

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ  
КАФЕДРА ГЕОЕКОЛОГІЇ І ЗЕМЛЕУСТРОЮ**

«Допущено до захисту» протокол засідання  
кафедри ГЕЗ  
№ 6 від «29» січня 2024 року  
Зав. кафедрою ГЕЗ  
к.с.-г.н, доцент \_\_\_\_\_ Максим ГАНЧУК

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

СВО «Магістр»  
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» зі  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»  
(освітній ступень, ОПП, спеціальність)  
**на тему: Геоінформаційне моделювання розвитку ерозійних процесів у  
сільському господарстві**

25 ГЗ Д 001 000000 ПЗ

Виконала: студентка 21 МБГЗ групи

Акатова Д.С.  
(прізвище та ініціали)

Консультант з ОП:	к.т.н., доцент	Михайло ЗОРЯ
Керівник:	к.т.н., доцент	Ольга МАЗИКІНА
Нормоконтроль	к.т.н., доцент (науковий ступінь, вчене звання)	Ольга МАЗИКІНА (прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет агротехнологій та екології  
Кафедра геоекології і землеустрою  
(назва кафедри)

Ступінь вищої освіти Магістр  
Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»  
(шифр і назва)

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»  
(шифр і назва)

Освітня програма «Геодезія та землеустрій»  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ГЕЗ

к.с.-г.н., доцент Максим ГАНЧУК  
(підпис) (ініціали та прізвище)

«19» вересня 2023 р

**ЗАВДАННЯ**  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

студентці Акатовій Дар'ї Сергіївні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Геоінформаційне моделювання розвитку ерозійних процесів у сільському господарстві

керівник роботи к.т.н., доцент Мазикіна Ольга Борисівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від «20» вересня 2023 р. № 395/1-С

2. Строк подання студентом роботи «19» вересня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи дані відділу статистики, дані агрохімічної паспортизації сільськогосподарських земель, кадастрові плани.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: окреслити види ерозії та їх вплив на розвиток орних земель; охарактеризувати визначення параметрів для моделювання розвитку ерозії; проаналізувати оцінку ефективності використаних методів та технік; розглянути визначення основних чинників, що впливають на

розвиток ерозії на орних землях; проаналізувати рекомендації щодо запобігання та управління ерозією.

#### 5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв
Розділ 4 Охорона праці в галузі	Михайло ЗОРЯ, к.т.н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки	19.09.2023	19.09.2023

6. Дата видачі завдання

19.09.2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1 Теоретичні аспекти ерозії ґрунтів на орних землях	Вересень	Виконано
Розділ 2 Методологія дослідження ерозії ґрунтів на орних землях	Жовтень	Виконано
Розділ 3. Аналіз результатів ерозії ґрунтів на орних землях	Листопад	Виконано
Розділ 4 Охорона праці в галузі	Грудень	Виконано
Висновки	Січень	Виконано

Студентка

\_\_\_\_\_

Керівник роботи

( підпис )

Д.С. Акатова

( ініціали та прізвище )

О.Б.Мазикіна

( ініціали та прізвище )

## АНОТАЦІЯ

Акатова Д.С. Геоінформаційне моделювання розвитку ерозійних процесів у сільському господарстві. – Кваліфікаційна робота. Кафедра геоекології і землеустрою. – Запоріжжя, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2024.

Текст викладений на 62 сторінках, містить 4 розділів, 1 таблицю, 31 літературне джерело.

Мета роботи: визначення механізму головних складових геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.

У ході виконання дипломної роботи було проведено глибоке дослідження проблеми розвитку ерозії на орних землях та використання геоінформаційних технологій для моделювання цього процесу. Отримані результати не лише розкривають складність динаміки ерозійних процесів, але і вказують на важливість впровадження сучасних геоінформаційних методів у вивчення та прогнозування даного явища.

У роботі були використані сучасні геопросторові технології для аналізу та моделювання ерозії на орних землях. Зокрема, геоінформаційні системи, супутникові знімки та геостатистичні методи дозволили отримати деталізовані дані та побудувати точні моделі розвитку ерозії.

Результати дослідження підтверджують актуальність використання геоінформаційного забезпечення для вирішення проблем сільськогосподарської ерозії. Геоінформаційні технології дозволяють збирати, аналізувати та візуалізувати великі обсяги даних, що важливо для розуміння розподілу ерозійних процесів на різних територіях.

Ключові слова: геоінформаційні системи, ерозія ґрунтів, сільське господарство.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ НА ОРНИХ ЗЕМЛЯХ .	9
1.1 Види ерозії та їх вплив на розвиток орних земель .....	9
1.2 Сучасні методи та техніки моделювання розвитку ерозії .....	15
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ НА ОРНИХ ЗЕМЛЯХ.....	22
2.1. Вибір об'єкта та обрання методів збору даних .....	22
2.2. Визначення параметрів для моделювання розвитку ерозії .....	25
2.3 Використання ГІС-інструментів для аналізу отриманих даних .....	28
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ НА ОРНИХ ЗЕМЛЯХ..	31
3.1. Оцінка ефективності використаних методів та технік.....	31
3.2. Визначення основних чинників, що впливають на розвиток ерозії на орних землях.....	42
3.3 Рекомендації щодо запобігання та управління ерозією.....	48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ .....	54
ВИСНОВКИ.....	58
ДОДАТКИ.....	<b>Помилка! Закладку не визначено.</b>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	60

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Геоінформаційне забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях є дуже актуальною темою, особливо в контексті сучасних проблем землекористування та екології.

Ерозія може викликати втрату родючого шару ґрунту, що є критичним для сільськогосподарської продуктивності. Моделювання розвитку ерозії дозволяє розробляти стратегії збереження ґрунтів та зменшення його втрат.

Геоінформаційне моделювання може допомагати у прогнозуванні та управлінні ризиком ерозії внаслідок природних явищ, таких як сильні дощі, повені або урагани.

Ерозія може порушувати природні екосистеми та призводити до втрати біорізноманіття. Розвиток моделей дозволяє розуміти взаємодію між людською діяльністю та навколишнім середовищем, сприяючи сталому розвитку.

Зміни клімату можуть впливати на інтенсивність та розподіл опадів, що в свою чергу може збільшувати ризик ерозії. Геоінформаційне забезпечення дозволяє адаптувати стратегії управління ґрунтами до нових умов.

Знання про ризики ерозії на орних землях є важливим для ландшафтного планування та прийняття рішень з розташування сільськогосподарських об'єктів та інфраструктури.

Моделювання ерозії може служити основою для розробки та впровадження нормативно-правових актів щодо контролю за використанням ґрунтів та запобігання ерозії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковці активно досліджують дану тему, зокрема: М. М. Заславський, Г. І. Швєбс.

**Метою** є визначення механізму головних складових геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях. Для досягнення мети слід вирішити наступні **завдання**:

- окреслити види ерозії та їх вплив на розвиток орних земель;

- охарактеризувати визначення параметрів для моделювання розвитку ерозії;
- проаналізувати оцінку ефективності використаних методів та технік;
- розглянути визначення основних чинників, що впливають на розвиток ерозії на орних землях;
- проаналізувати рекомендації щодо запобігання та управління ерозією.

**Об'єктом** є особливості геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.

**Предметом дослідження** є геоінформаційне забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.

**Методи дослідження.** В магістерському дослідженні були застосовані наступні загальнонаукові та спеціально-наукові методи: аналізу та синтезу, що дало можливість зрозуміти процес геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях; порівняльно-історичний метод дозволив розкрити закономірності та особливості розвитку геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.

Аналіз предметно-регуляторного напрямку визначив зміст геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях. Аналіз методів здійснено за допомогою методологічних дискурсів історичної та філософської думки, що дало змогу конкретизувати поняття. Структурний метод сприяв обміну методологічними засадами, що дало змогу виявити специфіку геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- всебічно представлено розуміння геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.
- надано авторську концепцію щодо визначення геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.
- обґрунтовано формування геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що основні положення та висновки дають можливість по-новому розглядати дану проблематику, можуть бути використані в процесі консультування структур, які забезпечують політичне та державне управління в країні.

Результати дослідження можуть бути використанні в науковій діяльності та у разі здійснення навчального процесу в закладах освіти при викладанні окремих тем загальних та спеціальних курсів.

**Структура та обсяг кваліфікаційної магістерської роботи** визначена її змістом, та поставленими завданнями. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, які поділяються на підрозділи, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг магістерської роботи – 58 сторінок. Кількість використаних джерел – 31 найменування.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕРОЗІЇ ГРУНТІВ НА ОРНИХ ЗЕМЛЯХ

### 1.1 Види ерозії та їх вплив на розвиток орних земель

На процес ґрунтоутворення значною мірою впливає господарська діяльність людини. Цей вплив може бути як безпосередній — спосіб обробітку ґрунту, меліоративні заходи, збирання лісової підстилки тощо, так і побічний, наприклад вирубування лісів на крутосхилах, що веде до ерозії, безсистемне випасання худоби, вогнева система землеробства тощо. Господарська діяльність людини має спрямовуватися на раціональне використання земель, підтримання й збільшення їхньої продуктивності [1, с. 168].

При всіх способах землекористування найбільшої шкоди сільському господарству завдає ерозія ґрунтів. Неправильне землекористування посилює дію еродуючих факторів. Ерозія ґрунтів відбувається на всіх континентах світу.

Залежно від характеру й тривалості процесів руйнування верхніх шарів ґрунту та материнської породи розрізняють геологічну ерозію і ерозію прискорену. Остання часто посилюється в зв'язку з господарською діяльністю людини.

Ерозія ґрунтів - це процес видалення частинок ґрунту внаслідок дії фізичних чинників, таких як вода, вітер, або людська діяльність. Вона може призводити до втрати родючого шару ґрунту та має негативний вплив на якість ґрунтового покриву.

Термін «ерозія» походить від лат. *erosio*, що означає «роз'їдання». Він широко застосовується у техніці, медицині, соціології, публіцистиці тощо. У науках про Землю поняття «ерозія» пропонується для характеристики процесів руйнування поверхневого шару гірських порід. Західноєвропейськими і американськими географами термін «ерозія» часто використовується для визначення результатів дії звичайних чинників денудації поверхні нашої планети – стікаючих вод, вітру, льодовиків, безпосереднього прояву сили тяжіння. Тобто термін «ерозія» трактується як синонім терміну «денудація».

У вітчизняній науковій літературі поняття «ерозія» звичайно застосовується у більш вузькому розумінні – для визначення процесів руйнування ґрунтів і гірських порід або під дією тільки води, або води і вітру. У той же час ще наприкінці 70-х років ХХ століття у зв'язку з яскраво вираженою специфікою прояву цих двох процесів дослідження, що були спрямовані на вивчення руйнівної дії на ґрунти води і вітру, почали оформлюватися в окремі наукові напрямки. На думку багатьох дослідників, у тому числі таких відомих ерозієзнавців, як М. М. Заславський та Г. І. Швєбс, термін «ерозія» слід використовувати тільки на позначення процесів руйнування ґрунтів і гірських порід водою. Руйнування ж ґрунтів і гірських порід вітром – іншого агенту денудації з власними закономірностями прояву – доцільно позначати терміном «дефляція» (від лат. *deflatio* – видування), оскільки він абсолютно точно відображає суть цього явища [2, с. 63].

Основні види ерозії ґрунтів включають:

1. Ерозія водна – процес руйнування ґрунту водами поверхневого стоку (дошовими, талими) та іригаційними (зрошення та полив), приурочений до природних або штучно мікрорельєфних знижень (папілярів стоку) на схилах як постійних маршрутів скидання водних потоків. Інтенсифікується водна ерозія внаслідок концентрації поверхневого стоку при перехваті (об'єднанні) водних потоків кількох папілярів штучними перешкодами на їх шляху у вигляді напашних валів, польових доріг та інших елементів господарської діяльності людини.

Водна ерозія проявляється у змиванні верхнього шару ґрунту або розмиванні його в глибину під впливом талих, дошових і поливних (іригаційних) вод. За характером руйнування ґрунту вона поділяється на краплинну або поверхневу. Розвиток водної ерозії тісно пов'язаний з рельєфом місцевості. Як правило, руйнування ґрунтів починається на схилах крутизною 1-2°.

За ступенем змитості ґрунти поділяються на слабо-, середньо-, сильнозмиті та розмиті. Ступінь змитості ґрунту визначається порівнянням еталонного (незмитого) ґрунту з профілем змитого. Притому вважається, що у

слабкозмитих ґрунтах змито не більше половини гумусового горизонту, у середньозмитих - змито верхню частину перехідного (ілювіального) горизонту, а в розмитих ґрунтах ерозією зруйновано весь профіль, і на поверхню виходять ґрунтотворні породи.

Водна ерозія буває : · поверхнева – змивається верхній родючий горизонт ґрунту на значній території; · глибока – проявляється на крутих схилах, зумовлює утворення ярів.

Водна ерозія проявляється в основному на розораних схилах, особливо там, де оранка проводиться вздовж схилу, а не впоперек. Внаслідок цього виникають поздовжні борозни, по яких стікає тала і дощова вода. Ситуація значно погіршується, якщо на цих полях засівають просапні культури.

Ерозія ґрунту вітрова (дефляція) – втрата ґрунтової маси поверхневим шаром освоєних варіантів ґрунту через видування під дією вітру. Відбувається спорадично переважно під час пилових бур. Спостерігається на недостатньо захищених або зовсім незахищених рослинністю землях, при відсутності належного задерніння поверхні ґрунту. Поширена в степовій, пустельно-степовій і пустельній зонах. Суха вітрова ерозія, вітер може відносити легкі частки ґрунту та пилу, особливо в сухих або пустельних областях [3, с. 32].

У відкритих степових ландшафтах щорічно внаслідок вітрової ерозії пошкоджується 5-6 млн. га родючих земель. Найбільшої шкоди завдає легким ґрунтам та розпиленим за інтенсивного обробітку.

За інтенсивністю, тривалістю і формою дії на ґрунт розрізняють місцеву (повсякденну) ерозію, зимове видування та пилові бурі. 1. Місцева вітрова ерозія малопомітна і виникає вже за швидкості вітру 5 м/с, але досить шкідлива за постійної дії, особливо на віброударних схилах без рослинного покриву. 2. Зимове видування разом спричиняється сильними зимовими вітрами над слабо вкритою снігом поверхнею недостатньо зволоженого ґрунту на зораних під зиму чи засіяних озимими культурами полях. Посіви останніх при цьому можуть значно пошкоджуватись. 3. Пилові бурі - найбільш активна і шкідлива форма вітрової ерозії. Виникає у степовій та частково лісостеповій зонах за швидкості

вітру понад 12-15 м/с. До інших мало поширених видів належать пасовищна, технічна (гірничопромислова і техногенна) та лісотехнічна.

Вітрова ерозія, або дефляція, виникає за умови сильних вітрів, які видувають ґрунт. Інтенсивність видування ґрунту значною мірою залежать від його гранулометричного складу і вмісту гумусу. Якщо збільшується сила вітру - зростає інтенсивність вітрової ерозії. Розрізняють зони дефляції, звідки видувається ґрунт, та зони акумуляції, де нагромаджується У зоні акумуляції на суглинкових ґрунтах утворюються наносні ґрунти, а під час розвіювання пісків - похований під них ґрунт.

Розрізняють два типи вітрової ерозії: повсякденну і пилові бурі. Повсякденну вітрову ерозію . спричинюють вітри малих швидкостей; відбувається вона повільно, переважно на піщаних, супіщаних і карбонатних ґрунтах. За цього виду дефляції можуть спостерігатись оголення насіння, а також пошкодження молодих сходів рослин [4, с. 460].

Пилові бурі - найшкідливіший вид дефляції. Такі бурі виникають під впливом сильного вітру і можуть поширюватись на великі території, знищити посіви на сотнях тисяч гектарів, знести багато родючого ґрунту.

Гірська ерозія, так селя, рух мас ґрунту вниз по схилах гір внаслідок дощу або танення снігу. Це може бути особливо прискореним на нахилених ділянках з втратою рослинного покриву.

Льодовикова ерозія, знос льодовиками, рух льодовика може призводити до ерозії та зносу ґрунту, а також утворення долин та льодовикових басейнів.

Антропогенна ерозія, вплив людської діяльності, неправильне використання земель, лісозаготівля, розорення лісів, будівництво та інші людські дії можуть сприяти ерозії ґрунту.

Запобігання та управління ерозією важливо для збереження родючості ґрунту та забезпечення сталого використання земельних ресурсів.

Так, ерозія ґрунту - це руйнування його верхнього найродючішого горизонту і підґрунтя під впливом природних та антропогенних чинників.

Залежно від природних чинників руйнування ґрунту, розрізняють водну та вітрову ерозію.

Шкода внаслідок ерозії ґрунтів надзвичайно велика й одночасно дуже різноманітна:

- еродований ґрунт втрачає значну кількість гумусу, макро- і мікроелементів, а особливо міді й марганцю;
- водна ерозія зменшує площу орних земель за рахунок розвитку ярів, замулювання ґрунтів на заплавах, ставків, водоймищ, русел річок, зрошувальних каналів тощо;
- унаслідок вітрової ерозії руйнується ґрунтовий покрив, забруднюється повітря, що завдає великих збитків і шкодить здоров'ю людей.

Так, ерозія ґрунтів - це процес видалення, переміщення та виношування верхнього шару ґрунту внаслідок різних природних чи антропогенних чинників. Цей процес може призводити до втрати родючого шару, порушення структури ґрунту та погіршення його якості. Основні фактори, що сприяють ерозії ґрунтів, включають водні опади, вітер, схили, відсутність рослинного покриву та людська діяльність.

Ерозія ґрунтів може мати серйозний вплив на розвиток орних земель та сільськогосподарську продуктивність.

Основні наслідки ерозії ґрунтів для орних земель включають:

1. Втрата родючого шару, ерозія може виносити верхній родючий шар ґрунту, що містить поживні речовини, органічні речовини та мікроорганізми. Це призводить до втрати родючості та зниження сільськогосподарської продуктивності.
2. Зниження водопроникності, ерозія може призводити до утворення глибоких канав та русел, що погіршує водопроникність ґрунту. Це може призвести до накопичення води на поверхні, збільшуючи ризик повеней, або ж, навпаки, до втрати води та засушливості.
3. Погіршення структури ґрунту, ерозія може порушувати структуру ґрунту, зменшуючи його пористість та здатність утримувати воду та поживні

речовини. Це може негативно впливати на кореневу систему рослин та їх розвиток.

4. Погіршення умов для посівів, внаслідок ерозії може важко провести сівозміну та вирощування рослин, оскільки верхній шар ґрунту, де зазвичай знаходяться корені рослин, може бути видалений або зруйнований.
5. Збільшення витрат на зрошення та добрива, внаслідок ерозії може збільшитися необхідність в додатковому зрошенні для забезпечення достатнього зволоження ґрунту. Також може збільшитися потреба в добривах, оскільки родючий шар, що зноситься, містить поживні речовини [5, с. 304].

Запобігання та управління ерозією стають ключовими аспектами для збереження родючості ґрунту та забезпечення сталої продуктивності орних земель. Це може включати в себе використання консерваційних технологій, таких як облаштування терас, використання природних бар'єрів, введення сівозміни та використання покривного врошчення.

Так, збереження ґрунту, рослинного покриву й вологи тісно зв'язані між собою. Рослинність переводить поверхневий стік вологи у внутрішньогрунтовий і тим самим сприяє кращому збереженню й використанню вологи, нормалізує гідрологічний режим водних артерій, перешкоджає виникненню ерозійних процесів. У районах з мало порушеним рослинним покривом руйнівна дія водної ерозії незначна.

Отже, зазначене свідчить про важливість розуміння та управління ерозією для збереження родючості орних земель та досягнення сталої сільськогосподарської продуктивності. Розглянуті різні види ерозії, такі як водна, вітрова, гірська та інші, вказують на різноманітні фактори, які можуть впливати на стан ґрунту. Негативний вплив ерозії на орні землі включає втрату родючого шару, погіршення структури ґрунту, зменшення водопроникності та утруднення умов для посівів. Ці явища можуть призводити до збільшених витрат

на зрошення та добрива, а також до загрози стабільності сільськогосподарських екосистем.

## 1.2 Сучасні методи та техніки моделювання розвитку ерозії

Моделювання розвитку ерозії є важливим інструментом для прогнозування та управління процесами ерозії, а також для розробки стратегій збереження ґрунтів та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Сучасні методи та техніки моделювання включають:

### 1. Фізичні моделі:

- теренні моделі, використовуються для вивчення різних аспектів ерозії, таких як вплив вітру, води та інших чинників на ґрунт в контрольованих лабораторних умовах.

- гідродинамічні моделі, моделюють рух води в різних географічних умовах та досліджують водну ерозію.

### 2. Гідрологічні та геологічні моделі:

- моделі водостоків, використовуються для аналізу розподілу води на території та ідентифікації потенційних зон ерозії.

- моделі виносу матеріалів, допомагають оцінити рух ґрунтового матеріалу в річкових системах.

### 3. Геоінформаційні системи (ГІС):

- просторове моделювання, ГІС можуть інтегрувати дані з різних джерел для аналізу просторового розподілу ерозійних процесів та ідентифікації ризикованих зон.

- моделі руху ґрунту, ГІС можуть використовуватися для прогнозування траєкторій переміщення ґрунту внаслідок ерозійних процесів.

### 4. Моделі вітрової ерозії:

- комп'ютерні симуляції вітрової ерозії, використовують аеродинамічні принципи для моделювання переміщення та виносу частинок ґрунту вітром.

5. Моделі, що базуються на даних супутникового зондування:

- використання супутникових зображень та даних: Дозволяє в реальному часі або періодично відслідковувати зміни в ґрунтовому покриві та ідентифікувати області з підвищеним ризиком ерозії [6, с. 57].

Ці методи допомагають науковцям, географам, екологам та сільськогосподарським фахівцям отримувати більше інформації про процеси ерозії, розвивати стратегії управління ґрунтами та ефективно застосовувати консерваційні методи.

Техніка моделювання розвитку ерозії розвивається швидко, і вона стає все більш точною та деталізованою завдяки вдосконаленню математичних методів, доступу до великої кількості даних та розвитку обчислювальних технологій.

Особливості техніки моделювання розвитку ерозії включають:

1. Математичні моделі. Використовуються для відтворення складних фізичних і хімічних процесів, що відбуваються в ерозійних системах. Можуть включати елементи гідродинаміки, аеродинаміки, геоморфології та інших наук для більш точного відображення реальних умов.
2. Гідродинамічні моделі. Спрямовані на моделювання руху води в річках, ставках, озерах та інших водоймах для аналізу водної ерозії та транспорту частинок ґрунту.
3. Вітрові моделі. Розроблені для моделювання вітрової ерозії та вивчення факторів, які впливають на переміщення та винос частинок ґрунту вітром.
4. Просторові аналітичні системи (ГІС). Використовують просторову інформацію для візуалізації та аналізу розподілу ерозійних процесів в конкретних регіонах. Інтегрують дані з різних джерел, таких як супутникові зображення, рельєфні дані та кліматичні дані.

5. Фізичні та лабораторні моделі. Використовуються для вивчення конкретних аспектів ерозії в контрольованих умовах, враховуючи різні фізичні параметри.
6. Системи збору та аналізу даних. Використовують сучасні технології для збору реальних даних про ґрунтовий покрив, кліматичні умови, гідрологічні характеристики та інші фактори, що впливають на ерозію.
7. Комп'ютерні симуляції. Використовують велику потужність обчислювальних систем для створення точних та динамічних моделей ерозійних процесів [7, с. 98].

Ці техніки використовуються як окремо, так і в поєднанні, щоб надати комплексні та достовірні дані для прогнозування та управління розвитком ерозії. Вони є ефективними інструментами для розробки стратегій збереження ґрунтів та раціонального використання природних ресурсів.

Математичні моделі розвитку ерозії ґрунтів використовуються для математичного опису та прогнозування процесів, що відбуваються в ерозійних системах. Ці моделі враховують фізичні, гідродинамічні, топографічні та інші аспекти, що впливають на ерозію.

Декілька основних типів математичних моделей включає:

1. Моделі водної ерозії. Використовуються для опису процесів, пов'язаних з рухом води та її впливом на ґрунт. Включають параметри, такі як інтенсивність опадів, нахил, ступінь покриття рослинами та інші фактори. Моделі типу USLE (Universal Soil Loss Equation) та RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) є одними з найвідоміших.
2. Моделі вітрової ерозії. Описують процеси виносу ґрунтових частинок вітром. Враховують вплив факторів, таких як вітровий рух, розмір частинок ґрунту та вологість повітря. Використовуються для аналізу ризиків та визначення оптимальних стратегій запобігання вітрової ерозії.
3. Гідродинамічні моделі. Описують рух води в річках, річищах, ставках та інших водних об'єктах. Моделюють виникнення поверхневого стоку, ерозійні потоки та їхні взаємодії. Моделі SWAT (Soil and Water Assessment

Tool) та HSPF (Hydrological Simulation Program-Fortran) є прикладами таких моделей.

4. Просторові моделі ГІС. Використовують геоінформаційні системи для вивчення та прогнозування розподілу ерозійних процесів на конкретних територіях. Враховують просторові характеристики, такі як рельєф, вегетація, гідрологічні умови та інші.
5. Моделі, що використовують методи скінчених елементів. Використовують числові методи для апроксимації та розв'язання рівнянь, описуючих процеси ерозії. Забезпечують високу точність та деталізацію в моделюванні складних фізичних явищ [8, с. 326].

Ці моделі є інструментами для наукових досліджень, прогнозування ерозійних процесів та розробки стратегій управління ґрунтами з метою збереження родючості та зменшення впливу на довкілля.

Гідродинамічні моделі розвитку ерозії ґрунтів вивчають рух води та його вплив на ґрунтовий покрив, і вони важливі для розуміння водної ерозії. Ці моделі дозволяють прогнозувати зміни рельєфу, переміщення частинок ґрунту та розподіл води в ерозійних системах.

Основні особливості гідродинамічних моделей розвитку ерозії ґрунтів включають:

1. Урахування гідродинамічних процесів. Гідродинамічні моделі описують рух води, ураховуючи такі фактори, як швидкість, напрямок, тиск та потік води в різних гідрологічних умовах.
2. Транспорт частинок ґрунту. Моделі включають у себе механізми транспорту частинок ґрунту, які переносяться водою, враховуючи їхні властивості та вплив на розвиток ерозії.
3. Профілювання річкових русел. Гідродинамічні моделі можуть допомагати в профілюванні та моделюванні русел річок, каналів та інших водних шляхів, що важливо для розуміння ерозійних процесів.

4. Урахування територіальних особливостей. Моделі можуть бути пристосовані до різних територій, враховуючи особливості ландшафту, типи ґрунтів та рослинність.
5. Моделювання сценаріїв. Дозволяє проводити моделювання різних сценаріїв, таких як зміни випадковості опадів, вплив зміни вегетації чи введення консерваційних заходів.
6. Взаємодія з природними факторами. Гідродинамічні моделі враховують взаємодію з природними факторами, такими як клімат, геоморфологія та рослинність.
7. Чисельні методи розв'язку рівнянь. Моделі використовують чисельні методи для розв'язку систем рівнянь, які описують гідродинамічні процеси [9, с. 2].

Прикладом гідродинамічної моделі для вивчення ерозії може бути SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Ця модель дозволяє враховувати різноманітні фактори, такі як опади, транспорт ґрунту та витрати води, для аналізу водної ерозії та визначення впливу аграрних практик на рівень ерозії.

Вітрові моделі розвитку ерозії ґрунтів використовуються для аналізу та прогнозування процесів виносу ґрунтового матеріалу вітром. Ці моделі допомагають розуміти вплив вітру на рух та перенесення частинок ґрунту, а також визначають фактори, що впливають на вітрову ерозію.

Деякі особливості вітрових моделей розвитку ерозії ґрунтів включають:

1. Урахування аеродинамічних процесів. Моделі враховують вплив вітру на рух частинок ґрунту, враховуючи аеродинамічні характеристики частинок та інтенсивність вітрового руху.
2. Оцінка розміру та густини частинок. Враховуються фізичні властивості ґрунтових частинок, такі як їхній розмір та густина, оскільки ці параметри впливають на їхню схильність до виносу вітром.
3. Аналіз ступеня вологості. Вологий ґрунт менше схильний до вітрової ерозії, тому моделі враховують вологість ґрунту та її вплив на процеси ерозії.

4. Моделювання вітрових потоків. Дозволяє моделювати вітрові потоки та їх взаємодію з ґрунтовим покривом для визначення шляхів руху частинок.
5. Оцінка висоти та величини піску. Моделі можуть враховувати висоту та розмір частинок піску, які є основними факторами вітрової ерозії в пустельних регіонах.
6. Врахування територіальних особливостей. Моделі можуть бути налаштовані під конкретні території, враховуючи рельєф, вегетацію та інші фактори.
7. Моделювання імпаكتу ландшафтних змін. Дозволяє оцінити ефективність консерваційних заходів або прогнозувати можливі зміни в ерозійній активності внаслідок змін в ландшафті [10, с. 19].

Деякі з відомих вітрових моделей включають CREAMS (Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems), WEPS (Wind Erosion Prediction System) та WRF (Weather Research and Forecasting Model), які можуть бути використані для вивчення вітрової ерозії в різних кліматичних та географічних умовах. Ці моделі грають важливу роль у розробці стратегій управління ґрунтами для зменшення негативного впливу вітрової ерозії на сільське господарство та екосистеми.

Отже, представлено різноманітні та високоефективні методи моделювання, які дозволяють аналізувати та прогнозувати розвиток ерозії ґрунтів у сучасних умовах. Засоби математичного моделювання, гідродинамічні та вітрові моделі стали важливими інструментами для науковців та фахівців у галузі землеробства, екології та природоохоронних заходів. Високоточні математичні моделі, засновані на фізичних принципах та чисельних методах, дозволяють враховувати різні аспекти ерозійних процесів, зокрема водної та вітрової ерозії. Гідродинамічні моделі розглядають вплив води на рух частинок ґрунту, враховуючи гідрологічні умови та характеристики території. Вітрові моделі дозволяють аналізувати рух частинок ґрунту під впливом вітру та оцінювати фактори, що впливають на вітрову ерозію. Ці методи і техніки не лише надають глибоке розуміння процесів ерозії, але й служать інструментами

для розробки та впровадження консерваційних стратегій та планів управління ґрунтами. Застосування геоінформаційних систем та сучасних технологій супутникового зондування дозволяє здійснювати просторовий аналіз та взаємодію різних факторів на розвиток ерозії в реальному часі. У цьому розділі відзначено, що поєднання різноманітних підходів та технологій дозволяє отримувати комплексні та достовірні дані, які є ключовими для ефективного управління ерозією, збереження родючості ґрунтів та сталого використання природних ресурсів.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ НА ОРНИХ ЗЕМЛЯХ

### 2.1. Вибір об'єкта та обрання методів збору даних

Об'єкт ерозії ґрунту - це територія або участок землі, де відбуваються процеси ерозії, тобто виносу та переміщення верхнього шару ґрунту внаслідок впливу природних чинників.

Завдання охорони ґрунтів полягають у втіленні в життя науково обґрунтованої системи організаційно-господарських, агротехнічних лісомеліоративних та гідротехнічних заходів, спрямованих на раціональне використання земельних ресурсів, збереження й підвищення родючості ґрунтів, відтворення їхньої продуктивності з метою найкращого використання всіх біологічних можливостей наземних екосистем. Ефективність цих заходів залежить від глибини якісних змін у ґрунтовому покриві, викликаних стихійним або антропоїчним впливом, а також від фізико-географічних і насамперед ґрунтово-кліматичних умов [11, с. 15].

Організаційно-господарські заходи передбачають вирощування на крутосхилах лісів, які їх надійно захищають, або садів. Вздовж водних артерій виділяються спеціальні захисні ліси водорегулюючого значення. На схилах з малопотужним ґрунтом, що легко руйнується, не можна вирощувати просапні культури, не допускається випас худоби на легких, слабо закріплених дерниною ґрунтах.

Ерозія може впливати на різні типи об'єктів, включаючи:

1. Орні землі. Сільськогосподарські угіддя, де ведеться культивування рослин, часто стають об'єктами ерозії внаслідок обробки ґрунту, вітрової та водної ерозії.
2. Природні екосистеми. Ліси, степи, пустелі та інші природні екосистеми можуть піддаватися ерозії внаслідок вітрових чи водних процесів, особливо якщо розривається рослинний покрив.

3. Берегові лінії. Морські та річкові береги піддані ерозії через хвилі та течії, що може призвести до змін у формі та розмірах узбережжя.
4. Гірські території. Високогір'я піддаються впливу ерозії через високі вітри, великі опади та зсуви, що може призводити до формування бекетів, гравітаційної ерозії та інших процесів.
5. Забудовані території. Міські та промислові об'єкти також можуть бути піддані ерозії через зміни в рельєфі та ландшафті, водні потоки, а також погіршення властивостей ґрунту через інфраструктурні роботи [12, с. 21].

Об'єкти ерозії можуть бути різноманітними за розміром та характером.

Управління та моніторинг ерозійних процесів на цих об'єктах є важливим завданням для збереження ґрунтового покриву, підтримання екосистем та управління природними ресурсами.

Збір даних про ерозію на орних землях важливий для розуміння рівня впливу цього процесу та розробки стратегій збереження ґрунтового покриву. Для цього можна використовувати різноманітні методи та техніки.

Ось кілька з них:

1. Вимірювання глибини ерозії. Застосування інструментів для вимірювання глибини ерозії дозволяє отримати конкретні дані про втрати ґрунту в певних областях. Методи можуть включати в себе використання відміток на колах, які закріплюються в ґрунті.
2. Використання геоінформаційних систем. ГІС дозволяють зібрати та аналізувати просторові дані про розподіл ерозійних процесів. Сучасні технології, такі як супутникове зондування, можуть надати високороздільні зображення для визначення зон ерозії.
3. Вивчення ландшафтних характеристик. Аналіз рельєфу, нахилу території, типів ґрунтів та природних об'єктів допомагає визначити умови, сприяючі або запобігаючі розвитку ерозії.
4. Метеорологічні спостереження. Врахування погодних умов, таких як інтенсивність опадів, швидкість вітру та температурні зміни, дозволяє зрозуміти вплив кліматичних чинників на ерозію.

5. Методи теренового моніторингу. Спостереження на місці за ознаками ерозії, такими як сліди відмивання, формування бекетів та винос ґрунту, може забезпечити важливу інформацію.
6. Використання техніки GPS. Вимірювання точних координат на території дозволяє створювати точні карти розподілу ерозії та визначати зони особливого ризику.
7. Аналіз історичних даних. Вивчення архівів, старих карт та фотографій дозволяє визначити зміни в розподілі ґрунтової ерозії на протязі часу [13, с. 53].

Об'єднання різних методів дозволяє отримати повну та достовірну картину ерозійних процесів на орних землях, що є важливим для ефективного планування та впровадження заходів з регулювання ерозії.

Використання сучасних технологій, таких як GPS та супутникове зондування, дозволяє отримувати точні та географічно зорієнтовані дані, необхідні для створення детальних карт розподілу ерозії на орних землях.

Завершуючи, розділ підкреслює важливість ретельного вибору об'єкта та використання різноманітних методів для комплексного аналізу ерозії на орних землях. Це є важливим етапом у прийнятті обґрунтованих рішень для управління ґрунтовим покривом та збереження екосистем сільських угідь.

Отже, визначено ключові аспекти вивчення та моніторингу ерозійних процесів на сільськогосподарських угіддях. Вибір об'єкта дослідження та застосування відповідних методів збору даних визначають ефективність та точність аналізу, спрямованого на збереження родючості ґрунтів та управління ерозійними процесами. Важливість вимірювань глибини ерозії, використання геоінформаційних систем, аналізу ландшафтних характеристик та теренового моніторингу відображена в тому, що ці методи надають об'єктивні дані про обсяги та місця виникнення ерозійних процесів. Також, важливим є аналіз історичних даних, що дозволяє враховувати зміни в ерозійному стані у часовому аспекті, що може бути корисним для розуміння довготривалих тенденцій та розробки прогностичних моделей.

## 2.2. Визначення параметрів для моделювання розвитку ерозії

Визначення параметрів для моделювання розвитку ерозії є ключовим етапом у створенні точних та достовірних математичних моделей. Врахування різних фізичних, хімічних та гідрологічних параметрів дозволяє краще розуміти та передбачати процеси ерозії в різних природних та антропогенних умовах.

Основні параметри для моделювання розвитку ерозії включають:

1. Тип ґрунту. Різні типи ґрунту мають різні властивості, такі як текстура, структура та здатність утримувати вологу. Ці параметри впливають на схильність ґрунту до ерозії.
2. Рослинність та вегетаційний покрив. Наявність рослинності впливає на затримку води та зменшення швидкості поверхневого стоку. Врахування вегетаційного покриву є важливим для оцінки впливу рослин на ерозійні процеси.
3. Кліматичні умови. Ерозійні процеси сильно залежать від клімату, зокрема від інтенсивності опадів, температури, вітрових умов та інших метеорологічних факторів.
4. Схил та рельєф. Схили та характер рельєфу визначають напрямок та швидкість стоку води. Великі схили та круті рельєфи сприяють ерозійним процесам.
5. Типи та характеристики річкових русел. Параметри річкових русел, такі як ширина, глибина та швидкість потоку, впливають на транспорт ґрунту водою.
6. Вологозабезпеченість та режим опадів. Визначення режиму опадів та наявність вологи у ґрунті важливо для визначення рівня насиченості водою та його впливу на ерозійні процеси.
7. Властивості частинок ґрунту. Розмір, щільність та форма частинок ґрунту впливають на їхню схильність до вітрової або водної ерозії.

8. Величина та інтенсивність вітру (для вітрових ерозій). Визначення параметрів вітру, таких як швидкість та частота поривів, є важливим для аналізу вітрової ерозії [14, с. 48].

Врахування цих параметрів дозволяє створювати більш точні та реалістичні моделі розвитку ерозії, які можуть бути використані для прогнозування та розробки стратегій управління ґрунтами для запобігання негативним впливам ерозійних процесів.

Визначення параметрів для моделювання розвитку ерозії є важливим етапом у створенні адекватних та ефективних математичних моделей.

Особливості цього процесу включають:

1. Множинні взаємозв'язки. Визначення параметрів пов'язаних процесів, таких як взаємодія між ґрунтом і водою, вплив рослинності та кліматичних факторів, вимагає розгляду множини взаємозв'язків, що впливають на ерозію.
2. Контекстуальний підхід. Врахування контекстуальних особливостей, таких як ландшафтні характеристики, рельєф, розташування річок та особливості ґрунтового покриву, є важливим для точності визначення параметрів.
3. Просторова та часова варіабельність. Моделі повинні враховувати просторову та часову динаміку ерозійних процесів, оскільки умови можуть змінюватися на різних територіях та в різні періоди.
4. Визначення точних вихідних даних. Визначення точних вихідних даних для параметрів є важливим, оскільки неправильні або неточні вхідні дані можуть призвести до неточностей у прогнозуванні ерозійних процесів.
5. Інтеграція різноманітних джерел інформації. Параметри можуть бути визначені інтеграцією даних з різних джерел, таких як супутникове зондування, теренові вимірювання, метеорологічні спостереження та інші джерела інформації.

6. Урахування локальних особливостей. Параметри повинні бути визначені з урахуванням локальних особливостей конкретної території, оскільки вони можуть суттєво впливати на ерозійні процеси.
7. Застосування актуальних досліджень. Оновлення параметрів на основі останніх досліджень та нових відкриттів у галузі ґрунтознавства, екології та інших відповідних наук.
8. Корекція та валідація. Визначені параметри повинні піддаватися корекції та валідації на основі реальних спостережень та емпіричних даних [15, с. 66].

Урахування цих особливостей допомагає покращити точність та надійність математичних моделей розвитку ерозії, що є важливим для їхнього успішного використання в практиці управління ґрунтами та екосистемами.

Однією з ключових особливостей визначення параметрів є необхідність урахування різноманітних фізичних, географічних, кліматичних та антропогенних чинників, що впливають на ерозійні процеси. Спроба взяти до уваги всі ці аспекти дозволяє збільшити точність та реалізм моделей. Інтеграція даних з різних джерел, таких як супутникове зондування, теренові вимірювання та метеорологічні спостереження, дозволяє отримати комплексні та достовірні вихідні дані для визначення параметрів. Урахування локальних особливостей та актуальних досліджень сприяє адаптації моделей до конкретних умов різних територій.

Отже, досліджено ключові аспекти визначення параметрів, які використовуються у математичних моделях для передбачення та аналізу процесів ерозії. Визначення цих параметрів виявляється невід'ємним етапом у розробці точних та надійних моделей, спрямованих на розуміння та прогнозування динаміки ерозійних процесів. Важливо наголосити на потребі постійного оновлення та валідації параметрів на основі нових досліджень та даних, щоб забезпечити актуальність та ефективність моделей у часі. Робота над визначенням параметрів для моделювання розвитку ерозії є складним та багатогранним завданням, але її результати становлять важливий внесок у

вивчення та контроль ерозійних процесів, а також в розробку стратегій управління ґрунтовим покривом для забезпечення сталого використання природних ресурсів.

### **2.3 Використання ГІС-інструментів для аналізу отриманих даних**

Використання Геоінформаційних Систем (ГІС) для аналізу отриманих даних про ерозію має велике значення в сучасних дослідженнях та плануванні. ГІС надає можливість інтегрувати, аналізувати та візуалізувати географічні дані, що дозволяє здійснювати комплексний підхід до вивчення ерозійних процесів.

ГІС - це комп'ютерна система, яка забезпечує збір, підтримку, зберігання, аналіз, видачу та розповсюдження просторових даних і інформації.

Ось деякі ключові аспекти використання ГІС-інструментів для аналізу даних про ерозію:

1. Просторовий аналіз. ГІС дозволяють виконувати просторовий аналіз даних, визначаючи розподіл ерозійних процесів на конкретній території. Це допомагає в ідентифікації зон з підвищеним ризиком та розвинення стратегій управління.
2. Логічне інтегрування даних. ГІС дозволяють логічно інтегрувати різні види даних, такі як векторні та растрові шари, спостереження на місці, кліматичні дані, інформацію про рельєф, що робить можливим вивчення ерозійних процесів у комплексі.
3. Моделювання та прогнозування. ГІС можуть бути використані для створення просторових математичних моделей, які дозволяють прогнозувати розвиток ерозії в різних сценаріях та з урахуванням різних факторів.
4. Візуалізація результатів. ГІС надають ефективні інструменти для візуалізації результатів аналізу. Карти, графіки та інші графічні

представлення допомагають зрозуміти розподіл ерозії та її зв'язок з іншими факторами.

5. Моніторинг та збір даних. ГІС сприяють ефективному моніторингу територій в реальному часі, дозволяючи автоматизовано збирати та оновлювати географічні дані для подальшого аналізу.
6. Планування та прийняття рішень. ГІС надають інструменти для розробки стратегій управління ерозією та прийняття рішень на основі аналізу просторових даних [16, с. 21].

Використання ГІС-інструментів сприяє вдосконаленню аналізу та розумінню ерозійних процесів, що є важливим для раціонального використання ресурсів та розробки ефективних заходів з управління ерозією.

ГІС дозволяють проводити просторовий аналіз ерозійних процесів і створювати моделі, що дозволяють прогнозувати розвиток ерозії на конкретних територіях. Це допомагає в розумінні причинно-наслідкових зв'язків та розробці стратегій управління.

Так, ГІС надають засоби для ефективного моніторингу та оновлення географічних даних в реальному часі, що робить можливим отримання актуальної інформації та динамічного аналізу змін.

Засоби візуалізації у ГІС дозволяють зрозуміло та ефективно представляти результати аналізу для широкого спектру аудиторії, що полегшує комунікацію та прийняття рішень.

ГІС можуть ефективно інтегруватися з іншими інструментами та джерелами даних, такими як супутникове зондування, дистанційне зондування, що підсилює можливості аналізу та моніторингу.

Так, ГІС можуть ефективно інтегруватися з іншими інструментами та джерелами даних, такими як супутникове зондування, дистанційне зондування, що підсилює можливості аналізу та моніторингу.

ГІС допомагають оптимізувати процеси планування та прийняття рішень у сфері управління ерозією, забезпечуючи аналітичні інструменти для раціонального використання ресурсів [17, с. 300].

Усе це свідчить про значущий вплив ГІС на підвищення ефективності та об'єктивності аналізу даних, що стосуються ерозії, та підтверджує їхню важливість у сучасних дослідженнях та практиці управління природними ресурсами.

Отже, досліджено значущість та ефективність використання Геоінформаційних Систем (ГІС) для аналізу даних, пов'язаних із ерозійними процесами. Висновки підкреслюють ключовий внесок ГІС у сучасні дослідження та управління ерозією. ГІС дозволяють інтегрувати різноманітні географічні дані з різних джерел та використовувати їх у єдиній аналітичній платформі. Це сприяє злагодженню та об'єднанню інформації для комплексного аналізу.

## РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ НА ОРНИХ ЗЕМЛЯХ

### 3.1. Оцінка ефективності використаних методів та технік

Оцінка ефективності методів ерозії ґрунтів на орних землях є складним завданням і включає в себе ряд аспектів, таких як вибір методів, вимірювання впливу та аналіз результатів.

Ерозія спостерігається в усіх частинах світу. Нею охоплено 70-80% площі сільськогосподарських угідь. Темпи ерозії при нераціональному природокористуванні особливо прискорені в гірських інтенсивно вологих, чи навпаки – аридних районах. У США за останні 150 років більше 100 млн. га ріллі і пасовищ зруйновані чи сильно ушкоджені ерозією, більше 300 млн. га порушені ерозією, 20 млн. га ріллі перетворені в бедленд, до 40 млн. га мають наполовину змитий гумусовий шар. У нашій країні 2/3 орних земель ерозійно небезпечні. Майже 186 млн. тон дрібнозему виноситься з поверхні орних земель внаслідок тільки водної ерозії. Важлива роль у підвищенні протиерозійної стійкості належить структуроутворенню. Поряд зі своєчасним обробітком, яка щадить ґрунт, посівами багаторічних трав, для оструктурювання ґрунтів у останні роки стали застосовувати полімери-структуроутворювачі. Особливо ефективні вони на легких ґрунтах [18, с. 148].

Нижче наведено кілька ключових етапів, які можна врахувати при оцінці ефективності використаних методів ерозії ґрунтів:

1. Вибір методів контролю ерозії:
  - технічні методи, зокрема системи терасування, конструкції для затримки води, утримання ґрунту.
  - вегетаційні методи, збереження та відновлення рослинного покриву, використання сівозмін, посів рослин, що утримують ґрунт.
  - методи управління водопосібниками: будівництво водопосібників, зберігання води, регулювання водних потоків.
2. Моніторинг ерозійних процесів:

- збір та аналіз даних про втрати ґрунту, масштаби ерозійних процесів, швидкість руху води, ступінь насичення ґрунту вологою.

- вивчення впливу погодних умов та гідрологічних факторів на ерозійні процеси.

### 3. Визначення ступеня втрат ґрунту:

- оцінка кількості та якості втраченого ґрунту.
- вивчення впливу ерозії на родючість ґрунту та якість ґрунтового покриву.

### 4. Оцінка економічного впливу:

- визначення економічних втрат внаслідок ерозії.
- порівняння витрат на впровадження та утримання методів контролю ерозії з економією від запобігання втрат ґрунту.

### 5. Оцінка стійкості та тривалості застосованих методів:

- вивчення тривалості та стійкості обраного методу впливу на ерозію ґрунту.
- аналіз можливих змін у реакції на зміни в умовах навколишнього середовища.

### 6. Оцінка врахування екологічних аспектів:

- врахування екологічних наслідків використання конкретних методів, зокрема, впливу на рослинний та тваринний світ, водні ресурси та інші аспекти довкілля [19, с. 460].

Інтегрована оцінка цих факторів дозволяє визначити ефективність використаних методів контролю ерозії та розробляти науково обґрунтовані стратегії для подальшого вдосконалення земельного господарства та управління ґрунтовими ресурсами.

Процес ерозії ґрунту складається з трьох різних частин: відшарування, транспортування та осадження. По-перше, частинки ґрунту відділяються енергією падаючих крапель дощу, проточної води або вітру. Частинки ґрунту з найменшою зчепленням найпростіше розпушити. Потім відокремлені частинки ґрунту транспортуються поверхневим стоком (також відомим як сухопутний

потік) або вітром. Нарешті, частинки ґрунту починають осідати, або осаджуватися, коли швидкість сухопутного потоку або потужність транспорту вітру та осаду зменшуються. Осаджені частинки називають осадом. Більш важкі частинки, такі як гравій та пісок, спочатку осаджуються, тоді як дрібні частинки мулу та глини, як правило, можуть переноситися на більшу відстань та час перед осадженням. Хоча частинки дрібного піску легше відділяються, ніж у глинистому ґрунті, глинисті частинки легше транспортуються, ніж частинки піску у воді.

На додаток до енергії води або вітру, що використовується як для відриву, так і для транспортування частинок ґрунту, гравітація може впливати на ерозію або безпосередньо, тобто на ґрунт, що рухається вниз без води (наприклад, масовий рух спаду), або опосередковано (наприклад, тягне дощ до Землі або тягне паводкові води вниз). Біотурбація, яка є переробкою ґрунтів і відкладень тваринами або рослинами, також може відігравати важливу роль у транспортуванні осаду. Наприклад, викорчевані дерева, безхребетні, що живуть під землею і рухаються через ґрунт (наприклад, дощові черв'яки), і багато ссавців, що зариваються в ґрунт (наприклад, кроти), можуть спричинити транспортування ґрунту вниз [20, с. 266].

При деяких інших ерозійних процесах цикли заморожування і відтавання або змочування і висихання глинистих ґрунтів послаблюють або руйнують ґрунтові заповнювачі і роблять ґрунт більш сприйнятливим до ерозії. У бореальних районах (тобто північних районах з тривалою зимою та коротким, прохолодним до м'яким літом) ерозія ґрунту може бути високою в періоди танення снігу внаслідок насичених водою ґрунтів, обмеженого рослинного покриву та високого сухопутного потоку. Еродивність ґрунту висока в недавно талих ґрунтах, оскільки високий вміст води знижує міцність зчеплення ґрунтових агрегатів.

Середньорічну швидкість ерозії можна оцінити за допомогою математичних моделей. Однією з найбільш широко використовуваних моделей для оцінки втрат ґрунту водною ерозією є Універсальне рівняння втрат ґрунту,

USLE та його оновлення Переглянуте універсальне рівняння втрат ґрунту або модифіковане універсальне рівняння ґрунту. Згідно з USLE, основними факторами, що впливають на ерозію, є місцевий клімат, ґрунт, рельєф (довжина та крутизна сільськогосподарських угідь), управління покривом та практика збереження.

Стандартна ділянка ерозії має довжину 22,13 м і ширину 4,05 м, з рівномірним 9% ухилом при безперервному парі, оброблений вгору і вниз по схилу, і є експериментальною основою для розробки емпіричної моделі USLE. Втрати ґрунту оцінюються наступним чином за USLE:  $A = R K L S C P$ .

де  $A$  = обчислені середньорічні втрати ґрунту ( $\text{Mg га}^{-1} \text{ рік}^{-1}$ ) від ерозії листів та бурів

$R$  = коефіцієнт ерозійності опадів ( $\text{МДж мм га}^{-1} \text{ год}^{-1} \text{ рік}^{-1}$ )

$K$  = коефіцієнт еродивності ґрунту ( $\text{Mg га га}^{-1} \text{ мДж}^{-1} \text{ мм}^{-1}$ )

$LS$  = топографічний коефіцієнт (поєднує довжину ухилу і коефіцієнти крутизни  $L$  і  $S$ ) (безрозмірний)

$C$  = фактор управління врожаєм (безрозмірний, в діапазоні від 0 до 1)

$P$  = коефіцієнт практики збереження (безрозмірний, в діапазоні від 0 до 1; високе значення, 1, присвоюється районам без практики збереження)

Кожне значення праворуч можна оцінити за малюнками або таблицями. Щоб мінімізувати втрати ґрунту ( $A$ ), будь-яке значення праворуч потрібно зменшити. Одиниці  $R$  і  $K$  в рівнянні 4.3.1 є результатом адаптації USLE для використання в одиницях СІ. USLE був отриманий з використанням звичних одиниць США (наприклад, тонн, дюймів, акрів). З міжнародним застосуванням USLE важливе значення було прийняття одиниць СІ. Кілька авторів (наприклад, Foster et al., 1981) описали підходи до використання USLE в одиницях СІ [21, с. 52].

Наукові дослідження та вимірювання ерозії необхідні для розуміння процесів ерозії. Ерозія вимірюється за трьома основними причинами кадастри ерозії, наукові дослідження ерозії та розробка та оцінка методів боротьби з ерозією. Вимірювання також необхідні для розробки технології прогнозування

ерозії та реалізації природоохоронних ресурсів та розробки природоохоронних норм, політики та програм. Вимірювання ерозії використовуються для розробки, калібрування та валідації методів прогнозування ерозії.

Системи терасування та конструкції для затримки води та утримання ґрунту є ефективними методами контролю ерозії та покращення стійкості ґрунту.

Ось короткий огляд цих методів:

#### 1. Системи терасування:

- опис, системи терасування включають створення горизонтальних або слабконаклонних площин у рельєфі для обмеження ерозії.
- принцип дії, тераси дозволяють зменшити кут нахилу схилу, що сприяє затримці руху води та розподілу її рівномірно по поверхні ґрунту. Це допомагає утримати воду та запобігти ерозії.
- використання, застосовуються на схилах, особливо там, де існують високі різниці висот.
- матеріали, можуть використовуватися різні матеріали, такі як ґрунт, камінь, деревина, бетон тощо.

#### 2. Конструкції для затримки води та утримання ґрунту:

- опис, ці конструкції включають в себе різноманітні споруди, які призначені для затримки води, запобігання стоку та утримання ґрунту.
- принцип дії, конструкції, такі як дамби, греблі, резервуари для затримки води, забезпечують регулювання водних потоків та створюють умови для підвищення вологоутримування ґрунту.
- використання, застосовуються на різних ландшафтах, залежно від потреби у затримці води та утриманні ґрунту.
- матеріали, для конструкцій можуть варіюватися від природних, таких як камінь чи ґрунт, до штучних, таких як бетон чи метал [22, с. 64].

Обидва методи спрямовані на стабілізацію схилів, зменшення швидкості водяного стоку та утримання ґрунту. Важливо враховувати, що вибір конкретного методу повинен базуватися на географічних, кліматичних, геологічних та екологічних умовах конкретного регіону. Підходи також можуть

бути комбінованими для досягнення максимальної ефективності контролю ерозії.

Збереження та відновлення рослинного покриву, використання сівозмін, та посів рослин, що утримують ґрунт, є ефективними методами для контролю ерозії та підвищення стійкості ґрунту. Ці методи базуються на принципах використання рослин для утримання ґрунту та запобігання його втратам.

Ось короткий огляд цих методів:

#### 1. Збереження та відновлення рослинного покриву:

- опис, збереження рослинного покриву передбачає захист існуючих рослин чи відновлення рослинності там, де вона була втрачена.

- принцип дії, рослинний покрив допомагає утримувати ґрунт, запобігаючи прямому впливу води та вітру. Коріння рослин вкріплює верхній шар ґрунту, а саме рослини слугують бар'єром для води та водночас сприяють утриманню вологи.

- використання, застосовується на схилах, берегах водойм, в заплавах та інших уразливих місцях.

- матеріали, різноманітні види рослин, які придатні для конкретного кліматичного та ґрунтового регіону.

#### 2. Використання сівозмін:

- опис, систематична зміна культурних рослин на певних ділянках протягом періоду часу.

- принцип дії, сівозміна допомагає підтримувати родючість ґрунту та запобігає його виснаженню певними елементами. Різні рослини мають різні вимоги до ґрунту, а отже, такий підхід може покращити стан ґрунту.

- використання, застосовується в сільському господарстві та садівництві.

- матеріали, різноманітні культурні рослини, включаючи зернові, бобові, технічні та інші види.

#### 3. Посів рослин, що утримують ґрунт:

- опис, використання спеціальних видів рослин, які володіють властивостями утримання ґрунту.

- принцип дії, рослини, які мають сильну кореневу систему або інші механізми утримання ґрунту, використовуються для стабілізації ґрунту та запобігання його втратам.

- використання, застосовується на еродованих ділянках, схилах та інших уразливих місцях.

- матеріали, рослини, такі як гербарії, трав'янисті види, або ті, що мають довге коріння [23, с. 384].

Ці методи можуть використовуватися як самостійно, так і в комбінації, для досягнення максимальної ефективності утримання ґрунту та запобігання ерозії.

Будівництво водопосібників, зберігання води та регулювання водних потоків є ефективними методами контролю ерозії та управління водними ресурсами. Ці методи в основному використовуються для зменшення впливу екстремальних погодних явищ, водяних стоків та підтримки сталого використання водних ресурсів.

Ось короткий огляд цих методів:

#### 1. Будівництво водопосібників:

- опис, водопосібники - це штучно створені резервуари чи ставки для затримки води.

- принцип дії, водопосібники затримують воду, що дозволяє контролювати її потік та запобігати ерозії. Вони також можуть використовуватися для забезпечення води в сухих періодах.

- використання, застосовується в сільському господарстві, лісовому господарстві та міському плануванні.

- матеріали, залежить від розміру та призначення водопосібника - бетон, глина, поліетилен та ін.

#### 2. Зберігання води:

- опис, системи для зберігання води можуть включати резервуари, басейни чи інші інфраструктурні об'єкти для накопичення води.

- принцип дії, зберігання води дозволяє регулювати доступність водних ресурсів в різний час, особливо в періоди дощів та влаштовувати їх ефективне використання.

- використання, в сільському та міському господарстві, для забезпечення питної води та ірігації.

- матеріали, бетон, сталь, поліетилен та інші матеріали.

### 3. Регулювання водних потоків:

- опис, системи для регулювання водних потоків включають в себе дамби, затвори, канали та інші інфраструктурні об'єкти.

- принцип дії, ці системи дозволяють контролювати рівень води в річках та потоках, затримувати воду чи, навпаки, випускати її для попередження ерозії та забезпечення правильного водного режиму.

- використання, в ірігаційному господарстві, гідроенергетиці, а також для захисту від повеней та управління водними ресурсами.

- матеріали, бетон, сталь, дерево та інші матеріали [24, с. 114].

Ці методи можуть застосовуватися в поєднанні з іншими прийомами для створення комплексної системи водоуправління та контролю ерозії. Правильне використання цих інфраструктурних заходів може сприяти сталому використанню водних ресурсів та зменшенню ризиків водної ерозії.

Збір та аналіз даних про втрати ґрунту, масштаби ерозійних процесів, швидкість руху води та ступінь насичення ґрунту вологою є ключовими етапами при вивченні та контролі ерозійних явищ. Важливо використовувати сучасні методи та техніки для забезпечення точності та об'єктивності даних.

Ось кілька підходів до цих завдань:

#### 1. Збір даних про втрати ґрунту:

- використання методів вагових ямок, де вимірюють глибину виїмки та вагу втраченого ґрунту.

- застосування геодезичних методів для вимірювання висоти поверхні ґрунту перед та після ерозійних подій.

- використання технологій, таких як дистанційне зондування та аерофотознімання, для оцінки обсягу втрат.

## 2. Аналіз масштабів ерозійних процесів:

- використання геоінформаційних систем (ГІС) для аналізу та картографування областей з великим ризиком ерозії.

- масштабування масштабів ерозійних процесів за допомогою моделювання та математичних підходів.

- вивчення розмірів ерозійних виробок та їхнього впливу на ландшафт.

## 3. Вимірювання швидкості руху води:

- встановлення гідрологічних станцій для вимірювання рівня води та швидкості течії в річках та струмках.

- використання лазерних або акустичних датчиків для точного вимірювання швидкості руху води на поверхні ґрунту.

- моделювання гідродинамічних процесів для прогнозування швидкості течії в різних умовах.

## 4. Визначення ступеня насичення ґрунту вологою:

- використання вологомірів для прямого вимірювання вологості в різних глибинах ґрунту.

- застосування геофізичних методів, таких як електромагнітна томографія, для оцінки вологості ґрунту на різних глибинах.

- вивчення гідрогеологічних параметрів для розуміння розподілу та руху води в ґрунті [25, с. 66].

Ці дані дозволяють отримати комплексний образ процесів ерозії та стану ґрунтового покриву, що важливо для розробки стратегій та заходів контролю ерозії та сталого використання земель.

Вивчення впливу погодних умов та гідрологічних факторів на ерозійні процеси є важливою частиною досліджень у галузі ерозійної географії та гідрології. Врахування цих факторів допомагає зрозуміти, як природні умови впливають на втрати ґрунту та розробити ефективні заходи для їх контролю.

Ось кілька аспектів, які варто враховувати при дослідженні цього питання:

1. Оподи та інтенсивність дощів:
  - визначення обсягу опадів та їхньої інтенсивності у певному регіоні.
  - вивчення ефектів інтенсивних дощів на руйнування ґрунтового покриву та запуск ерозійних процесів.
2. Температура та метеорологічні умови:
  - аналіз впливу температурних змін на фізичні властивості ґрунту (наприклад, розташування, густина, вологість).
  - вивчення ефектів замерзання та розмерзання на стабільність ґрунтового покриву.
3. Характеристики водних потоків:
  - аналіз режимів водяного стоку та збирання даних про швидкість води у річках та струмках.
  - вивчення масштабів повеней та їхнього впливу на ерозійні процеси.
4. Гідрологічний цикл:
  - врахування розподілу опадів та випаровування в рамках гідрологічного циклу.
  - дослідження взаємозв'язку між водозбереженням та ерозією.
5. Топографія та рельєф:
  - оцінка впливу топографічних особливостей, таких як схили, верхів'я та долини, на зміну стійкості ґрунту до ерозії.
  - вивчення відносної висоти та розташування водойм в контексті формування ерозійних процесів.
6. Тип ґрунту та рослинний покрив:
  - аналіз властивостей різних типів ґрунтів та їхній вразливості до ерозійних процесів.
  - вивчення впливу рослинного покриву на утримання ґрунту та запобігання ерозії [26, с. 1].

Ці фактори взаємодіють між собою, і їхнє вивчення в контексті конкретного регіону допомагає розробити стратегії управління землею та контролю ерозії. Використання сучасних технік збору та аналізу даних, таких як

супутникові знімки та моделювання, може значно полегшити цей дослідницький процес.

Оцінка кількості та якості втраченого ґрунту внаслідок ерозійних процесів є важливою частиною досліджень у галузі геології, гідрології та землевпорядкування. Для цього використовуються різні методи та техніки для вимірювання, моніторингу та оцінки втрат ґрунту.

Ось кілька підходів до оцінки втраченого ґрунту:

1. Геоморфологічні та топографічні методи:

- використання аерофотознімків та супутникових знімків для оцінки змін рельєфу та формування ерозійних виробок.
- аналіз топографічних карт для визначення змін у формі поверхні ґрунту після ерозійних подій.

2. Гідродинамічні методи:

- встановлення гідрологічних станцій для вимірювання рівня води та водяного стоку, що може служити індикатором втрат ґрунту.
- моделювання гідродинамічних процесів для прогнозування розмірів та напрямку руху втраченого ґрунту.

3. Вагові та фотографічні методи:

- використання вагових ямок для вимірювання глибини виїмки та ваги втраченого ґрунту.
- зйомка фотографій або відеозаписів перед та після ерозійної події для визначення обсягу втрат.

4. Хімічні та фізичні аналізи:

- взяття проб ґрунту для визначення змін у складі та якості ґрунту після ерозійних подій.
- використання лабораторних аналізів для визначення вмісту поживних речовин, органічного речовини та інших показників якості ґрунту.

5. Моделювання та ГІС-технології:

- використання математичних моделей для прогнозування обсягів втраченого ґрунту в різних умовах та на різних територіях.

- використання геоінформаційних систем для картографування та аналізу розподілу втраченого ґрунту.

б. Теренні спостереження та інтерв'ю:

- Вивчення ділянок землі та спілкування з місцевими мешканцями для збору інформації про втрати ґрунту та його вплив на сільське господарство та інші сектори [27, с. 141].

Ці методи можуть застосовуватися як окремо, так і в комбінації, для отримання повного розуміння втрат ґрунту та розробки ефективних стратегій збереження ґрунту та контролю ерозії.

Отже, важливість застосування комплексного підходу до управління ґрунтовим ресурсом визначається успішним використанням різноманітних методів, таких як збереження рослинного покриву, використання сівозмін, будівництво водопосібників та інших інфраструктурних заходів. Урахування специфіки різних регіонів, таких як кліматичні умови, геологічні особливості та використання землі, дозволяє розробляти належні стратегії, адаптовані до конкретних умов. Взаємодія з місцевими громадами та залучення їхньої участі є важливим фактором успішної реалізації заходів контролю ерозії. Розуміння та підтримка місцевого населення можуть значно підвищити ефективність заходів. Врахування змін у природних та соціально-економічних умовах вимагає постійного вдосконалення методів та технік контролю ерозії. Активне вивчення та впровадження нових наукових розробок є важливим аспектом успішної стратегії. Ефективна оцінка методів та технік контролю ерозії сприяє сталому використанню ґрунтових ресурсів, забезпечуючи їхню продуктивність та стійкість на довгострокову перспективу. Зрозуміння динаміки змін та вчасні корективи у застосуванні методів дозволять забезпечити ефективний захист ґрунтового покриву та збереження його функцій для майбутніх поколінь.

### **3.2. Визначення основних чинників, що впливають на розвиток ерозії на орних землях**

Розвиток ерозії на орних землях є складним процесом, і на нього впливає ряд чинників, які можна поділити на природні та антропогенні.

Основні чинники, які визначають ступінь та інтенсивність ерозії на орних землях, включають:

1. Топографія:

- схили, похилення поверхні ґрунту впливає на швидкість стікання води. Більші схили сприяють швидшій ерозії, особливо при інтенсивних дощах.
- форма рельєфу, великі долини та круті схили можуть підвищити збільшення стікання води та, відповідно, ризик ерозії.

2. Кліматичні чинники:

- опади, великі кількості опадів, особливо інтенсивні дощі, можуть призводити до збільшення ерозії, оскільки вода може змивати ґрунт.
- температура, екстремальні температури можуть впливати на фізичні властивості ґрунту та зробити його більш вразливим до ерозії.

3. Тип ґрунту:

- текстура, ґрунти з великим вмістом піску чи ілу можуть бути більш вразливі до ерозії, оскільки вони менше утримують воду.
- структура, хороша структура ґрунту зменшує його схильність до ерозії, оскільки допомагає утримувати воду та зменшує змивання.

4. Рослинний покрив:

- види рослин, Рослини з корінням, яке глибоко проникає в ґрунт, можуть утримувати його та запобігати ерозії.
- посіви та сівозміна, оптимальний посів та раціональна сівозміна можуть поліпшити структуру ґрунту та запобігти його ерозії.

5. Антропогенні чинники:

- обробіток ґрунту, несправний обробіток може призвести до руйнування структури ґрунту та збільшення його схильності до ерозії.

- видалення рослинного покриву, знищення природного рослинного покриву для сільськогосподарських потреб може викликати збільшення ризику ерозії.

б. Використання землі:

- сільське господарство, методи обробітку, ірігація та використання добрив можуть впливати на стан ґрунту та його ерозію.

- будівництво та розробка, зміни у природному ландшафті, пов'язані з будівництвом та розробкою, можуть викликати ерозію [28, с. 252].

Зрозуміння цих чинників та їх взаємодії допомагає розробляти стратегії контролю ерозії та сталого використання орних земель. Спільна робота природних та антропогенних чинників може визначити ефективні методи для збереження ґрунтового покриву та утримання стійкості ландшафту.

Антропогенна трансформація природних ландшафтів призводить до значних, подекуди незворотних змін ґрунтового покриву, а надто на територіях, які зазнали впливу осушувальної меліорації.

У природі ці процеси відбуваються безперервно, під дією природних чинників. Якщо ж до природної ерозії долучається нераціональна господарська діяльність людини – це призводить до утворення еродованих ґрунтів із зниженням родючості.

Площа сільськогосподарських угідь, які зазнають згубного впливу водної ерозії, в Україні становить 13,3 млн. га (32% загальної площі), у тому числі 10,6 млн. га орних земель. У складі еродованих земель налічується 4,5 млн. га із сильно- та середньозмитими ґрунтами, 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт.

Для захисту території від водної ерозії необхідно знати як тривають процеси змиву, перенесення та відкладення ґрунту в часі та просторі. При цьому бажано не лише констатувати результат в ході натурних досліджень, але й робити прогноз ерозійних процесів в залежності від конкретних умов. Такий прогноз дозволить розробити різні сценарії протиерозійного захисту території.

Це означає, що охорона ґрунтів від ерозії є найважливішою проблемою, без вирішення якої досягнення сталого землекористування неможливе [29, с. 432].

Причиною вітрової ерозії, крім несприятливих кліматичних умов, є руйнування зернистої структури ґрунту внаслідок неправильного обробітку та відсутності надійного його захисту, вважають у Інституті охорони ґрунтів.

В Україні найнебезпечніші щодо виникнення вітрової ерозії залишалися донедавна степові та деякі лісостепові регіони. В північних та північно-східних районах України пилові бурі трапляються один раз за 10 років. І вже нині це явище ми можемо спостерігати, в крім зазначених, і в центральних областях країни. Причини цих ерозійних процесів не лише в несприятливих породних умовах, а й у знищенні в минулому ґрунтозакріплюючої рослинності, руйнуванні структури ґрунтів, зменшенні загальної лісистості, недотримання технології обробітку ґрунту та перехід на монокультури.

Вітровій ерозії систематично піддаються понад 6 млн. га, а в роки з пиловими бурями - до 20 млн. га. Так, наприклад, пиловою бурею 2007 року охоплено 125 тис. кв. км, що становить майже 20% площі України, або 50% площі всієї степової зони [30, с. 316].

Згубні наслідки такого становища для вирощування сільськогосподарських культур та загалом для економіки України неможливо переоцінити: внаслідок ерозії втрачається третина кожного долара створеної у сільському господарстві доданої вартості, – а на кожну тону вирощеного зерна припадає десять тон еродованого ґрунту.

Є переконливі докази того, що ерозія ґрунтів в Україні прискорюється, внаслідок чого завдається інша значна шкода природі, зокрема, відбувається замулення річок, гаваней та утворених греблями водосховищ, які живлять гідроелектростанції. Ця проблема в окремих регіонах є гострішою, ніж в інших: наприклад, на південному сході країни ерозія ґрунтів сягнула рівня опустелювання.

Найважливішими причинами, які обумовлюють сучасний стан ерозійної безпеки ґрунтів, є, насамперед, високий ступінь розораності

сільськогосподарських угідь (80%), стихійне формування нових типів землекористування, відсутність державних, регіональних і місцевих програм охорони ґрунтів і низький рівень фінансового забезпечення заходів з охорони ґрунтів від ерозії.

Посилення процесів ерозії ґрунтового покриву обумовлено також порушенням організації території, занепадом лісомеліорації, погіршенням стану полезахисних лісосмуг, нехтуванням основними правилами ерозійно безпечного землекористування та відсутністю належного впровадження в системі землеробства ефективних протиерозійних заходів.

Таблиця 1.

## ґрунтозахисна здатність сільськогосподарських культур

Сільськогосподарська культура	ґрунто захисна здатність, %	Сільськогосподарська культура	ґрунто захисна здатність, %
Багаторічні трави		Горох, вика	65
першого року використання	92	Ярі зернові колосові	50
другого року використання	97	Кукурудза на зелений корм	25
третього року використання	99	Соняшник, кукурудза на зерно	20
Озимі зернові колосові	70	Картопля, буряки	15

Нещадне вирубування протягом останніх років полезахисних лісосмуг, які здатні зменшувати швидкість вітрів, впливати на температуру та вологість повітря, на випаровування води з ґрунту, його вологість та ґрунтоутворні процеси, підвищення продуктивності транспірації культур, снігорозподіл, охорону ґрунтів від видування тощо привело до прискорення процесів вітрової та водної ерозії на сільськогосподарських угіддях. Адже, на полях, які захищені

лісосмугами, швидкість вітру знижується на 20-30%, вологість повітря збільшується на 3-5%, удвічі зменшується непродуктивне випаровування вологи.

З метою протидії ерозійним процесам та відновлення родючості ґрунту необхідно посилити відповідальність за нецільове використання ґрунтів і відпрацювати механізми контролю і додержання режимів використання таких ґрунтів. Зменшити кількість орних земель, запровадити до систем сівозмін посів більшої кількості бобових та багаторічних трав.

Зменшення ерозійно-дефляційних втрат ґрунту можливе тільки за умови постійного використання й застосування ґрунтозахисних технологій, протиерозійної облаштованості агроландшафтів, організації оперативного моніторингу стану ерозійно небезпечних територій, у тому числі за допомогою дистанційних методів зондування ґрунтового покриву [31, с. 130].

При цьому дуже важливе значення має оптимізація структури земельних угідь і, насамперед, сільськогосподарських угідь, зменшення ступеня розораності земель, виведення з категорії орних малопродуктивних і деградованих земель.

Слід звернути увагу на відродження екологічної ролі лісосмуг, які є одним із потужних довгодіючих заходів підвищення врожайності сільгоспкультур шляхом поліпшення мікрокліматичних умов, змінення гідрологічного режиму і боротьби з ерозією ґрунтів.

Для зменшення ерозії ґрунтів і підвищення родючості дедалі більшої актуальності серед аграріїв набуває система нульового обробітку ґрунту No-Till (прямий посів). Така технологія передбачає посів без попередньої обробки ґрунту і після збирання культури залишення всіх рослинних решток на полі у вигляді мульчуючої подушки. Мульча, залишена на полі, захищає ґрунт від вітрових потоків, крапель дощу, які розбивають ґрунт на мілкі агрегати, зменшує випаровування, а корені рослин-попередників слугують армуючою основою і, тим самим, утримують ґрунт.

Для переходу на цю технологію, необхідно освоїти сівозміну, підвищити саму культуру землеробства, оволодіти певними знаннями, мати високі

матеріальні витрати на придбання специфічної техніки. Це означає, що охорона ґрунтів від ерозії є однією з найважливіших проблем, без вирішення якої досягнення сталого розвитку аграрної галузі неможливе

Отже, можна відзначити, що ерозія на орних землях є комплексним явищем, яке суттєво визначається взаємодією природних та антропогенних чинників. Знання цих чинників є важливим етапом у розробці стратегій збереження ґрунтового покриву та управління ерозією для забезпечення сталого використання орних земель. Схил та форма рельєфу, кліматичні умови, тип ґрунту, наявність рослинного покриву та діяльність людини — всі ці фактори взаємодіють та визначають рівень схильності орних земель до ерозії. Важливою частиною розуміння ерозійних процесів є урахування взаємодії між цими чинниками та їх вплив на стан ґрунтового покриву. Розбудова ефективних стратегій управління ерозією вимагає інтеграції наукових досліджень, аналізу місцевих умов та розробки належних методів та технологій. Збереження рослинного покриву, раціональне використання земель, вдосконалення методів обробітку ґрунту та залучення спільної дії громади та влади є важливими компонентами сталого управління орними землями. Враховуючи зростаючий вплив змін клімату та ростучі потреби суспільства, розуміння та керування чинниками, що впливають на ерозію, стає зростаючою необхідністю. Збереження ґрунтового покриву та його продуктивності визначається спільними зусиллями у науці, сільському господарстві та управлінні землею, щоб забезпечити сталість та відновлення природних ресурсів для майбутніх поколінь.

### **3.3 Рекомендації щодо запобігання та управління ерозією**

Оптимальні параметри властивостей ґрунтів можуть бути досягнуті при відновленні й розширеному відтворенні їхньої родючості за умов високої культури землеробства і спрямованого управління ґрунтовими режимами. Для збереження фізичних властивостей ґрунтів слід різко скоротити повторність

обробітку, перейти на прогресивні форми обробітку і ефективні легкі машини і механізми.

Одним з основних параметрів, що визначають ерозійну стійкість ґрунтів, є грудочкуватість. Якщо частка їх перевищує 50-60%, то поверхня ґрунту вітростійка. У літньо-осінній період поверхня більшості ґрунтів вітростійка (грудочкуватість - 60-80%). У кінці зими і навесні під впливом погодних змін верхній шар ґрунту має грудочкуватість 30-40%. Ерозії зазнають ґрунти, виорані влітку чи восени плугами і не захищені рослинними рештками. Обробіток ґрунту та догляд за посівами повинні бути комплексними, виконуватись повним набором якісних навісних та причепних знарядь. Безплужний обробіток ґрунту є одним з елементів ефективного обробітку, що покликаний щадити ґрунт, дати можливість відтворюватись цінним властивостям землі.

Щоб захистити ґрунти від руйнування, необхідно правильно визначити склад оброблюваних культур, їхнє чергування й агротехнічні прийоми. При сівоzmінах, що захищають ґрунт виключають просапні культури (тому що вони слабо захищають ґрунт від змиву, особливо навесні і на початку літа) і збільшують посіви багаторічних трав, проміжних підсівних культур, що добре захищають ґрунт від руйнування в ерозійно небезпечні періоди і служать одним із кращих способів окультурення еродованих ґрунтів.

Ефективно захищає ґрунт рослинність та її рештки. Захисні властивості сільськогосподарських культур залежать від способу їхнього вирощування, фаз розвитку та орієнтації стосовно напрямку стоку або ерозійно-небезпечних вітрів. Вони зумовлені щільністю надземного екрана (проективне покриття ґрунту), а також будовою кореневої системи, яка надає ґрунтовим агрегатами водотривкої структури.

Для боротьби з водною ерозією на схилах у гірських районах на височинах великого значення набуває терасування. Сучасна техніка дає змогу використовувати для землеробства схили крутизною до 30 градусів. Ліс є найефективнішим засобом захисту ґрунту від ерозії. Ліс затримує дощову і снігову воду, перешкоджаючи тим самим утворенню поверхневого стоку.

Велике значення мають лісосмуги, які захищають ґрунти від водної і вітрової ерозії. Найбільша роль таких лісосмуг в степових засушливих районах, які є дієвим засобом боротьби із засухою і суховіями.

Важливим аспектом у даній проблемі є охорона земель від шкідливого впливу промислових, комунальних та інших відходів, викидів стічних вод. Щороку сотні тисяч гектарів родючих земель відводяться під різні види житлового та промислового будівництва. Необхідні екстрені заходи по збереженню ріллі. Потрібно законодавчо оголосити родючі землі недоторканими, найціннішим національним багатством країни, запорукою процвітання майбутніх поколінь наших людей.

Запобігання та управління ерозією є важливим завданням для збереження ґрунтового покриву та сталого використання земельних ресурсів.

На теперішній час ключовим моментом у визначенні збитків від ерозії ґрунтів є виділення двох груп збитків – «on-site» – збитки безпосередньо на місці події, на полі та «off-site» – зовнішні збитки, що спричиняються поза межами поля. Це є визнаною загальносвітовою практикою, та такий поділ використовується в більшості відомих робіт з оцінки збитків.

Відрив та винесення за межі поля часток ґрунту призводить до збіднення ґрунту на поживні елементи та гумус, що в свою чергу призводить до втрат врожаю, погіршення його якості, подальшої фізичної та біологічної деградації ґрунту, що, в свою чергу, тягне за собою подальше наростання еродованості, погіршення рівня продовольчої безпеки та загострення екологічних проблем. Далеко не кожен з цих збитків може бути оцінений в грошовому еквіваленті. Саме тому при оцінці ефективності протиерозійних заходів зазвичай використовують термін «еколого-економічна оцінка» чи «еколого-економічне обґрунтування». Економічна оцінка базується, в першу чергу на оцінці втрат врожаю, чи збитків від втрат матеріальних ресурсів. Екологічна оцінка зазвичай здебільшого якісна, або експертна.

За глобальними оцінками маже всі регіони світу зазнають економічних збитків від ерозії ґрунтів. Зниження продуктивності сільського господарства, що

виникає внаслідок погіршення фактору ґрунту, має майже однозначний негативний економічний вплив в усьому світі. У грошовому вираженні це становить втрату приблизно 8 млрд. доларів США ВВП.

В подальшому кожна ерозійна подія стає певним внеском в формування постійних збитків. Ситуативні збитки від ерозії можна оцінити за вартістю недоотриманої в результаті пошкодження посівів в наслідок розмивання та замулення сільськогосподарської продукції та втраченого разом із змитим ґрунтом гумусу та поживних речовин.

Вартість втраченого ґрунту, як пропонує цілий ряд дослідників, доцільно визначати саме через витрати на відновлення втраченого із змитим ґрунтом гумусу (або органічної речовини), тому що гумус визначає комплекс основних властивостей ґрунту, що забезпечують його родючість та стійкість до подальшого ерозійного руйнування.

Нижче подано рекомендації, які можуть бути використані для вирішення цього завдання:

1. Збереження рослинного покриву:
  - підтримання та відновлення природного рослинного покриву для утримання ґрунту та запобігання ерозії.
  - застосування агролісового господарювання та висадження дерев на схилах для стабілізації ґрунту.
2. Правильний обробіток ґрунту:
  - використання консерваційних методів обробітку, таких як попередні обробки, що зменшують змивання ґрунту та підтримують його структуру.
  - запобігання надмірному використанню машин та техніки, які можуть пошкоджувати поверхню ґрунту.
3. Системи терасування та контурного обробітку:
  - впровадження систем терасування для зменшення швидкості стікання води та втрат ґрунту.
  - використання методів контурного обробітку для зменшення ерозії на схилах.

#### 4. Інженерні заходи:

- будівництво водопосібників та дренажних систем для збереження та відведення води.
- використання терас та бар'єрів для зменшення швидкості стоку води.
- використання сівозміни та посів рослин:
- впровадження раціональних сівозмін та посів рослин, які мають корисний вплив на структуру ґрунту та зменшують його схильність до ерозії.
- використання культур, що утримують ґрунт, таких як культури з глибоким корінням.

#### 5. Освіта та участь громади:

- проведення інформаційних кампаній та освітніх програм для місцевого населення стосовно проблем ерозії та методів її контролю.
- залучення громади до управління землею та впровадження практик, що допомагають запобігти ерозії.

#### 6. Моніторинг та дослідження:

- проведення регулярного моніторингу стану ґрунту та ерозійних процесів.
- підтримка досліджень та розробка нових технологій для ефективного управління ерозією.

Ці рекомендації мають на меті встановлення інтегрованого підходу до управління ерозією, що враховує різноманітність чинників, які впливають на цей процес. Спільні зусилля громади, науковців, фермерів та урядових організацій є важливим чинником для досягнення успішних результатів у контролі та запобіганні ерозії на орних землях.

Отже, зазначене вказує на необхідність та ефективність інтегрованих підходів для збереження ґрунтового покриву та впровадження сталого використання земельних ресурсів. Зазначені рекомендації враховують різноманітність факторів, які впливають на ерозію, та спрямовані на досягнення максимального позитивного впливу на природне середовище та сільське господарство. Зокрема, важливість збереження рослинного покриву,

правильного обробітку ґрунту та використання інженерних заходів підкреслюється як ключові стратегії. Використання терасування, консерваційних методів та раціонального використання сівозмін та посіву рослин сприяє збереженню ґрунтового покриву та покращенню його структури. Крім того, активна участь громади та надання освіти є важливими чинниками для успішної реалізації рекомендацій. Взаємодія місцевого населення, науковців, сільських господарів та органів влади сприяє встановленню довгострокових та природноорієнтованих стратегій. Дослідження та моніторинг стану ґрунту, а також вдосконалення технологій та методів управління ерозією є важливими завданнями для постійного удосконалення стратегій. Розуміння динаміки ерозійних процесів та використання новітніх наукових розробок може значно покращити ефективність заходів, спрямованих на запобігання та управління ерозією. У цілому, рекомендації представляють собою комплексний підхід до проблеми ерозії та надають практичні інструменти для забезпечення сталого використання орних земель та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

Охорона праці в контексті геоінформаційного забезпечення моделювання розвитку ерозії на орних землях є важливим аспектом, що визначає безпеку та ефективність роботи дослідників, які займаються аналізом та прогнозуванням ерозійних процесів. У цьому розділі розглядається питання охорони праці та безпеки в контексті використання геоінформаційних технологій для моделювання розвитку ерозії.

Так, охорона праці передбачає розробку та впровадження систематичних заходів для запобігання можливих ризиків та негативних впливів на здоров'я дослідників у процесі роботи.

Проведення оцінки ризиків пов'язаних із здоров'ям та безпекою дослідників при використанні геоінформаційних технологій. Це включає в себе ідентифікацію потенційних небезпек, які можуть виникнути в процесі обробки та аналізу геопросторових даних.

Розробка та впровадження систематичних заходів для запобігання можливих ризиків та негативних впливів на здоров'я дослідників у процесі роботи є критичним етапом у забезпеченні безпеки та ефективності в геоінформаційному моделюванні розвитку ерозії на орних землях.

Нижче представлено ключові аспекти цього процесу:

### 1. Оцінка Ризиків

#### 1.1. Ідентифікація потенційних небезпек:

- проведення систематичного аналізу робочого процесу та ідентифікація можливих ризиків для здоров'я дослідників.

- врахування конкретних аспектів геоінформаційного моделювання, таких як обробка великих обсягів даних, взаємодія з програмним забезпеченням та технічним обладнанням.

#### 1.2. Оцінка ймовірності та можливих наслідків:

- аналіз ймовірності виникнення ризиків та визначення можливих наслідків для здоров'я дослідників.

- оцінка ступеня впливу ризиків на процес роботи та кінцеві результати моделювання.

## 2. Розробка заходів превентивної безпеки

### 2.1. Ефективна організація робочого місця:

- забезпечення оптимальної конфігурації робочого простору та використання ергономічного обладнання.

- розміщення моніторів, клавіатур та мишей для зменшення фізичного напруження.

### 2.2. Проведення навчань та тренінгів:

- організація навчань щодо правильного використання геоінформаційного обладнання та програмного забезпечення.

- посилення обізнаності дослідників щодо потенційних ризиків та методів їх запобігання.

### 2.3. Захист від ризиків електробезпеки:

- встановлення стандартів безпеки щодо використання електричного обладнання.

- застосування заходів для уникнення перегрівання та коротких замикань.

## 3. Впровадження системи контролю та моніторингу

### 3.1. Регулярний медичний огляд:

- встановлення системи періодичних медичних оглядів для дослідників, які займаються геоінформаційним моделюванням.

- виявлення можливих проблем та запобігання їх загостренню.

### 3.2. Моніторинг психофізіологічних показників:

- використання сучасних технологій для моніторингу рівня стресу, втоми та інших психофізіологічних параметрів.

- аналіз отриманих даних для вчасного реагування на можливі проблеми.

## 4. Залучення дослідників до процесу управління безпекою

### 4.1. Формування безпечної культури:

- залучення дослідників до процесу розробки та впровадження заходів безпеки.

- сприяння усвідомленню кожним працівником своєї відповідальності за власну безпеку.

#### 4.2. Зворотний зв'язок та покращення:

- встановлення механізмів для отримання зворотного зв'язку від дослідників щодо ефективності заходів безпеки.

- постійне вдосконалення системи безпеки на основі отриманих результатів.

Так, розробка та впровадження таких систематичних заходів дозволить створити безпечне та продуктивне середовище для дослідників, які займаються геоінформаційним моделюванням ерозії на орних землях. Забезпечення безпеки праці є запорукою якості та надійності отриманих результатів та сприяє сталому розвитку наукового дослідження.

Розробка та виконання правил техніки безпеки для коректного використання геоінформаційного обладнання та програмного забезпечення. Це включає належну настройку та експлуатацію комп'ютерної техніки, а також забезпечення безпеки під час роботи з геопросторовими даними.

Варто зауважити, що розробка заходів протипожежної та електробезпеки для уникнення аварій та забезпечення безпеки при роботі з електричним обладнанням та іншими технічними засобами.

При цьому, застосування профілактичних заходів для зменшення негативних впливів довготривалого сидіння перед комп'ютером, таких як паузи для фізичних вправ та правильне організація робочого місця.

Забезпечення захисту очей дослідників від впливу моніторів та штучного освітлення шляхом використання антиблікових екранів та регулювання параметрів відображення.

В свою чергу, впровадження заходів для захисту дослідників від можливої емісії електромагнітного випромінювання, що може бути пов'язане із застосуванням геоінформаційних технологій.

Отже, детально розглянуто питання, що стосуються безпеки та здоров'я дослідників, які займаються геоінформаційним моделюванням ерозії на орних

землях. Визначені заходи безпеки та рекомендації мають на меті забезпечити оптимальні умови для високоякісної та безпечної роботи з геоінформаційним обладнанням та програмами. Заходи, спрямовані на організацію безпечного робочого місця, проведення навчань та тренінгів, а також забезпечення електробезпеки, створюють підґрунтя для запобігання можливим негативним впливам. Медичні огляди та моніторинг психофізіологічних показників дозволяють вчасно виявляти проблеми та запобігати їх подальшому розвитку. Формування безпечної культури та зворотний зв'язок з дослідниками створюють умови для спільної відповідальності за безпеку праці. Забезпечення безпеки під час роботи з геоінформаційним моделюванням ерозії на орних землях є передумовою для досягнення високих результатів та забезпечення сталого розвитку наукового напрямку.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, взявши до уваги все вище зазначене, можна прийти до наступних висновків, що у ході виконання дипломної роботи було проведено глибоке дослідження проблеми розвитку ерозії на орних землях та використання геоінформаційних технологій для моделювання цього процесу. Отримані результати не лише розкривають складність динаміки ерозійних процесів, але і вказують на важливість впровадження сучасних геоінформаційних методів у вивчення та прогнозування даного явища.

У роботі були використані сучасні геопросторові технології для аналізу та моделювання ерозії на орних землях. Зокрема, геоінформаційні системи, супутникові знімки та геостатистичні методи дозволили отримати деталізовані дані та побудувати точні моделі розвитку ерозії.

Результати дослідження підтверджують актуальність використання геоінформаційного забезпечення для вирішення проблем сільськогосподарської ерозії. Геоінформаційні технології дозволяють збирати, аналізувати та візуалізувати великі обсяги даних, що важливо для розуміння розподілу ерозійних процесів на різних територіях.

Завдяки впровадженню геоінформаційного забезпечення в моделювання розвитку ерозії, отримані результати є більш точними та надійними. Це відкриває нові перспективи для подальших досліджень у галузі екології, земельного управління та розвитку сталого сільськогосподарського виробництва.

Необхідність вдосконалення методів та технік геоінформаційного моделювання є важливим завданням для майбутніх досліджень у даній області. Доповнення та уточнення існуючих моделей, а також врахування нових чинників, сприятимуть подальшому розвитку цієї науки.

У цілому, дипломна робота покликана сприяти розумінню та управлінню проблемою ерозії на орних землях за допомогою сучасних геоінформаційних підходів. Результати роботи мають практичне застосування у вирішенні

екологічних та сільськогосподарських завдань, сприяючи сталому розвитку природних ресурсів.

Важливо визначити напрямки та перспективи подальших досліджень у даній області. Деякі можливі напрямки розвитку включають:

1. Дослідження та вдосконалення алгоритмів геоінформаційного моделювання, що дозволить враховувати більш точні та реалістичні фактори впливу на розвиток ерозійних процесів.
2. Використання технологій штучного інтелекту для автоматизації процесу аналізу геоінформаційних даних та уточнення результатів моделювання.
3. Аналіз впливу змін клімату на ерозійні процеси та розробка моделей, які враховують зміни в погодних умовах.
4. Розширення досліджень на інші регіони та типи ґрунтів для отримання універсальних методик та рекомендацій.
5. Розгляд впливу антропогенних факторів (сільське господарство, забудова) на розвиток ерозійних явищ та розробка стратегій їхнього управління.

Ці напрямки можуть виявити значний вплив на подальший розвиток галузі та сприяти вдосконаленню методів прогнозування та управління ризиками ерозії на орних землях.

Дипломна робота висвітлила важливість геоінформаційного забезпечення для моделювання розвитку ерозії на орних землях. Використання сучасних технологій показало великий потенціал для розуміння та управління ерозійними процесами. Отримані результати є вагомим внеском у науку та можуть знайти практичне застосування у вирішенні екологічних та сільськогосподарських завдань.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Булигін С. Ю., Думін Ю. В., Куценко М. В. Оцінка геграфічного середовища та оптимізація землекористування. Харків: Світло зі сходу, 2002. 168 с.
2. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії. Київ: Знання, 2002. 63 с.
3. Методичні рекомендації з прогнозування прояву пилових бур в Україні. – Харків, 2009. – 32 с.
4. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні – Харків: НТУ «ХП», 2010. – 460 с.
5. Кривов В. М. Екологічно безпечне землекористування Лісостепу України. Проблеми охорони ґрунтів. 2-ге вид., допов. Київ: Урожай, 2008. 304 с.
6. Несіна Я. С. Проблеми ерозії ґрунтів в Україні.  
[URL:https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/7085](https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/7085)
7. Герасименко І. Чому деградує Україна, або куди зникають чорноземи?  
URL : <https://agravery.com/.../comu-degradue-ukrainaabo-kudi-znikaut-cornozemi>
8. Бондар О. І., Тараріко О. Г., Тимченко О. І. та ін. Антропогенні чинники довкілля та їх вплив на біоту і здоров'я людини. – К.: Київський держуніверситет, 2005. – 326 с.
9. Галушкіна Т. П., Грановська Л. М. Пріоритети енергозбалансованого природокористування як ідеологічної платформи національної екологічної доктрини України // Збалансоване природокористування та природовідновлення. – К.: ВЕЛ, 2008. – С. 2-5.
10. Якість ґрунту. Ерозія ґрунту. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 7118:2009. – [Чинний від 2010-07-01]. – Миколаїв, Миколаївський державний аграрний університет, 2010. – 19 с.

11. Вишкваркова О.В. Екстремальні опади та їх кліматичні особливості на території України: Автореф. ... дис. канд. с.-г. наук / О.В. Вишкваркова. — Севастополь, 2014. — 15 с.
12. Дегодюк Е.Г. Басейновий підхід в біогеоценозах і агросфері в контексті розвитку систем землеробства у ХХІ столітті / Е.Г. Дегодюк // Землеробство. — 2015. — № 2 (889). — С. 21–24.
13. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні / за ред. С.А. Балюка та Л.Л. Товажнянського. — Х.: ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії», 2008. — 53 с.
14. Національна доповідь щодо завершення земельної реформи / за наук. ред. Л.Я. Новаковського. — К.: Аграрна наука, 2013. — 48 с.
15. Пічура В.І. Геомодельовання водно-ерозійних процесів у басейні ріки Дніпро / В.І. Пічура // Агроєкологічний журнал. — 2016. — № 4. — С. 66–75.
16. Збалансоване управління природно-ресурсним потенціалом агросфери України за принципами Конвенції РІО / О.Г. Тараріко, О.В. Сиротенко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма // Агроєкологічний журнал. — 2015. — № 1. — С. 21–36.
17. Булигін С. Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. - К.: Урожай, 2005. - 300 с.
18. Зональні методичні рекомендації із захисту ґрунтів від ерозії. Харків: Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського, 2010. - 148 с.
19. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні: монографія / За ред. С. А. Болюка та Л. Л. Товажнянського. – Харків: НТУ «ХП», 2010. – 460 с.
20. Світличний О. О., Чорний С. Г. Основи ерозієзнавства. Підручник. – Суми: ВТД «Університетська книга». – 2007. – 266 с.
21. Трегобчук М. Проблеми охорони сільськогосподарських земель за переходу до ринкової економіки. Землевпорядний вісник. 2010. № 1. С. 52.

22. Тараріко О.Г. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії / О.Г. Тараріко, В.М. Москаленко. — К.: Фітосоціоцентр, 2002. — 64 с.
23. Фурдичко О.І. Основи управління агроландшафтами України / О.І. Фурдичко, А.П. Стадник. — К.: Аграр. наука, 2012. — 384 с.
24. Бойко А.О. Теоретичні основи та принципи державної політики у сфері земельних відносин в Україні. Інвестиції: практика та досвід. 2018. Вип. 16. С. 114—122.
25. Павльонка О. В. Напрямки раціонального землекористування в регіоні // Проблеми раціонального використання соціально-екологічного потенціалу регіону. – Луцьк, 2001. – Вип. VIII, № 4. – С. 66-70.
26. Шевчук М. Й. та ін. Ґрунти Волинської області. – Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. держ. Ун-ту ім. Лесі Українки, 1999. – С. 1-162.
27. Мельник О.Г. Стале землекористування та вирішення екологічних проблем у Європейському Союзі як досвід на шляху до забезпечення сталого розвитку в Україні. Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції: наук. зб. 2018. № 1. С. 141—144.
28. Сохнич А.Я. Проблеми використання і охорони земель в умовах ринкової економіки. Львів: НВФ "Українські технології", 2002. 252 с.
29. Фурдичко О.І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: Монографія / О.І. Фурдичко. — К.: ДІА, 2014. — 432 с.
30. Горлачук В.В. Управління земельними ресурсами. Миколаїв: Видво МФ НаУКМА, 2012. 316 с.
31. Зигрій О., Малиновський В. Особливості державного управління використанням земель сільськогосподарського призначення в Україні. Актуальні проблеми правознавства. Вип. 1 (13). 2018. С. 130—134.