту на агрохімічні впливи.

У практиці агрохімічних досліджень важливо розрізняти кілька форм кислотності (рис.1.1).



<p><i>Активна кислотність</i> – показник реакції ґрунтового розчину, визначається як рН водної витяжки. Він є основним індикатором для оцінювання доступності іонів H^+ у межах кореневмісного шару ґрунту й впливає на доступність поживних елементів для рослин.</p>
<p><i>Обмінна кислотність</i> – характеризує здатність ґрунту утримувати іони водню в поглинальному комплексі ґрунту; визначається в сольових витяжках (переважно з використанням розчинів KCl), де значення рН зазвичай нижче, ніж у водній витяжці.</p>
<p><i>Гідролітична кислотність</i> – відображає потенційну кислотність ґрунту, пов'язану з більш стійкими формами йонів водню та алюмінію в поглинальному комплексі, яку визначають шляхом хімічного витіснення (наприклад, за допомогою ацетату натрію), що важливо при розрахунках норм вапнування ґрунту</p>

Рис.1.1 Форми кислотності ґрунтів

Джерело: систематизовано автором на основі [5; 9; 43].

Комбіноване використання цих показників дозволяє оцінити як поточний стан реакції ґрунту, так і його буферні властивості щодо кислотно-лужних змін.

Найпоширенішим і найбільш точним методом оцінювання кислотності є потенціометричний метод, що базується на вимірюванні електричного потенціалу між електродами у ґрунтовому розчині, який пропорційно пов'язаний з концентрацією водневих іонів. Для цього використовується рН-метр або іономір з відповідними електродами [8]. Процедура потенціометричного визначення включає:

1. Збір репрезентативної проби ґрунту із заданої глибини (звичайно 0–20 см для агрохімічного аналізу).
2. Підготовку витяжки ґрунту у співвідношенні ґрунт:розчин (типові співвідношення – 1:1 або 1:2,5 для водної та сольової витяжки).
3. Калібрування рН-метра на стандартних буферних розчинах.

4. Вимірювання потенціалу рН у витяжці після стабілізації [8]. Потенціометричний метод забезпечує найвищу чутливість і точність, а також можливість порівняння результатів між різними дослідженнями.

Іншим методом є титриметричний аналіз, що дозволяє визначити обмінну та гідролітичну кислотність ґрунту. У цьому методі кислотність витяжки оцінюється шляхом титрування розчину ґрунтової витяжки стандартним розчином лугу (найчастіше NaOH) до певного індикаторного або потенціометричного кінця титрування [7]. Титриметричний аналіз застосовується переважно в лабораторних умовах для визначення потенційної (обмінної та гідролітичної) кислотності, що є важливим при розробці норм внесення меліорантів (наприклад, вапнування).

Окрім лабораторних методів, використовуються польові та спрощені методи, що дають орієнтовну оцінку кислотності без складної лабораторної техніки. Найпростіший із них – використання індикаторних рН-смужок або рослин-індикаторів, які змінюють колір залежно від рН ґрунту [28]. Хоча такі методи не забезпечують високої точності, вони корисні для оперативної оцінки реакції ґрунту в польових умовах перед проведенням повноцінного аналізу.

Отже, сучасне оцінювання кислотності ґрунтів ґрунтується на поєднанні потенціометричних (рН-метод), титриметричних (визначення обмінної та гідролітичної кислотності) та спрощених польових підходів, що разом дозволяють отримати комплексну характеристику реакції ґрунту та його здатності підтримувати агроєкосистеми.

РОЗДІЛ 2

ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА АНАЛІЗ КИСЛОТНОСТІ ЇЇ ҐРУНТІВ

2.1. Природно-кліматичні умови формування ґрунтового покриву Вінниччини

Вінницька область розташована в центральній частині Правобережної України, займаючи площу близько 26,5 тис. км², що становить приблизно 4,4 % території держави. Територія області простягається на приблизно 196 км з заходу на схід і 204 км з півночі на південь, межуючи з сімома адміністративними областями України (Житомирською, Київською, Черкаською, Кіровоградською, Одеською, Хмельницькою, Чернівецькою) та на південному заході частково з Республікою Молдова. Адміністративним центром регіону є місто Вінниця [19].

Область розташована в лісостеповій природній зоні, що визначає специфіку її природних ресурсів, ґрунтового покриву, рослинності і тваринного світу. Геоморфологічно територія Вінниччини представлена придніпровськими та подільськими височинами, що є частиною Подільського плато та Придніпровської височини, а також системою плавно височинних та знижувальних форм рельєфу [10]. Рельєф переважно горбисто-хвилястий, із загальною тенденцією зниження з північного заходу на південний схід. Максимальні висоти на території області сягають близько 350 м над рівнем моря, тоді як середні абсолютні висоти коливаються біля 200–300 м.

Ландшафтно область тісно пов'язана з басейнами декількох великих річок, головними з яких є Південний Буг і Дністер, а також численні їхні притоки [11]. Ці водні артерії суттєво впливають на формування місцевого рельєфу, створюючи долини, каньйоноподібні розрізи, яри і балки, що формують мікроландшафти з різними умовами водозабезпечення ґрунтів.

Такий комплекс геоморфологічних елементів – височини, плато, річкові долини – формує неоднорідний простір з погляду ґрунтових умов, що впливає на їхню водно-теплову структуру, еродованість та агрохімічні властивості [10]. Це визначає місцеві відмінності у формуванні ґрунтового покриву й агрокліматичних умов, що має безпосереднє значення для дослідження кислотності ґрунтів у різних частинах області.

Важливою географічною характеристикою є і те, що область знаходиться в межах помірно континентального клімату, з чіткою сезонною зміною температур і помірними опадами, що також трансформує геоморфологічні процеси і сприяє формуванню ґрунтових типів, характерних для лісостепової зони України [55]. Такі кліматичні й рельєфні умови впливають на формування родючих ґрунтів, зокрема темно-сірі й чорноземні, які є домінуючими на більшості площ регіону.

Клімат Вінницької області належить до помірно континентального типу, що є характерним для лісостепової зони Правобережної України і визначає формування ґрунтів у регіоні. Помірно континентальний клімат характеризується чіткою сезонною зміною температур і помірними опадами, з теплим і відносно вологим літом та холодною зимою з періодичними морозами. Середня температура повітря січня за багаторічними даними становить приблизно $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а середня температура липня – близько $+19,9\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, що створює тривалий вегетаційний період для сільськогосподарських культур і сприятливі умови для рослинних процесів [54]. Середня кількість опадів у регіоні становить приблизно 500–590 мм на рік, причому значна частина опадів випадає в теплий період року восени й улітку, що забезпечує зволоження ґрунту в періоди активного росту рослин.

Такі кліматичні умови є важливим фактором у ґрунтоутворенні, оскільки температура повітря та режим опадів прямо впливають на хімічні, фізичні й біологічні процеси в ґрунті. Помірні температури та достатнє зволоження сприяють інтенсивній мінералізації органічної речовини, розкладанню гумусу, активній діяльності мікроорганізмів і формуванню

характерних для лісостепових ландшафтів ґрунтових горизонтів [54]. При цьому сезонні коливання температур стимулюють глибоке проникнення корневих систем рослин і перемішування органічних та мінеральних частинок, що закріплює структуру ґрунтового профілю і визначає його агрохімічні властивості.

Опади регіонально не розподіляються рівномірно: їх кількість збільшується в центральній і північній частинах області й дещо зменшується на півдні. Це створює локальні відмінності у ґрунтовому зволоженні, яке впливає на інтенсивність вимивання катіонів основ (кальцію, магнію) із верхніх горизонтів ґрунту [54]. Інтенсивне вимивання цих катіонів може призводити до поступового зниження кислотно-лужного балансу в профілі ґрунту, особливо у районах із більшою кількістю опадів чи періодичними паводками.

Крім того, кліматичні умови безпосередньо впливають на характер рослинного покриву. У зоні лісостепу природна рослинність, яка формується під дією помірно континентального клімату, складається з мішаних лісів, луків та степових угідь. Різні типи рослин формують різний обсяг органічної маси, що надходить до ґрунту та мінералізується, продукуючи слабкі органічні кислоти [17]. Це, в свою чергу, впливає на реакцію ґрунтового розчину і сприяє накопиченню кислотності в певних ґрунтових горизонтах.

Водний режим території Вінницької області є важливою складовою природних умов, що впливають на формування ґрунтового покриву, фізико-хімічні властивості ґрунтів та розвиток агроєкосистем регіону. Територія області має густу мережу річок, ставків і водосховищ, які належать до великих басейнів Південного Бугу, Дністра та Дніпра [35]. Ці водні артерії виконують як екологічні, так і господарські функції, формуючи розподіл водних ресурсів, що безпосередньо впливає на водний баланс ґрунтів і доступність ґрунтової вологи.

В межах області протікає близько 3,6 тис. річок і струмків загальною довжиною понад 11,8 тис. км, які забезпечують різний рівень

водозабезпечення територій і створюють численні заплавні системи, малі річкові долини, балки та яри [35]. Основними річковими системами є басейни Південного Бугу та Дністра, що формують гідрологічний режим значної частини регіону і впливають на сезонні коливання рівнів ґрунтових і підземних вод.

Гідрографічна сітка області складається також із водосховищ та ставків, кількість яких нараховує десятки одиниць з площею водного дзеркала в сотні тисяч гектарів [35]. Водосховища виконують роль регуляторів стоку й сезонного водозабезпечення ґрунтів, а малі ставки – локальних акумуляторів вологи, що сприяє підтриманню рівня ґрунтової вологи в літній період.

Водний режим ґрунтів Вінниччини формується як результат взаємодії атмосферних опадів, інфільтрації води з поверхневих водотоків, підземних водних горизонтів та випаровування [29, с.134]. Волога ґрунту є одним із ключових чинників, що визначають фізичні, хімічні та біологічні процеси в ґрунті, зокрема розчинність і перенесення поживних елементів, активність мікроорганізмів, кореневий розвиток рослин та процеси ґрунтоутворення загалом.

Сезонні зміни рівня ґрунтової вологи обумовлюють формування різних гідротермічних режимів у профілі ґрунту. У критичні періоди вегетації культур рівень ґрунтової вологи визначає здатність ґрунту забезпечувати рослини водою, а також впливає на механізми окисно-відновних процесів, що можуть модифікувати реакцію ґрунтового розчину (рН) та доступність елементів живлення [23, с.73]. Недостатність вологи в верхніх горизонтах у спекотні та посушливі періоди може посилювати концентрацію кислотних компонентів у ґрунтовому розчині, тоді як стабілізація вологості після дощів сприяє розведенню іонів, що може тимчасово пом'якшувати їхній вплив на рН.

Підземні води також мають значення для водного режиму ґрунтів. Хоча в багатьох частинах області ґрунтові води залягають на значній глибині, вони можуть бути джерелом вологи для ґрунтів у долинах річок та низьких ділянках ландшафту [23, с.74]. Перепади рівня підземних вод у сезонні періоди

(підвищення навесні, зниження під час літньої спеки) сприяють динаміці водного режиму ґрунту, що відображається у зміні фізико-хімічних властивостей та біологічної активності.

На нашу думку, природно-кліматичні умови Вінницької області – її положення в межах лісостепової зони, хвилястий рельєф Подільського плато і Придніпровської височини, помірно континентальний клімат з середніми температурами близько $-4...-5$ °С у січні та $+19,9...+20,5$ °С у липні, а також річна сума опадів 500–590 мм – утворюють сприятливу, але неоднорідну основу для формування ґрунтового покриву. Активна роль річкових систем (близько 3,6 тис. річок загальною довжиною понад 11,8 тис. км), заплав і водосховищ разом із варіативністю вологи по території визначають значні просторові відмінності в гідрорежимі ґрунтів, ступені вилуговування базових катіонів і накопиченні органічних кислот. Саме ця комбінація рельєфно-гідрологічних та кліматичних факторів пояснює домінування темно-сірих ґрунтів і чорноземів у регіоні та неоднорідність їхніх агрохімічних показників (зокрема рН) на різних ландшафтних позиціях.

Отже, формування ґрунтового покриву Вінниччини є результатом складної взаємодії геоморфології, клімату та гідрології: рельєф визначає розміщення ґрунотвірних процесів і ступінь ерозійної трансформації, клімат – інтенсивність біологічної і мінералізаційної діяльності та режим вологості, а водна мережа – локальні варіації ґрунтової зволоженості й процеси вимивання катіонів.

2.2. Основні типи ґрунтів Вінницької області та їх агрохімічні характеристики

Вінницька область розташована в межах лісостепової зони Правобережної України, де ґрунотвірні процеси протягом тривалого часу відбувалися під впливом помірно-континентального клімату, хвилястого рельєфу, переважання лесових порід як материнських і різноманітної

рослинної біомаси. Такий комплекс факторів сприяв формуванню ґрунтів із високим потенціалом родючості, проте з різною інтенсивністю агрохімічних показників залежно від типу ґрунтів і місцезнаходження. Загалом у регіоні переважають опідзолені ґрунти, а також значні масиви чорноземів різних підтипів, дерново-підзолисті, лучні й болотні ґрунти в заплавах річок [17]. Понад 70% території області зорано, що підсилює антропогенний вплив на ґрунтовий покрив і родючість (за даними географічних джерел). Ґрунтовий покрив має чітку зональну диференціацію:

- 1) північний схід – домінують чорноземи;
- 2) центральна частина – сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти;
- 3) південь і південний схід – глибокі чорноземи й опідзолені ґрунти;
- 4) заплавні зони – лучно-чорноземні, лучні та болотні ґрунти [17].

На основі ґрунтової карти регіону та даних моніторингу можна виділити такі основні групи ґрунтів:

1. Чорноземи (типові та опідзолені)
2. Опідзолені ґрунти (ясно-сірі, сірі, темно-сірі)
3. Дерново-підзолисті ґрунти
4. Лучні, лучно-чорноземні та болотні ґрунти
5. Інші ґрунти (карбонатні дернові тощо) [19]. Кожна з цих груп має характерні морфологічні, фізико-хімічні й агрохімічні властивості, що визначають їхню продуктивність і потреби в агротехнічних заходах.

Чорноземи – це ґрунти, що сформувалися на лесових породах під степовою або лучно-степовою рослинністю в умовах достатнього вологозабезпечення та повільного вимивання органічної речовини. У Вінницькій області чорноземи представлені як типові, так і опідзолені підтипи. Загальна площа чорноземів становить значну частку орних земель регіону (близько 47% за деякими оцінками) [35]. Агрохімічні властивості чорноземів роблять їх одними з найродючіших ґрунтів у Європі. Основні характеристики:

1. Вміст гумусу: середній у чорноземах опідзолених – близько 3,39%, у типових чорноземах – до 4,01% і більше, що забезпечує високу агрородуктивність і накопичення органічної речовини.

2. Структура: розвинена агрегатна структура, що сприяє водо- і повітропроникності.

3. Реакція середовища (рН): зазвичай нейтральна або слабокисла (близько 6,0–7,0), що оптимально для доступності більшості елементів живлення.

4. Забезпечення поживними елементами: достатній рівень рухомого фосфору й обмінного калію, порівняно високий вміст легкогідролізованого азоту.

5. Фізичні властивості: середньо-суглинковий гранулометричний склад, що є сприятливим для культивування широкого спектра сільськогосподарських культур [17]. Ці властивості визначають чорноземи як основний ґрунтовий ресурс для вирощування зернових (озима пшениця, ячмінь, кукурудза), технічних (цукрові буряки) і кормових культур.

Опідзолені ґрунти займають значну частину площі області (близько 65% усіх ґрунтів). Вони переважно сформовані на лесових породах у умовах вимивання органічної речовини вниз по профілю, що призводить до утворення опідзоленого горизонту. Основні характеристики:

А. Вміст гумусу:

- ясно-сірі та сірі – ~1,85%;
- темно-сірі – ~2,77%.

В. Реакція (рН): частіше слабокисла, що може обмежувати доступність фосфору та мікроелементів.

С. Поживні речовини: середній або нижчий середнього рівень азоту, фосфору, калію.

Д. Структура: менш стабільна, ніж у чорноземів, з тенденцією до ущільнення при інтенсивній обробці [17]. Такі ґрунти потребують вапнування

для корекції кислотності та систематичного внесення органічних і мінеральних добрив для підтримання продуктивності.

Дерново-підзолисті ґрунти займають менші площі (приблизно 14,8 тис. га), переважно у північних частинах області або на піщаних лесовидних відкладах. Агрохімічні характеристики:

- 1) гумус: низький (близько 0,9%);
- 2) кислотність: часто висока (рН нижче 5,5), що обмежує ріст багатьох культур;
- 3) поживні елементи: низька забезпеченість N, P, K;
- 4) фізичні властивості: легкий гранулометричний склад, що може призводити до пересихання й нестійкості структури [39, с.16]. Ці ґрунти малопродуктивні без меліоративних заходів, таких як внесення органіки, вапнування й комплексне удобрення.

У заплавах річок Південний Буг, Дністер і їхніх приток поширені ґрунти з підвищеною вологістю:

1. Лучні ґрунти – характеризуються високим вмістом органічної речовини та доброю структурою.
2. Лучно-чорноземні – мають властивості, проміжні між чорноземами й лучними.
3. Болотні – з надлишком вологи, можуть бути оглеєні [37]. Ці ґрунти зазвичай мають високий вміст гумусу, але їх використання обмежене через водний режим; потребують дренажу для сільськогосподарського використання.

Комплексні агрохімічні паспортизації земель Вінницької області демонструють такі середні показники ґрунтів:

- 1) гумус – ~2,94% (варіює за районами від ~1,86% до ~3,99%).
- 2) легкогідролізований азот – середній рівень, що потребує поповнення добривами.
- 3) рухомий фосфор і обмінний калій – середній або недостатній на частині площ.

4) рН – часто слабокислий, що обумовлює потребу у вапнуванні [10]. Такий агрохімічний стан свідчить про неоднорідність родючості та необхідність диференційованого підходу до удобрення й управління ґрунтовими ресурсами.

Серед ключових негативних факторів, що впливають на агрохімічний стан ґрунтів області:

1. Ерозія: водна ерозія пошкоджує значні площі (понад 40% обстежених земель), що призводить до втрати органіки й поживних речовин.

2. Зниження гумусу: тривале інтенсивне землеробство без адекватного внесення органіки зменшує запаси гумусу.

3. Агрохімічний дисбаланс: нерівномірне використання мінеральних добрив призводить до дефіциту або надлишку окремих елементів.

4. Підкислення: частина ґрунтів має низький рН, що обмежує доступність поживних речовин [17].

Отже, ґрунтовий покрив Вінницької області є надзвичайно різноманітним, що визначає неоднорідність агрохімічних показників і потребу в комплексному управлінні. Найбільш родючими є чорноземи з високим вмістом гумусу, тоді як опідзолені та дерново-підзолисті ґрунти потребують додаткових меліоративних заходів. Загальний стан ґрунтів можна охарактеризувати як задовільний, але з вираженими локальними проблемами (ерозія, зниження гумусу, кислотність), що вимагають науково обґрунтованих систем удобрення, ґрунтозахисних технологій та моніторингу.

2.3. Аналіз сучасного стану кислотності ґрунтів регіону

Кислотність ґрунту – це агрохімічна властивість, яка характеризує реакцію ґрунтового середовища за показником рН, що відображає концентрацію іонів водню (H^+) у ґрунтовому розчині. Показник рН є логарифмом концентрації цих іонів і варіює від сильнокислих значень (<4,5) до нейтральних (6,0–7,0) і лужних (>7,0). За рН розрізняють: сильнокислі (рН

< 4,5), середньоокислі (рН 5,0–5,5), слабоокислі (рН 5,5–6,0), нейтральні (рН 6,0–7,0) тощо [24]. Реакція ґрунту визначає доступність елементів живлення для рослин: у кислих ґрунтах доступність фосфору, кальцію, магнію зменшується, тоді як мобільність алюмінію та марганцю може досягати токсичних концентрацій для кореневої системи культурних рослин.

Агрономічно оптимальний діапазон рН для більшості сільськогосподарських культур лежить у межах 6,2–7,3, оскільки в цьому інтервалі забезпечується найкраща доступність макро- і мікроелементів [2].

Оцінювання кислотності ґрунтів здійснюється через лабораторні визначення рН водної або сольової витяжки ґрунту, що дозволяє встановити фактичну реакцію середовища та потенційну кислотність (гідролітичну). Сучасні агрохімічні дослідження включають також визначення гідролітичної кислотності та обмінних баз, що дає змогу оцінити кислотно-лужний баланс ґрунту та його буферні властивості [1]. У Вінницькій області такі дослідження проводяться мережею моніторингових ділянок Вінницької філії Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», що займається агрохімічною паспортизацією земель та регулярним контролем рН ґрунтового середовища [12].

За даними останнього агрохімічного обстеження земель Вінницької області, значна частина ґрунтів має кислотну реакцію середовища, що є важливим чинником, що обмежує родючість і продуктивність агроecosystem регіону:

- 1) сильноокислі ґрунти (рН < 4,5) – 33,7 тис. га;
- 2) середньоокислі (рН 4,6–5,0) – 193,7 тис. га;
- 3) слабоокислі (рН 5,1–5,5) – 399,1 тис. га;
- 4) ґрунти близькі до нейтральних (рН 5,6–6,0) – 304,6 тис. га [15; 16]. В цілому 864,9 тис. га земель області потребують вапнування для корекції кислотності.

Середній показник реакції ґрунтового розчину (рН) по області за агрохімічними даними становить близько 5,5, що вказує на слабокислу

реакцію ґрунтів у середньому по регіону [16]. Такі значення рН узгоджуються з загальними закономірностями зонального ґрунтоутворення у лісостеповій зоні, де під впливом кліматичних факторів і тривалого землеробства відбувається тенденція до підкислення ґрунтового середовища [4, с.5].

Формування та зміна кислотності ґрунтів регіону визначається сукупністю природних і антропогенних факторів:

1. Природні чинники:

- материнські породи (леси та лесовидні суглинки), що мають слабку буферну здатність;
- кліматичні умови (опади, температурний режим), що впливають на вимивання катіонів основних елементів;
- генетичні властивості ґрунтів, зокрема опідзолені горизонти, які природно мають нижчий рН.

2. Антропогенні чинники:

- інтенсивне землеробство без адекватного внесення органічних і мінеральних добрив, що призводить до виведення катіонів кальцію та магнію;
- використання азотних добрив у великих дозах, що може сприяти підкисленню ґрунту;
- ерозійні процеси, які сприяють втратам родючого гумусного шару й базових катіонів [4; 56].

Аналіз агрохімічних даних показує, що кислотність ґрунтів не є однорідною в межах області. Зазвичай більш кислотні ґрунти спостерігаються в опідзолених і сірих лісових ґрунтах, тоді як чорноземи мають тенденцію до меншої кислотності або реакції, ближчої до нейтральної [4, с.5]. Це пояснюється генетичними особливостями та ступенем вимивання катіонів у профілі ґрунту. Також у заплавах річок спостерігається змішане розподілення рН, де вплив ґрунтово-водного режиму та органічних відкладів може локально змінювати реакцію ґрунту.

Підвищена кислотність ґрунтів має низку негативних наслідків для агросистем:

- обмеження доступності фосфору, кальцію та магнію, що знижує ефективність живлення рослин;
- підвищена мобільність токсичних елементів, таких як марганець і алюміній, що може пригнічувати ріст кореневої системи;
- погіршення структури ґрунту та зниження біологічної активності мікроорганізмів [2]. Ці фактори негативно впливають на врожайність сільськогосподарських культур і загальний стан родючості ґрунтів.

Отже, аналіз сучасного стану кислотності ґрунтів Вінницької області свідчить про те, що значна частина земель має реакцію середовища в межах слабкокислих і кислих значень, що є суттєвим агрохімічним обмеженням для інтенсивного землеробства. Значна площа (понад 860 тис. га) потребує меліоративних заходів, зокрема вапнування, для корекції кислотності та підвищення родючості. Такий стан обумовлений поєднанням природних ґрунтово-генетичних факторів та тривалого інтенсивного використання ґрунтів без достатнього агрохімічного регулювання.

РОЗДІЛ 3

НАПРЯМИ ТА ЗАХОДИ ЗМЕНШЕННЯ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТІВ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Агрохімічні методи регулювання кислотно-лужного балансу ґрунтів

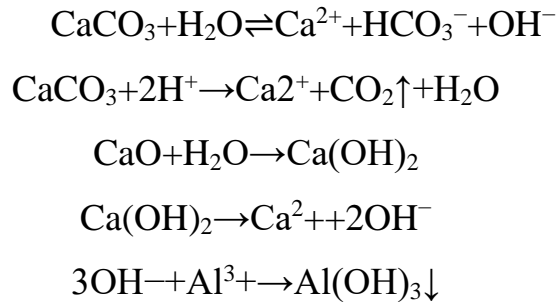
Ефективне регулювання кислотно-лужного балансу ґрунтів є одним із ключових чинників підтримання їхньої родючості та стабільності агроєкосистем. Для Вінницької області ця проблема є особливо актуальною, оскільки за матеріалами агрохімічної паспортизації середньозважений показник кислотності ґрунтів на обстежених площах становить близько рН 5,4–5,5, а структура ґрунтового покриву включає значну частку кислих земель: 19,6 % сильнокислих, 13,2 % середньокислих, 32,2 % слабокислих, 27,6 % близьких до нейтральних і 25,2 % нейтральних [44]. За зональним розподілом найбільш закисленою є центральна, частково південна частина області, тоді як у північній зоні площі кислих ґрунтів незначні.

З агрохімічної точки зору кислотність ґрунту визначається концентрацією іонів водню в ґрунтовому розчині: за значеннями нижче 7 ґрунт є кислим, а за показника 7 – нейтральним. Саме тому навіть незначне зміщення рН істотно впливає на доступність елементів живлення, мікробіологічну активність і токсичність окремих іонів [26]. Для більшості польових культур оптимальним є діапазон рН 6,0–7,0, за якого покращується засвоєння фосфору, молібдену, кальцію і магнію, а також зменшується токсичний вплив марганцю та алюмінію.

Найефективнішим агрохімічним методом нейтралізації кислотності є вапнування – внесення карбонатних, оксидних або гідроксидних меліорантів кальцію і магнію. До основних реагентів належать кальцитове вапно (CaCO_3), доломітове борошно ($\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$), гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$, негашене вапно CaO , а також крейда, мергель, дефекат і деревна зола [38]. Їхня ефективність

визначається не лише хімічною природою, а й ступенем подрібнення, чистотою та швидкістю взаємодії з ґрунтом. Оксиди й гідроксиди діють швидше, ніж карбонати, однак карбонатні форми є безпечнішими й технологічно зручнішими для більшості польових умов.

Хімізм нейтралізації кислотності можна подати такими реакціями:



У випадку доломітового борошна нейтралізація відбувається аналогічно, але додатково в ґрунт надходить магній, що особливо важливо для кислих ґрунтів із дефіцитом цього елемента [53]. У результаті зменшується концентрація активної кислотності, зв'язується рухомий алюміній і відновлюються сприятливі умови для кореневої системи рослин.

Практична ефективність вапнування залежить від норми внесення, рівномірності розподілу та глибини заробки у верхній шар ґрунту. Рекомендовано вносити меліорант після збирання врожаю або перед основним обробітком ґрунту, ретельно перемішуючи його з орним шаром; для більшості випадків повторне вапнування доцільне через 3–5 років залежно від культури, гранулометричного складу та буферної здатності ґрунту [50]. У Вінницькій області така практика має особливе значення, оскільки, за офіційними даними, щороку вапнується лише близько 4 % площ, що потребують першочергової хімічної меліорації, тоді як загальна потреба у вапні оцінюється в понад 6,8 млн тонн.

Важливо враховувати, що окремі види мінеральних добрив, насамперед амонійні форми азоту, можуть посилювати підкислення ґрунту внаслідок процесів нітрифікації [44]. Саме тому ефективна система регулювання рН має поєднувати вапнування з раціональним внесенням добрив, агрохімічним

моніторингом і диференційованим підбором меліорантів відповідно до фактичної кислотності ґрунту.

Отже, в умовах Вінницької області пріоритетним напрямом агрохімічного регулювання кислотно-лужного балансу ґрунтів є системне вапнування із застосуванням кальцитових і доломітових матеріалів, доповнене контролем рН, коригуванням мінерального живлення та регулярним агрохімічним обстеженням. Саме такий підхід забезпечує не лише нейтралізацію кислотності, а й довгострокове відновлення родючості ґрунтів та стабілізацію продуктивності агроecosystem.

3.2. Агротехнічні та екологічно орієнтовані заходи зниження кислотності ґрунтів

Агротехнічні заходи являється сукупністю практик і технологій, спрямованих на покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту, зокрема кислотно-лужного балансу, без прямого внесення меліорантів. Такі підходи орієнтовані на запобігання підкисленню ґрунту, збереження органічної речовини, стабілізацію структури та підвищення продуктивності агроecosystem. Вони включають зміни в системі обробітку ґрунту, сівозміни, використання покривних культур, а також практики мінімізації ерозійних процесів. Екологічна орієнтація цих заходів полягає в зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище, підвищенні біорізноманіття та довгостроковому збереженні родючості ґрунтів.

Раціональна сівозміна це один із ключових агротехнічних методів, що впливає на кислотність ґрунту. Включення у сівозміну бобових, зернобобових та покривних культур сприяє накопиченню органічної речовини, підвищенню вмісту базових катіонів (Ca^{2+} , Mg^{2+}), а також пом'якшенню кислотності через покращення біологічної активності ґрунту [18]. Покривні культури, такі як люпин, віка, конюшина, здатні не лише фіксувати атмосферний азот, але й сприяти поліпшенню структури ґрунту та зменшенню вимивання катіонів, що

є чинниками підкислення. Такі підходи сприяють підвищенню вмісту органічної речовини та можуть мати позитивний вплив на рН ґрунту через посилення мікробіологічних процесів, що пов'язано із загальними змінами ґрунтових властивостей.

Ерозійні процеси сприяють втратам верхнього родючого шару, де концентрація органічної речовини та базових катіонів є найвищою. Контурна оранка, терасування, збереження рослинних залишків на поверхні ґрунту – це агротехнічні прийоми, що зменшують ерозійний стік, зберігають органіку та стабілізують рН [49]. Зменшення ерозії також сприяє утриманню кальцію та магнію в профілі ґрунту, що протидіє підкисленню.

Застосування мінімального (мінтиллу) або нульового обробітку ґрунту зменшує механічне руйнування структури, підтримує стабільність агрегатів і сприяє накопиченню органічної речовини у верхньому шарі. Це, у свою чергу, може сприяти пом'якшенню кислотності за рахунок підвищення буферних властивостей ґрунту, оскільки органічна матриця сприяє утриманню основних катіонів і зменшенню вимивання.

Внесення рослинних залишків, компостів і сидератів сприяє збільшенню вмісту органічної речовини, що має буферний ефект на рН ґрунту, зменшуючи коливання кислотності [3]. Біоамеліоранти, такі як біовугілля (biochar), можуть також впливати на кислотно-лужний баланс ґрунту. Дослідження показують, що додавання біовугілля може сприяти корекції рН, особливо у поєднанні з органічними матеріалами, оскільки воно має високу буферну ємність і здатне утримувати катіони.

Надмірне внесення азотних добрив, особливо амонійних форм, може сприяти додатковому підкисленню ґрунту внаслідок процесів нітрифікації. Тому одним із агротехнічних заходів є збалансоване внесення мінеральних добрив, що враховує потреби культур у елементах живлення без надлишкового застосування азоту, особливо у формах, що сприяють підкисленню. Використання добрив із частковою або повною нітратною

формою азоту, а також поєднання з органічними добривами, може зменшувати ризик подальшого зниження рН.

Агролісомеліоративні заходи, такі як створення захисних лісосмуг, міжрядних смуг з деревно-кущових рослин, можуть мати непрямий вплив на кислотність ґрунту [34]. Вони сприяють зниженню вітрової ерозії, покращенню мікроклімату та накопиченню органічної речовини, що в довгостроковій перспективі стабілізує кислотно-лужний баланс ґрунтів у межах агроландшафтів.

Екологічно орієнтовані практики включають:

1) комплексне управління водними ресурсами для запобігання вимиванню катіонів і деградації структури ґрунту;

2) підтримання біорізноманіття ґрунтової мікрофлори через мінімізацію хімічного навантаження та стимуляцію природних процесів органічного розкладання;

3) використання адаптованих сортів культур, що краще витримують змінені рН-умови та сприяють стабілізації ґрунтових процесів. Такі практики не лише зменшують кислотність, а й підвищують стійкість агроєкосистем до зовнішніх стресів, зберігаючи екологічну функцію ґрунтів.

Ефективне зниження кислотності ґрунтів досягається комбінацією агротехнічних і агрохімічних методів, що включає:

1. Регулярний моніторинг рН ґрунту та інших агрохімічних показників.
2. Вапнування у поєднанні з агротехнічними заходами (сівозміна, органічні внесення).

3. Збалансоване удобрення для уникнення надмірного підкислення.

4. Екологічно орієнтовані практики, що зберігають біологічну активність ґрунту [48]. Такий інтегрований підхід дозволяє досягти стабільного підвищення рН ґрунтів та одночасно зберегти їх екологічну якість у довгостроковій перспективі.

Отже, агротехнічні та екологічно орієнтовані заходи відіграють важливу роль у зниженні кислотності ґрунтів Вінницької області, особливо в умовах

інтенсивного землеробства та природних тенденцій до підкислення. Поєднання сівозмін, мінімальної обробки, органічних залишків, збалансованого живлення рослин та екологічних практик дозволяє оптимізувати кислотно-лужний баланс ґрунту, підвищити його родючість і забезпечити стале використання ґрунтових ресурсів у довгостроковій перспективі.

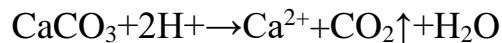
3.3. Практичні рекомендації щодо оптимізації кислотності ґрунтів у регіоні

Практична оптимізація кислотності ґрунтів Вінницької області має ґрунтуватися на системному агрохімічному моніторингу та диференційованому застосуванні меліоративних заходів, оскільки саме реакція ґрунтового розчину визначає доступність поживних елементів, інтенсивність мікробіологічних процесів і рівень засвоєння добрив. За наявними даними, середній показник реакції ґрунтового розчину в області становить рН 5,5, що відповідає слабкислому середовищу; при цьому в структурі ґрунтів фіксується значна частка кислих і середньокислих земель, а найбільш закисленими є Центральна та частково Південна зони області [39, с.161]. Одночасно щорічно вапнується лише близько 4 % площ, які потребують першочергової хімічної меліорації, тоді як загальна потреба у вапні перевищує 6,8 млн тонн. Це свідчить про недостатній рівень практичного відновлення кислотно-лужної рівноваги ґрунтів у регіоні.

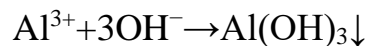
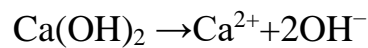
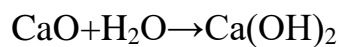
Першочерговим заходом є диференційоване вапнування, яке слід проводити на основі даних агрохімічного обстеження, з урахуванням рН, буферної здатності, гранулометричного складу та культури, що вирощується. Оптимальний для більшості сільськогосподарських культур діапазон рН становить 6,0–7,5, оскільки за таких умов забезпечується краща доступність фосфору, кальцію і магнію, а також зменшується токсичність алюмінію та марганцю [40, с.187]. Як меліоранти доцільно використовувати карбонатні та

магнієвмісні матеріали – кальцитове вапно (CaCO_3), доломітове борошно ($\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$), крейду, мергель, дефекат, а за потреби – гашене або негашене вапно. Такі матеріали нейтралізують активну та потенційну кислотність, оскільки зв'язують іони водню та переводять рухомий алюміній у малорозчинні форми.

Хімізм цього процесу полягає у поступовій нейтралізації кислотного ґрунтового середовища. Для карбонатних меліорантів характерна реакція:



Для оксидних і гідроксидних форм реакція відбувається швидше:



Унаслідок цього знижується кислотність ґрунтового розчину, поліпшуються умови для розвитку кореневої системи та активізуються корисні мікроорганізми.

Окрему увагу слід приділяти органічним заходам регулювання кислотності. Внесення гною, компосту, перегною, сидератів і післяжнивних решток підвищує вміст органічної речовини, посилює буферність ґрунту та стабілізує його реакцію [32, с.36]. Для умов Вінниччини це особливо важливо, оскільки підтримання гумусового стану є одним із чинників зменшення кислотних коливань і підвищення стійкості ґрунтів до деградації. Додатково доцільно використовувати сівозміни з участю бобових культур, покривні культури та мінімальний обробіток ґрунту, що сприяє збереженню кальцію і магнію в орному горизонті та зменшує втрати органічної речовини.

Важливим практичним напрямом є контроль системи удобрення. Надмірне застосування амонійних форм азоту посилює підкислення ґрунту, тоді як використання нітратних форм або поєднання мінеральних добрив з органічними матеріалами дає змогу зменшити кислотне навантаження [3]. Тому для регіону доцільно впроваджувати збалансоване живлення рослин, яке поєднує вапнування, органічні добрива й агрохімічно обґрунтовані норми

НРК. Ефективність такої системи підвищується за умови регулярного контролю рН не рідше ніж раз на 2–3 роки та картування ділянок за рівнем кислотності для подальшого диференційованого внесення меліорантів.

Отже, оптимізація кислотності ґрунтів Вінницької області має здійснюватися на основі комплексного підходу, який охоплює агрохімічний моніторинг, диференційоване вапнування, органічне удобрення, раціональну сівозміну та збалансоване мінеральне живлення. Саме така система дає змогу поступово зменшувати площі кислих ґрунтів, стабілізувати рН у межах, придатних для більшості культур, і підвищувати загальну продуктивність агроландшафтів регіону.

ВИСНОВКИ

1. Кислотність ґрунтів виражається показником рН і відображає активну реакцію ґрунтового розчину, а також пов'язану з ним потенційну кислотність. За підвищеної кислотності погіршується засвоєння фосфору, кальцію, магнію та інших елементів живлення, знижується активність ґрунтової мікрофлори, порушуються процеси мінералізації органічної речовини, посилюється токсичний вплив іонів алюмінію та марганцю. Це безпосередньо знижує продуктивність сільськогосподарських культур і обмежує ефективне використання земельних ресурсів.

2. До природних чинників формування кислотності ґрунтів належать особливості материнських порід, кліматичні умови, ступінь вилуговування основ, рослинний покрив, тривалість ґрунтоутворення та природна буферність ґрунтів. У лісостеповій зоні, до якої належить Вінниччина, природне вимивання кальцію і магнію, утворення органічних кислот під час розкладання рослинних решток і часткове опідзолення профілю сприяють формуванню слабокислої реакції. Антропогенні чинники пов'язані насамперед з інтенсивним землеробством, систематичним внесенням фізіологічно кислих добрив, недостатнім вапнуванням, виносом кальцію врожайми, ерозійними процесами та порушенням структури ґрунтового покриву. Саме поєднання природних і техногенних впливів зумовлює сучасний рівень кислотності в агроландшафтах регіону.

3. Основним і найпоширенішим показником є рН, який визначається потенціометричним методом у водній або сольовій витяжці. Для оцінки прихованих резервів кислотності застосовують визначення обмінної та гідролітичної кислотності, що дає змогу встановити потенційну здатність ґрунту до зміни реакції під впливом агрохімічних заходів. Методологічно важливими є правильний відбір ґрунтових зразків, дотримання глибини обстеження, лабораторна стандартизація та поєднання аналітичних даних із просторовим картуванням кислотності. Отже, сучасна оцінка кислотності

ґрунтів повинна бути комплексною, репрезентативною та орієнтованою на подальше практичне коригування агрохімічного стану земель.

4. Територія Вінницької області розташована в межах лісостепової зони, де поєднуються помірно континентальний клімат, достатнє зволоження, хвилястий рельєф, розвинена річкова мережа та лесові породи. Такі умови сприяли формуванню чорноземів, сірих лісових, опідзолених і лучних ґрунтів. Водночас значна розчленованість рельєфу, ерозійна активність, нерівномірність зволоження та гідрологічні особливості території створюють різні умови для вимивання основ, акумуляції органічних кислот і зміни рН ґрунтового розчину. Це пояснює складну структуру ґрунтового покриву області та потребу в диференційованому підході до його використання й охорони.

5. Найбільш продуктивними ґрунтами Вінницької області є чорноземи, які характеризуються високим вмістом гумусу, добрим структурним станом і відносно сприятливою реакцією середовища. Опідзолені та темно-сірі лісові ґрунти мають менший вміст гумусу, слабокислу реакцію та нижчу забезпеченість елементами живлення, тому потребують систематичного удобрення та вапнування. Дерново-підзолисті ґрунти мають найменшу природну родючість, низький вміст гумусу й підвищену кислотність, а лучні та болотні ґрунти вирізняються високим вмістом органічної речовини, але потребують регулювання водного режиму. Загалом агрохімічні характеристики ґрунтів області підтверджують їх значну неоднорідність і необхідність індивідуалізованого підходу до кожного типу ґрунту.

6. Значна частина земель має рН нижче оптимального для більшості культур, а отже, потребує вапнування та інших меліоративних втручань. Аналіз показав, що в області поширені як середньокислі, так і слабокислі ґрунти, а також окремі площі із сильно кислою реакцією, що знижує доступність поживних речовин і підсилює ризики деградації. Такий стан є наслідком тривалого сільськогосподарського використання, недостатнього відновлення балансу кальцію і магнію, а також природної схильності частини

ґрунтів до підкислення. Отже, кислотність ґрунтів Вінницької області є не локальною, а системною проблемою, що потребує постійного агрохімічного контролю.

7. Провідним методом регулювання кислотно-лужного балансу ґрунтів залишається вапнування, яке забезпечує нейтралізацію надлишкової кислотності, підвищення насичення ґрунту кальцієм і магнієм, поліпшення структури ґрунтового шару та оптимізацію умов для росту рослин. Ефективним є також використання органічних добрив, сидератів, збалансованих мінеральних добрив і поєднання цих заходів у межах єдиної системи удобрення. Важливе значення має врахування буферної здатності ґрунтів, їх гранулометричного складу, рівня гумусованості та культури, яка вирощується. Таким чином, агрохімічне регулювання кислотності має ґрунтуватися на точному аналізі ґрунтових умов і бути диференційованим залежно від типу ґрунту.

8. До агротехнічних та екологічно орієнтованих таких заходів належать раціональна сівозміна, використання бобових і покривних культур, мінімальний або нульовий обробіток ґрунту, мульчування, протиерозійні прийоми, створення захисних лісосмуг, збереження рослинних решток і підтримка ґрунтової біоти. Вони не лише зменшують підкислення, а й зберігають гумус, покращують структуру ґрунту, знижують втрати кальцію і магнію, підвищують біологічну активність і стабілізують екосистемні функції ґрунту. Екологічна спрямованість цих заходів полягає у зменшенні хімічного навантаження на землю, збереженні природної родючості та протидії деградаційним процесам.

9. Насамперед необхідно систематично проводити агрохімічне обстеження ґрунтів, створювати карти кислотності, диференціювати норми вапнування та удобрення, враховувати тип ґрунту, рівень його гумусованості та фактичне агрохімічне навантаження. У господарствах доцільно впроваджувати зональне внесення меліорантів, раціональні сівозміни, органічне удобрення, мінімальний обробіток і заходи з протидії ерозії. Для

ділянок із підвищеною кислотністю слід передбачити першочергове вапнування, а для слабокислих ґрунтів – підтримувальні заходи, спрямовані на збереження досягнутого рівня реакції середовища. Такий підхід забезпечить не лише короткострокове поліпшення агрохімічного стану, а й довгострокову стабільність родючості земель Вінницької області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрохімічний аналіз ґрунтів
URL:<https://ndiresurs.gov.ua/articles/analiz-grunt.html> (дата звернення: 28.03.2026)
2. Агрохімічний аналіз поля URL:<https://field-analysis.spectr-agro.com>
(дата звернення: 28.03.2026)
3. Азотні добрива збільшують урожайність культур на 20-40%
URL:<https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/azotni-dobriiva-zbilshuyut-vrozhaynist-kultur-na-20-40> (дата звернення: 28.03.2026)
4. Алексєєв О., Врадій О. Агроєкологічна та екотоксикологічна оцінка ґрунтів сільськогосподарського призначення агросфери. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування»*, 2024. Вип. 2. С.3-9
5. Більченко М.М. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Кількісний аналіз: навчальний посібник. Суми, 2007. 122 с.
URL:<https://www.library.sspu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/04/14.pdf> (дата звернення: 20.02.2026)
6. Булигін С.Ю. Концепція оцінки якості та охорони земель в Україні / С.Ю. Булигін, С.В. Вітвіцький, Л.І. Кучер, О.І. Вітвіцька. *Рослинництво та ґрунтознавство*, 2020. Вип.11. №.2. С.30-38
7. Визначення кислотності витяжки ґрунту за допомогою апаратів для титрування або титрувальних автоматичних бюреток
URL:<https://apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/pochva/titrovaniya> (дата звернення: 20.02.2026)
8. Визначення кислотності витяжки ґрунту за допомогою рН-метрів
URL:<https://apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/pochva/> (дата звернення: 20.02.2026)
9. Визначення кислотності ґрунтового розчину у водній та сольовій витяжках URL:https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/84%9614.pdf
(дата звернення: 20.02.2026)

10. Вінниччина

туристична

URL:<https://vin.gov.ua/bilshe/region/vinnychchyna-turystychna/4-vinnychchyna-turystychna> (дата звернення: 20.02.2026)

11. Вінницька область URL:<https://geomap.com.ua/uk-gr/492.html> (дата звернення: 20.02.2026)

12. Вінницька філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» URL:<https://www.old.iogu.gov.ua/vinnicka> (дата звернення: 28.03.2026)

13. Гловін Н.М., Павлів О.В. Дослідження причин виникнення та впливу кислотності ґрунтів на урожайність сільськогосподарських культур агрогосподарств Козівського району Тернопільської області. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Сільськогосподарські науки*, 2019. №21(91). С.16-20

14. Ґрунти: умови ґрунтоутворення, структура ґрунту, родючість. Основні типи ґрунтів, закономірності їх поширення. Ґрунтові ресурси URL:https://lms.e-school.net.ua/asset-v1:UIED+%82_8_1_.pdf (дата звернення: 20.02.2026)

15. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області (2013 рік) URL:<https://vin.gov.ua/images/doc/vin/departament-apk/doc/OperMonitor/Dopov/VinnDopov2019.pdf> (дата звернення: 28.03.2026)

16. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області (2018 рік) URL:<https://www.vin.gov.ua/images/doc/vin/departament-apk/doc/PHOTO/ND/Dop2013.pdf> (дата звернення: 28.03.2026)

17. Еколого-географічна характеристика Вінницької області URL:<http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraineworld/267-ref22041101> (дата звернення: 20.02.2026)

18. Ефективні засоби для розкислення ґрунту: зараз якраз це потрібно робити URL:<https://tsn.ua/other/yak-zniziti-kislotnist-gruntu-zaraz-yakraz-ce-potribno-robiti-2418352.html> (дата звернення: 28.03.2026)

19. Історія Вінниччини
URL:https://vinrada.gov.ua/%D0%86storiya_vinnichinni.htm (дата звернення: 20.02.2026)

20. Кальцій і магній - стражи родючості ґрунту
URL:<https://agrobusiness.com.ua/kaltsii-i-mahnii-strazhy-rodichosti-gruntu> (дата звернення: 20.02.2026)

21. Канюка О.Ю., Пустовіт С.В. Визначення кислотності ґрунтів, як метод розвитку науково - дослідницької діяльності майбутніх екохіміків. С.426-428
URL:<http://dspace.pnpu.edu.ua/bitstream/123456789/6722/1/Kanyuka.pdf> (дата звернення: 20.02.2026)

22. 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.

23. Кирнасівська Н.В., Колеснікова О.А. Агрокліматична оцінка вологозабезпеченості періоду вегетації озимої пшениці у Вінницькій області. *Scientific Progress & Innovations*, 2021. №4. С.71–78.

24. Кислотність ґрунту / Р.С. Трускавецький. Енциклопедія Сучасної України / редкол.: І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2013
URL:<https://esu.com.ua/article-6633> (дата звернення: 20.02.2026)

25. Корекція кислотності ґрунтів: як зупинити втрати врожаю та збільшити прибутки URL:<https://agroportal.ua/blogs/korekciya-kislotnosti-gruntiv-yak-zupiniti-vtrati-vrozhayu-ta-zbilshiti-pributki> (дата звернення: 28.03.2026)

26. Корегування рівня рН ґрунту для підвищення родючості
URL:<https://esu.com.ua/article-6633><https://arkas->

lab.com.ua/2022/12/02/koreguvannya-rivnya-rn-gruntu-dlya-pidvishhennya-rodyuchosti (дата звернення: 28.03.2026)

27. Назаренко І.І., Польчина С.М. Нікорич В.А. Грунтознавство (Фактори ґрунтоутворення. Роль живих організмів у ґрунтоутворенні)
URL:https://geoknigi.com/book_view.php?id=717 (дата звернення: 20.02.2026)

28. Найпростіший метод визначити кислотність ґрунту
URL:<https://www.yochem.com.ua/blog/najprostishyj-metod-vyznachyty-kyslotnist-gruntu> (дата звернення: 20.02.2026)

29. Науковий звіт про результати першого етапу науково-дослідної роботи (ТОМ I) «Послуги у сфері охорони довкілля (розробка локальної схеми екомережі міста Вінниці)»
URL:<https://2021.vmr.gov.ua/Branches/ContentLibrary/5d67201.pdf> (дата звернення: 20.02.2026)

30. Основні причини збільшення кислотності ґрунту
URL:<https://mizez.com/news/osnovn-prichini-zblshennya-kislotnost-runtu> (дата звернення: 20.02.2026)

31. Охорона ґрунтів: навч. посіб. / В.В. Дегтярьов, С.В. Крохін, Ю.В. Дегтярьов, Д.В. Гавва / за ред. д-ра с.-г. н, проф. В.В. Дегтярьова. Харків, 2023 276 с.

32. Посібник з органічного виробництва, приклади сталих органічних практик/ М. Биков, В. Воронцов та інші. (2-ге видання, перероблене та доповнене). Київ: НУБіП України, 2025. 232 с.

33. Причини антропогенного підкислення ґрунтів
URL:<https://dic.vadne.cx.ua/articles/prichini-antropogenogo-pidkislennja-gruntiv.html> (дата звернення: 20.02.2026)

34. Проблеми ґрунту і як їх виправити
URL:https://alfagro.com.ua/uk/problemy-pochvy-i-kak-ih-ispravit-ua/?srsltid=AfmBOorvNfzxokX1t9ATGluzoZYTq0nWo2_JJldEzQ_ePqJomPqtLXVQ (дата звернення: 28.03.2026)

35. Регіональна стратегія розвитку 2021-2027 роки
URL:<https://gisrr.gov.ua/strategy-region/3749011724229936189> (дата звернення: 20.02.2026)

36. Ткаченко М.А. Кислотні властивості сірих лісових ґрунтів залежно від систем удобрення / М.А. Ткаченко, А.І. Павліченко, І.М. Кондратюк, О.В. Дмитренко. *Агроекологічний журнал*, 2020. №2. С.62-68

37. Трускавецький Р. С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції. Х., 2003. URL:<https://esu.com.ua/article-6633> (дата звернення: 20.02.2026)

38. Управління кислотністю ґрунтів: вапнування URL:<https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/18782-upravlinnia-kyslotnistiu-gruntiv-vapnuvannia.html> (дата звернення: 28.03.2026)

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

40. Шкатула Ю.М., Капріца А.О. Якісна оцінка ґрунтів ФГ «Флора А.А.» Тульчинського району. *Сільське господарство та лісівництво. Серія: Екологія та охорона навколишнього середовища*, 2023. №31. С.179-191

41. Юрченко А.А. Ґрунтознавство: навч. посібник / А.А. Юрченко, І.Г. Миронова; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП», 2022. 225 с.

42. Як азотні добрива впливають на рівень рН ґрунту?
URL:<https://www.growhow.in.ua/yak-azotni-dobryva-vplyvayut-na-riven-rn-gruntu/> (дата звернення: 20.02.2026)

43. Як визначити кислотність ґрунту URL:<https://himanaliz.ua/uk/yak-viznachiti-kislotnist-gruntu> (дата звернення: 20.02.2026)

44. Як визначити кислотність ґрунту і як її знизити чи збільшити
URL:<https://weagro.ua/blog/yak-vyznachyty-kyslotnist-gruntu-i-yak-yiyi-znyztychy-zbilshyty> (дата звернення: 28.03.2026)

45. Як впливає кислотність ґрунту на засвоєння елементів живлення
URL:<https://pni.com.ua/%D0%B> (дата звернення: 20.02.2026)

46. Як зміна кислотності ґрунтів впливає на доступність поживних речовин – AgroTimes URL:<https://agri-gator.com.ua/2022/09/20/iak-zmina> (дата звернення: 20.02.2026)

47. Як кислотність ґрунтів впливає на врожайність URL:<https://mizez.com/news/yak-kislotnst-runtv-vpliva-na-vrozhaynst> (дата звернення: 20.02.2026)

48. Як понизити кислотність ґрунту URL:<https://agrotest.com/article/yak-poniziti-kislotn-st-runtu/> (дата звернення: 28.03.2026)

49. 5 способів, які зменшать кислотність ґрунту URL:<https://www.rbc.ua/rus/styler/5-sposobiv-ki-zmenshat-kislotnist-gruntu-1728064149.html> (дата звернення: 28.03.2026)

50. Lațo A, Berbecea A, Lațo I, Crista F, Crista L, Sala F, Radulov I. Mitigating Soil Acidity: Impact of Aglime (CaCO₃) Particle Size and Application Rate on Exchangeable Aluminium and Base Cations Dynamics. *Sustainability*. 2025. №17(18) URL:<https://www.mdpi.com/2071-1050/17/18/8135> (дата звернення: 28.03.2026)

51. Polovyy V., Hnativ P., Chojnicki J. Influence of climate dynamics and liming on physicochemical soil properties and crop-rotation productivity of North-Western Polissya in Ukraine. *Soil Science Annual*, 2022. №73(1) URL:<https://www.soilsa.com/Influence-of-climate-dynamics> (дата звернення: 20.02.2026)

52. Puzniak O., Hrynchyshyn N., Datsko T., Andruszczak S., Hulko B. Consequences of the Long-Term Fertilization System Use on Physical and Microbiological Soil Status in the Western Polissia of Ukraine. *Agriculture* 2022. №12. 18 p.

53. The Implication of Soil Acidity and Management Options for Sustainable Crop Production in Africa URL:<https://growingafrica.pub/the-implication-of-soil-acidity-and-management-options-for-sustainable-crop-production-in-africa> (дата звернення: 28.03.2026)

54. Vinnitsa oblast, Ukraine
URL:<https://ermakvagus.com/Europe/Ukraine/vinnitsa-oblast.htm> (дата
звернення: 20.02.2026)

55. Vinnytsia Oblast, Ukraine URL:<https://ukrainetrek.com/vinnitsa-oblast>
(дата звернення: 20.02.2026)

56. Zabarna T. Condition and ploughing of soils in Vynnytsia oblast. *Sciences of Europe. Agricultural sciences*, 2021, №67. P.3-8